XVIII

SBGFA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

LIDRIANA DE SOUZA PINHEIRO
ADRYANE GORAYEB (ORG.)

PINHEIRO, L. S. ; GORAYEB, A. (ORG). **GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS.** FORTALEZA: EDITORA UFC, 2019

ISBN: 978-85-7282-778-2.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
Labomar
CENTRO DE CIÊNCIAS-UFC
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - UFC
CNPq
CAPES
PÁTRIA AMADA BRASIL

XVIII

SBGFA

Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Sumário

Dinamismo Geográfico: a geofotografia como indicador de mundanças paisagísticas à montante da barragem de Jupiá em Três Lagoas-MS 23
Cesar Cardoso Ferreira, Patrícia Helena Garcia, Eduardo Salinas Chávez, Rafael Martins Brito, Matheus Henrique de Souza Barros

A importância da escala cartográfica para o mapeamento do uso do solo e da rede de drenagem na bacia hidrográfica do rio claro (GO) 35
Ana Elisa de Lima Oliveira, Pâmela Camila Assis, Maximiliano Bayer

A interferência do plantio do coco para uso e ocupação no município de rodelas-bahia 41
Marília Santos de Jesus, Iolanda dos Santos Castro Rafael de Oliveira Bessa e Jocimara Souza Britto Lobão

A influência das propriedades físico-hídricas do solo na modelagem da vazão fluvial, região serrana do rj 51
Christiane S.B. Pinto, Ana Camila Silva, Nelson Ferreira Fernandes

A qualidade visual da paisagem da serra do amolar- ms/Brasil 56
Bruno de Souza Lima, Charlei Aparecido da Silva Patrícia Cristina Statella Martins

A soja do matopiba: de onde vem e para onde vai? 69
Juliana Torres Silva , Kamila de Oliveira Craveira

A utilização de geomorphons para a determinação dos atributos de relevo do município santiago/rs 81
Marinéli Moraes Gaeberti, Marizete Palhano Chaves Luis Eduardo de Souza Robaina

A utilização do geoprocessamento na identificação de loci deposicionais no maciço da serra da baixa verde 86
Kaio César de O. Tavares, Alberto Santana da Cruz, André Felipe da Silva, Riclaudio Silva Santos, Daniel Rodrigues de Lira

Aerofotogrametria na análise da área de proteção permanente do rio ouricuri, capanema/pa 98
André Luis Nascimento de Oliveira, Josinara Silva Costa, Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto, Antonia Natalia Dias de Oliveira, Neuma Teixeira dos Santos

Analise espacial da epidemia de dengue no ano 2011 em fortaleza/CE 110
Gledson Bezerra Magalhães, Maria Elisa Zanella, Antonio Ferreira Lima Júnior

Analise espaço temporal do ndvi no açude algodões-pe atravez de classificação não supervisionada em linguagem legal 122
Juarez Antônio da Silva Junior (1), Fábio Vinicius Marley Santos Lima (2), Ubiratan Joaquim da Silva Junior

Análise comparativa de classificações supervisionadas aplicadas a zona de amortecimento de um parque nacional no bioma caatinga 132
Francisco Hiályson Fidelis Medeiros, Paulo Cesar Moura da Silva, Diana Gonçalves Lunardi

Análise da componente sazonal e de irregularidade da série temporal de temperaturas máximas registradas na estação meteorológica de uberlândia/MG, série histórica 1990/2015 145
Guilherme David Dantas, Luiz Antônio Oliveira

Análise da continuidade espacial da precipitação na bacia hidrográfica do rio são francisco em sua área de ocorrência no estado de minas gerais-Brasil, série histórica 2004 a 2017 156
Guilherme David Dantas, Luiz Antônio Oliveira

Análise da evolução do processo de ocupação urbana e cobertura vegetal do município de ananindeua – pa 168
Débora Cristina de Lima Miranda, Fernanda Batista Ferreira, Osmar Guedes da Silva Junior, Igor Fransua Silva Macedo, Jessica Cristina Carneiro de Sousa

Análise da influência das infraestruturas de transporte e energia no uso e cobertura da terra no município de jataí – goiás 177
Ana Paula Matos e Silva, Pâmela Camila Assis Matheus Cardoso Gomes Natalia Barbosa Mateus

Análise de dados de arp como subsidio ao desenvolvimento de um sig aplicado a saúde do município de palmeirina – pe 183
Fernando da Silva Alexandre, Lays Cristhine Santos Barbosa, Gabriella Falcão de Oliveira, José Barros da Silva Neto, Jeovanes Lisboa da Silva Filho, Iaponan Cardins de Sousa Almeida, Daniel Dantas Moreira Gomes

Análise de desmatamento utilizando dados de prodes dos anos de 2015 e 2016 na resex mestre lucindo no município de marapanim – pa 192
Leonardo Nascimento dos Santos Junior, Serena D Elizete Silva de Oliveira

Análise de mudança do uso e cobertura do solo a partir das imagens de landsat 8 no município de batalha-pi nos anos de 2014, 2017 e 2018 197
Juliana Gonçalves de Sousa, Eliethe Gonçalves de Sousa, Abílio Gomes Figueredo Neto, Carlos André Carvalho da Silva, Igor de Castro Sousa

Análise do conteúdo de umidade foliar em coberturas vegetais do cerrado com uso das bandas do sensor msi do satélite sentinel 2 209
Leidiane de Paula Rezende, Ricardo Vicente Ferreira, Hygor Evangelista Siqueira

Análise do desenvolvimento da indústria cerâmica e da expansão urbana dos municípios do polo cerâmico de santa gertrudes/SP 214
Andréia Medinilha Pancher

Análise do entorno do lixão de são fidélis: necessidade de mitigação de impactos em curso 227
Nadhine Hentzy Stellet da Silva, Vinicius da Silva Seabra

Análise do padrão de exatidão cartográfico em produto gerado a partir de levantamento com veículo aéreo não tripulado 232
Lucas Krein Rademann, Romário Trentin Ricardo Vieira da Silva

Análise do potencial à erosão laminar na br-174 (entre manaus e presidente figueiredo (am) 244
Bruno Sarkis Vidal, João Cândido André da Silva Neto

Análise dos algoritmos de declividade na bacia hidrográfica do rio camanducaia (sp e mg). 258
Ulises Rodrigo Magdalena, Marcel Granadier Bizelo de Assis, Raul Reis Amorim

Análise dos focos de queimadas e de incêndios florestais de 2013 a 2017 no Rio de Janeiro 267
Douglas Martins Cassiano dos Santos , João Pedro das Neves Cardoso Pedreira, Gabriel dos Santos Duarte, Rafael Silva de Barros, Marcus Vinícius Alves de Carvalho

Análise espacial da distribuição geografica da unidade de saúde da familia e unidade básica de saúde. 278
Larissa Lorrayne de Oliveira Martins Alarcon Matos de Oliveira, Carlos Oliveira Brito Lusanira Nogueira Aragão

Análise espaço temporal da reflectancia espectral da clorofila-a no açude castanhão-ce usando espectroscopia no verde (530 - 590 nm) e analise derivativa .. 290
Juarez Antônio da Silva Junior João Rodrigues Tavares Júnior

Análise evolutiva da cobertura vegetal e urbanização do município de barcarena - pará 302
Jessica Cristina Carneiro de Sousa, João Vicente Tavares Calandrini de Azevedo Osmar Guedes da Silva Junior, Igor Fransua Silva Macedo, Débora Cristina de Lima Miranda, Fernanda Batista Ferreira

Análise experimental do uso de drones para atualização de cadastro urbano: estudo de dois setores na cidade jataí/go 313
Lorena Santos da Costa, Bruno Jefferson Soares de Oliveira, Luan Teodoro da Silva, Carlos Eduardo Damasceno, Marcelo Antônio Souza Santos, Alécio Perini Martins

Análise geoecológica das enchentes nas bacias hidrográficas urbanas da área gênese de petrópolis-rj 325
Fernando de Souza Antunes, Manoel do Couto Fernandes

Análise geomorfológica preliminar dos mapas derivados do modelo digital de terreno (mdt) do cariri cearense leste, setor 3 337
Thiago Gabriel Souza do Nascimento, Tharlles Walef Alencar Silva, Simone Cardoso Ribeiro, Juliana Maria Oliveira Silva

Análise morfométricas das capturas de drenagem referentes as bacias do rios camaragibe e aripibú - pe 342
Wemerson Flávio da Silva, George Pereira Oliveira, Carla Suelânia da Silva, Leandro Diomério João dos Santos, Bruno de A. C. Tavares e Osvaldo Girão

Análise multitemporal da dinâmica de uso e cobertura da terra no alto curso da bacia hidrográfica do rio lontra, to 354
Hudson Damasio Alves (1), Carlos Augusto Machado(2), Daniel Araujo Ramos dos Santos

Análise pluviométrica do estado de goiás no ano de 2017, uma média mensal utilizando a plataforma google earth engine 359
Charles Vinícius Gonçalves Tiarini , Sylvia Elaine Marques de Farias, Gislaine Cristina Luiz

Análise qualitativa das perdas de solo na bacia do rio das fêmeas – ba 364
Rafael Queirós Nascimento, José Yure Gomes dos Santos

Análise temporal da paisagem da bacia hidrográfica do córrego padre inácio-mt, Brasil 376
Alexander Webber Perlandim Ramos, Camila Souza da Silva, Grazielle Martinez da Silva, Bruna Martins de Lima

Análise temporal do índice de vegetação (ndvi) na formação fecho do funil na porção central do sinclinal dom bosco, quadrilátero ferrífero (mg) entre os anos de 1985 e 2018..... 386
Ana Clara Mendes Caixeta, Evelyn Aparecida Mecenero Sanchez, Juliano Alves de Senna

Aplicação de geomorphons para a classificação do relevo no município de nova esperança do sul, Brasil..... 398
Carla Cargnin Faccin, Romario Trentin

Avaliação da compartimentação morfopedológica aplicada à suscetibilidade e potencial a erosão laminar como subsídio ao planejamento do uso e ocupação das terras do município de goiânia 403
Ricardo de Faria Nicolau, Ariel Godinho Vespucci Luis Gustavo Nicolau de Faria

Avaliação da variabilidade do excedente e deficiência hídrica do solo para a microrregião de vitória de santo antão – pe..... 415
Elvis Bergue Mariz Moreira, Eberson Pessoa Ribeiro Carolayne Silva de Souza, Amanda Steffany Quirino de Alcântara Maciel

Avaliação de índices de vegetação em período seco e úmido no ano de 2017 com imagens sentinel-2 no google earth engine 427
Luciana da Luz Silva, Jocimara Souza Lobão, Deorgia Thayane Mendes de Souza, Gustavo Macedo de Mello Baptista, Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha

Analise espaço-temporal da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio jaboatão-pe 439
Deivid Damião Roque de Souza, Manuella Vieira Barbosa Neto, Izabelly Victoria Alves de Oliveira, Diogo Silva do nascimento

Análise de diferentes técnicas de mapeamento da dissecação do relevo: um estudo de caso do setor cuestiforme de analândia (SP). 444
Luis Paulo Forgaça Ourique, Estêvão Botura Stefanuto, Cenira Maria Lupinacci

Análise multicritério aplicada ao mapeamento do risco de incêndio na bacia hidrográfica do rio piracicaba 454
Felipe Fernandes Ladislau

Avaliação da suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa do baixo curso da bacia de drenagem do rio muriaé (RJ) com base no geoprocessamento 459
Yuri Braga da Silva Sombra, Thiago Pinto da Silva

Balanço de energia com imagens landsat 8 em limoeiros sob diferentes sistemas de irrigação no sudeste do Brasil..... 464
Antônio Heriberto de Castro Teixeira, Tiago Barbosa Struiving, Janice Freitas, Leivas, João Batista Ribeiro da Silva Reis Fúlvio Rodriguez Simão

Balanço de radiação e energia em larga-escala no perímetro de irrigação pontal sul .. 476
Leandro Moscôso Araújo, Antônio Heriberto de Castro Teixeira, Luís Henrique Bassoi

Caracterização da concentração de sedimentos em suspensão (css) através de dados orbitais 488
Nágila Veiga Adrião Monteiro, Rafael Pereira Maciel, Caroline Maria Sá dos Santos, Nisia Krusche

Caracterização de ambientes com potencial natural para plantação de eucalipto - análise geoespacial 506
Diandra Hoffmann Costa, Thiago Winicius Alves Araújo, Ricardo Reis Alves

Caracterização geomorfológica do município de são martinho da serra - rs..... 519
Antonio Von Ende Dotto, Luís Eduardo de Souza Robaina

Caracterização limnológica dos baixos cursos d' águas do bolívia e tarumã-açu, manaus/am 525
Angélica Rodrigues Rocha, Beatriz Diogo Pessoa; Liange de Sousa Rodrigues; Flávio Wachholz; Alba Tatiana de Sousa Gonçalves; Hebe Souza de Oliveira; Janderson Pena Teixeira; Jucineudo Matos de Souza; Ruben Abitol Neto; Wallace de Sousa Santos

Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio coruripe, alagoas 537
Jardel Estevam Barbosa dos Santos, Kleython de Araújo Monteiro

Características morfométricas do município de colorado/rs..... 548
Marizete Palhano Chaves, Romario Trentin

Cartografia na geomorfologia: importância na escolha correta das escalas de trabalho..... 553
Rafaela Soares Niemann, Paulo Márcio Leal de Menezes, Manoel Couto Fernandes

Chave de interpretação para mapeamento de desmanche automotivo a céu aberto – estudo de caso na zona sul de teresina, piauí..... 565
Igor de Castro Sousa, Jessiane Frazão Nunes, Abílio Gomes Figueredo Neto, Juliana Gonçalves de Sousa, Carlos André Carvalho da Silva

Classificação orientada a objetos de imagens tm e oli: uma aplicação na bacia hidrográfica do rio camanducaia, para os anos de 2007 e 2018..... 577
Cassiano Gustavo Messias, Raul Reis Amorim

Classificação taxonômica do relevo no parque nacional dos campos ferruginosos, carajás-pa..... 589
Jilciene Alves de Freitas Andreana Santos Maria Rita Vidal

Comparação entre os dados grace e dados da ana numa estação fluviométrica na bacia hidrográfica do rio uruguai 601
Indiara Bruna Costa Moura Moraes, Andrea Valli Nummer

Compartimentação das unidades de paisagens do municipio de caicó-rn: aplicando o taxon geofácies de bertrand 611
Fernando Eduardo Borges da Silva, Matheus Dantas das Chagas, Marco Túlio Mendonça Diniz

Compartimentação geomorfológica do município de areado, sul de minas gerais..... 624
Jéssica Santos Braz, Roberto Marques Neto

Complexidade da erosão fluvial no rio mogi-guaçu-sp/MG: intervenção antrópica e/ou dinâmica natural? 636
André de Oliveira Souza, Salvador Carpi Junior, Luis Eduardo de Oliveira Muraro

Conectividade de sedimentos em núcleo de desertificação em gilbués, piauí..... 647
Juliana Alcântara Costa, Gláuber Pontes Rodrigues, Carlos Alexandre Gomes Costa, José Carlos de Araújo

Conflitos de uso do solo nas áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do rio passo da pedra no município de pato branco – pr 656
Priscila da Silva Victorino, Danielli Batistella, André Peres Galera, Luiza Dall'Bosco Tonial, Roberta Giovana Lisboa Chrispim

Construção de uma rotina automatizada de previsão e validação de escorregamentos translacionais: aplicação do modelo shalstab 666
Leonardo Sattler Cassará, João Paulo C. Araújo , Nelson Ferreira Fernandes

Corredor ecológico duas bocas-mestre álvaro – es: análise temporal dos incêndios e queimadas..... 671
André Luiz Nascentes Coelho, Vinícius Vieira Pontini, Thaís Batista Lovate

Cartografia geográfica para construção e análise da modelagem gráfica: um estudo aplicado ao estado de minas gerais 683
Fernanda Bomfim Soares, Renan Gomes Moretti

Cartografia histórica e sig na análise de mudanças na paisagem: estudo da rede de drenagem na área gênese da cidade de petrópolis/rj 697
Kairo da Silva Santos, Fernando de Souza Antunes, Manoel do Couto Fernandes, Ursula Borges dos Santos Lima

Classificação dos domínios morfoestruturais do estado do pará com base em imagens srtm. 709
Lucas Matheus Gomes Lima, Luziane Mesquita da Luz

Desmatamento de vegetação remanescente de cerrado na microrregião do vão do paranã (GO) entre de 2017 e 2018 718
Guilherme Marques de Lima, Matheus Bleza Santos

Diagnósticos de focos de queimadas no município de são raimundo das mangabeiras/ma..... 723
Matheus Prudencio Ericeira, Jeferson Botelho Rodrigues, Jamille Oliveira Sousa, Taissa Caroline Silva Rodrigues

Dinâmica ambiental da bacia do córrego conceição em silvânia (GO), a partir de análise temporal com imagens landsat 8..... 733
Tamires Ádila Bahia Modanêz, Jaquelline da Silva Campos, Manuel Eduardo Ferreira, Andrelisa Santos de Jesus

Dinâmica evolutiva da foz do rio são francisco: uma análise multitemporal 738
Riclaudio Silva Santos, Kaio César de Oliveira Tavares, Daniel Rodrigues de Lira

Discriminação da cobertura vegetal e uso das terras a partir de séries temporais do sensor modis no município de euclides da cunha-ba 750
Udmilla Moura Contes Fortunato, Lucas Amorim Fernandes, Elane Fiúza Borges

Distribuição espacial do saldo de radiação instantâneo em bacia hidrográfica da região oeste da bahia 762
Elvis Bergue Mariz Moreira, Eberson Pessoa Ribeiro, Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley, Henrique dos Santos Ferreira

Distribuição espacial dos produtores de frutas e hortaliças por unidades de relevo no município de nova esperança do sul, rs 773
Ricardo Vieira da Silva, Romario Trentin, Lucas Krein Rademann, Alessandro Carvalho Miola, Jonatas Giovani Silva Aimon

Distribuição espaço-temporal da erosividade das chuvas no estado do piauí estimado por dados de sensoriamento remoto 785
Iago Raniel de Mesquita Silva, Reurysson Chagas de Sousa Morais

Desenvolvimento de rotina em ambiente sig como auxílio na delimitação da característica do vale – médio e alto curso da bacia do rio macaé (RJ) 795
Pedro Ferreira Chagas Araújo, Mônica dos Santos Marçal , Helton dos Santos de Souza, Francisco de Assis Dourado da Silva

Disposição de biossólidos residuários de estações de tratamento de esgoto: um estudo de áreas com potencial aplicação na mesorregião centro ocidental rio grandense-rs 800
Henrique Noguez da Cunha, Viviane Spiering, Rodrigo de Oliveira Siqueira, Adalberto Koiti Miura, Bernardo Sayão Penna e Souza

Emprego de segmentação multiresolucional no mapeamento de padrões de formas de relevo - porção no leste do estado do paraná 812
Willian Bortolini, Claudinei Taborda da Silveira

Espacialização da temperatura superficial terrestre (tst) da cidade de são luís – ma, utilizando sensor tirs/landsat- 8 824
Filipe Salomão de Sousa Ferreira, Matheus Prudencio Ericeira, Paulo Roberto Mendes Pereira

Espacialização do balanço hídrico climatológico e a suscetibilidade a desertificação do estado do rio grande do norte 835
Josinara Silva Costa, Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto, Antonia Natalia Dias de Oliveira, André Luis Nascimento de Oliveira, Erika Milene Pinto de Sousa

Estimativa da evapotranspiração por sensoriamento remoto: uma revisão sistemática 847
Nazaré Suziane Soares, Juliana Alcântara Costa, Carlos Alexandre Gomes Costa

Estudo do relevo do município de quevedos, rs 859
Wilson Oliveira da Silva, Ellen da Rocha Tassinari, Romario Trentin

Evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e urbanização no município de garanhuns - pe 864
Ubiratan Joaquim da Silva Junior, Juarez Antônio da Silva Junior

Evolução temporal da expansão de silvicultura na bacia hidrográfica do ribeirinho castelhano 876
Charles Vinícius Gonçalves Tiarini , Elaine Barbosa da Silva , Maximiliano Bayer

Expansão urbana sobre a planície fluvial do rio apodi/mossoró: mapeamento das áreas de risco 881
João Paulo Bezerra Rodrigues, Filipe da Silva Peixoto, Paulo Igor de Melo Albuquerque

Expansão urbana sobre as áreas verdes no município de ananindeua: uma análise espaço-temporal sobre a perspectiva de imagens de satélites 895
Geovane de Araújo Rocha, Dávison Klener Ramos e Silva, Elon Marcelo Gomes Maia, Iuri Caetano Rodrigues Sousa

Estimação da temperatura de superfície terrestre do distrito do pecém com o uso dos satélites landsat 5 mss e landsat 8 oli/tirs..... 900
Débora Maciel Castelo Holanda, Bryan Rodrigues de Sousa dos Santos, Mariana Amâncio de Sousa Moraes, José Matheus da Rocha Marques, Jader de Oliveira Santos

Estudo do relevo de quevedos,rs..... 911
Wilson Oliveira da Silva, Ellen da Rocha Tassinari, Romario Trentin

Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio duas bocas - espírito santo: uma análise integrada dos elementos da paisagem..... 916
James Rafael Ulisses dos Santos, Eberval Marchioro, Edilsa Oliveira dos Santos

Fragilidade ambiental no município de oiapoque, amapá - Brasil..... 928
Sâmela Patrícia Lima Paungartten, Jader de Oliveira Santos, Thomaz Willian de Figueiredo Xavier

Gamaespectrômetro como ferramenta ao cientista do solo: identificando o limite entre um argissolo vermelho e um planossolo háplico..... 940
Hugo Machado Rodrigues, Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento, Marcos Bacis Ceddia, Gustavo Mattos Vasques, Raquel Gomes Feijó

Geoprocessamento aplicado ao estudo da conectividade indireta do escoamento superficial do relevo..... 952
Valteir Vieira Marques, Bruna Henrique Sacramento, Roberto Wagner Lourenço

Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da cobertura da terra e do potencial erosivo da bacia hidrografica do rio maniçoba, sub bacia do rio ipojuca, sanharó/pe .. 964
Ana Cláudia Almeida Calado, Cristiana Coutinho Duarte

Geoprocessamento aplicado à análise das mudanças no uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio são domingos (GO) nos anos de 1997 e 2017..... 976
Ana Elisa de Lima Oliveira, Pâmela Camila Assis, Maximiliano Bayer

Geotecnologias aplicadas a análise do fenômeno de ilhas de calor na cidade de cáceres-mt, Brasil..... 982
Alexander Webber Perlandim Ramos, Sandra Mara Alves da Silva Neves Rivanildo Dallacort, Camila Souza da Silva

Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e cobertura da terra como subsídio para a identificação das unidades de paisagem do município de paranaíba – ms..... 992
Matheus Henrique de Souza Barros, Patricia Helena Mirandola Garcia Eduardo Salinas Chávez, Rafael Martins Brito, Cesar Cardoso Ferreira

Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação do solo, no município de jardim de piranhas/RN..... 1001
Adonias Ferreira Neto, Aline Soares da Silva, Betania Queiroz da Silva, Renato de Medeiros Rocha

Geotecnologias aplicadas em estudos de alocação de unidades de conservação na zona de amortecimento do parque nacional das emas..... 1013
Alécio Perini Martins, Carlos Eduardo Damasceno, Bruno Jefferson Soares de Oliveira

Geotecnologias aplicadas na análise das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do córrego são domingos, três lagoas (ms) 1025
Rafael Martins Brito, Patricia Helena Mirandola Garcia, Amanda Moreira Braz, Cesar Cardoso Ferreira, Renan de Almeida Silva, Erivelton Pereira Vick, Matheus Henrique de Souza Barbosa

Geotecnologias aplicadas no desenvolvimento de políticas públicas ambientais: estudo de caso do sistema de gestão da geoinformação (sigeo), niterói-rj..... 1037
Thiago dos Santos Leal, Vitor Hugo Chagas do Vale, Luize de Oliveira Ferraro Mello

Geotecnologias como fator quantitativo de variação de desmatamento na reserva extratista marinha de tracuateua, pa 1049
Dandara Bechara Resque, Neuma Teixeira dos Santos, Nicola Saverio Holanda Tancredi

Geotecnologias gratuitas aplicadas à interpretação ambiental: trilha do iote localizada na comunidade quilombola de santa rita do bracuí – angra dos reis/rj 1059
Raphael Atallah, Alan Cardec Brito, Monique Ribeiro, Jéssica da Silva Martins, Monika Richter

Geotecnologias para caracterização biofísica da região do circuito das frutas de são paulo..... 1070
Antônio Heriberto de Castro Teixeira, Carlos Fernando Quartaroli, Janice Freitas Leivas, Ivan André Alvarez, Celina Maki Takemura, Edlene Aparecida Monteiro Garçon

Geotecnologia aplicada ao mapeamento de uso e ocupação do solo do município santo antonio do leverger-mt nos períodos 1997-2017 1082
Louis Antoniel Joseph

Geotecnologias aplicadas aos índices morfométricos da bacia hidrográfica do córrego campestre, são pedro - sp 1092
Georgea do Vale de Melo, Fernando Nadal Junqueira Villela

Identificação de limites entre duas classes de solo utilizando radar de penetração do solo com profundidades ajustadas por barras de ferro e validação com trado holandês 1106
Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento, Hugo Machado Rodrigues, Marcos Bacis Ceddia, Gustavo Mattos Vasques, Suelen Marques de Oliveira Durão, Hugo Felipe Vianna Figueira

Identificação dos elementos do relevo através do uso de geomorphons: um estudo no município de rosário do sul - rs - Brasil..... 1117
Daniélli Flores Dias, Luís Eduardo de Souza Robaina, Romario Trentin, Igor da Silva Knierin, Vinicius Silveira dos Santos

Identificação em profundidade de barras de ferro utilizando radar de penetração do solo (gpr) com antena de 450 mhz em três classes de solo 1127
Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento, Hugo Machado Rodrigues, Marcos Bacis Ceddia, Gustavo Mattos Vasques, Suelen Marques de Oliveira Durão, Wadson de Menezes Santos, Martin de Oliveira Freire

Imagens sentinel para obtenção de parâmetros agrometeorológicos espectrais, em área de cultivo de coqueiro anão 1139
Janice Freitas Leivas, Antônio Heriberto de Castro Teixeira , Fabio Miranda, Celina Maki Takemura, Edlene Aparecida Garçon

Indicadores métricos da paisagem como subsídio à seleção de áreas prioritárias à conservação da apa de itupararanga..... 1149
Letícia de Oliveira Pereira, Marcos Roberto Martines, Rogério Hartung Toppa

Influência das rodovias no desmatamento do bioma amazônia 1162
Railan Pinto da Silva, Genival Fernandes Rocha, Eduardo Queiroz de Lima, Adria Hélene da Costa Nunes, Natalia Batista e Silva, Gabriela Sousa Caric, Daguinete Maria Chaves Brito

Influência de fossas sépticas e rudimentares na contaminação da água subterrânea na cidade de fortaleza-ce..... 1167
Filipe da Silva Peixoto

Influência dos dados de elevação no mapeamento de instabilidade de vertentes 1179
José E. Bonini, Jurandyr L.S. Ross, Carlos V. M. Bateira, Tiago D. Martins, Bianca C. Vieira

Mapeamento da cobertura e uso da terra do município de saloá-pe..... 1192
Gabriella Falcão de Oliveira, José de Barros Silva Neto, Fernando da Silva Alexandre, Lyvia Ramos Souza, Samuel Othon de Souza Costa, Renilson Pinto da Silva Ramos, Daniel Dantas Moreira Gomes

Mapeamento de aspectos morfoestruturais na análise do relevo da bacia hidrográfica do rio mombaça-sp..... 1203
Clodoaldo Aparecido Barboza Filho, Emerson Martins Arruda

Mapeamento de detalhe de feições geomorfológicas e de cobertura do solo correlatas em área de confluência fluvial, chapadão do sul, ms..... 1209
Jaila Raiane Barbosa de Souza, Lana Mara Silva Teixeira, Chrystiano Alves de Souza, Luis Felipe Soares Cherem

Mapeamento de formas de vertentes com uso de modelagem digital de terreno na serra do ibitiraquire, estado do paraná 1221
Victor Pierobom de Almeida, Willian Bortolini Ricardo Michael Pinheiro Silveira Claudinei Taborda da Silveira

Mapeamento do uso e ocupação do município de senhor do bonfim enquanto subsídio ao planejamento ambiental. 1233
Felipe de Souza Reis, Sirius Souza Oliveira

Mapeamento dos manguezais do município de cairu-ba, utilizando classificação orientada a objeto e imagem landsat 8 1238
Samuel de Amaral Macedo Maurício Santana Moreau

Mapeamento dos serviços ecossistêmicos como subsídio à educação ambiental: um olhar sobre a praia de boa viagem, recife-pe..... 1249
Victor Leonardo Silva, Julio César da Silva

Mapeamento e análise da expansão da agricultura irrigada por pivô central na mesorregião noroeste goiano – goiás - Brasil..... 1261
Alécio Perini Martins, Cleonice Batista Regis Soares , Beatriz de Lima Morais

Mapeamento geomorfológico da região do gráben do tacutu -rr 1273
Stélio Soares Tavares Júnior, Silas de Oliveira Nascimento, Luiza Câmara Beserra Neta

Mapeamento litológico da bacia do rio uberabinha a partir da reclassificação de intervalos altimétricos..... 1285
Rafael Mendes Rosa, Vanderlei de Oliveira Ferreira

Mapeamento preditivo de solos com uso de redes neurais artificiais, em presidente prudente – sp 1297
Janaina Natali Antonio, José Tadeu Garcia Tommaselli, Graciela Isabel Metternicht

Mapeamento preliminar dos manguezais na zona costeira da região do baixo sul da bahia, Brasil..... 1309
Ana Paula Sena de Souza, Ivonice Sena de Souza, George Olavo, Jocimara Souza Britto Lobão

Metodologia de edição de “sinks” do mde da região hidrográfica são miguel/al 1320
Ivana Pereira de Melo, Silvana Quintella Cavalcanti Calheiros

Modelagem de parâmetros morfométricos com sig: um estudo de caso na bacia hidrográfica do arroio itu-mirim - oeste do rio grande do sul..... 1327
Igor da Silva Knierin, Daniélli Flores Dias, Luís Eduardo de Souza Robaina

Modelagem de risco de incêndio florestal no município de sete lagoas – mg. 1339
Max Paulo Rocha Pereira, Adriana Monteiro da Costa, Ricardo Alexandrino Garcia

Modelagem determinística para previsão de escorregamentos: avaliação da sensibilidade do modelo trigrs em resposta à altura inicial do lençol freático 1351
Thaís Moreira Guimarães, Marcio Catadi, João Paulo de Carvalho Araújo, Nelson Ferreira Fernandes

Modelagem empírica da espessura do solo nas bacias do quitite e papagaio, Rio de Janeiro (RJ)..... 1357
Matheus Wanderley de Almeida, João Paulo de Carvalho Araújo , Nelson Ferreira Fernandes

Modelagem preliminar da ruptura da barragem de brumadinho/ mg 1362
Gabriela Branquinho Antonio, Bruno Rodrigues de Oliveira, Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, Renato Fontes Guimarães, Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Modelos de simulação da evolução do relevo: passado, presente e futuro..... 1374
Nelson Ferreira Fernandes

Monitoramento ambiental com o uso de vant: geração de ortomosaico no software agisoft 1379
Anna Carolina Barcelos, Jean Roger Bombonatto Danelon

Mudança no uso e cobertura da terra com imagens planetscope de 2016 e 2018 na bacia hidrográfica do igarapé do gigante - manaus/am 1391
Cristiane Nunes Fernandes, Flavio Wachholz

Mudanças ambientais na antártica: respostas hidrogeomorfológicas e na vegetação da península fildes..... 1403
Carina Petsch, Rafaela Mattos Costa, Kátia Kellem da Rosa, Manoela Araujo Gonçalves de Oliveira, Jefferson Cardia Simões

Mudanças no uso da terra de 2005 a 2016 no córrego água da onça analisadas com geotecnologias 1415
Leonardo Auge Levyman, Edson Luís Piroli

Mapeamento do estado da caatinga na bacia do rio taperoá –pb através de classificação baseada em objeto - geobia..... 1423
Phillipe Valente Cardoso, Vinicius da Silva Seabra, Rafael Albuquerque Xavier, Carla Bernadete Madureira Cruz

Morfologia das lagoas do interflúvio tocantins/manuel alves, centro-sul do estado do tocantins..... 1435
Péricles Souza Lima, Fernando Morais, Daniel Araújo Ramos dos Santos

Mudanças na cobertura e no uso da terra no município de ourinhos-sp nos anos de 1984 e 2018..... 1447
Anderson Oliveira de Araújo, Edson Luís Piroli e Daniela Fernanda da Silva-Fuzzo

O auxílio das novas tecnologias no monitoramento dos impactos ambientais provenientes da mineração: o uso do google earth no monitoramento da extração de seixos no município de ourém - pa..... 1455
Paula Gabriela Travasso Araujo, Luis Felipe da Silva Lima, Daniel Araújo Sombra Soares

O conceito de geomorphons e sua aplicabilidade no município de capão do cipó/rs... 1460
Marizete Palhano Chaves, Marinéli Moraes Gaberti, Marizane Palhano Chaves, Romario Trentin

O uso de ferramentas do software qgis para o monitoramento do ciclone extratropical de outubro de 2016 em rio grande/rs..... 1465
Bruna Cavalcanti Gautério e Éder Leandro Bayer Maier

O uso e ocupação da superfície no município de frei martinho/pb: sensoriamento remoto como técnica de análise espaço-temporal..... 1477
Yuri Gomes de Souza (1), Janaína Barbosa da Silva(2), José Antônio Vilar Pereira(3), Iluliane Maria Gadelha Correia(4), Cauê Souto Vieira(5), Gabryelle de Farias Souza

O uso de MDT (modelo digital de elevação) no monitoramento de áreas de risco a inundação no município de caicó - RN..... 1489
Thiago Douglas Silva de Medeiros, Betânia Queiroz da Silva, Flávia Luana Dantas, Saulo Roberto de Oliveira Vital

Os atributos topográficos e sua aplicação no planejamento ambiental do parque nacional dos campos gerais..... 1501
Ronaldo Ferreira Maganhotto, Luís Cláudio de Paula Souza, Jairo Calderari Oliveira Junior, Marciel Lohmann

Padrões espaciais de fragmentação florestal na bacia hidrográfica do rio guapi-macacu - rj..... 1513
Arthur Alves Bispo dos Santos, Vinicius da Silva Seabra

Para além do que o satélite pode observar: mapeamento participativo e sensoriamento remoto no estudo das alterações na zona portuária de são luís – ma.. 1525
Igor de Luccas Santos, Larissa Rodrigues Marques, Ulisses Denache Vieira Souza

Pluviômetro totalizador: coleta e preservação de amostras de água da chuva e dados climáticos..... 1531
William Carvalho Maia, Eder Leandro Bayer Maier

Pluviômetro totalizador: coleta e preservação de amostras de água da chuva e dados climáticos..... 1542
William Carvalho Maia, Eder Leandro Bayer Maier

Predição da vazão e produção de sedimentos para a bacia do rio das almas, goiás..... 1552
Cláudia Adriana Bueno da Fonseca, Richarde Marques da Silva, Vanine Elane Menezes de Farias

Processamento digital de imagens para mapeamento de uso e cobertura da terra: um estudo de caso do município de viçosa/MG. 1564
Cinthia Maria Amaral, Claudio Henrique Reis, Isabela Belmira Santos Giarola, Daiane Evangelista de Oliveira

Potencial natural de erosão no alto curso da bacia hidrográfica do arroio quilombo, rs 1577
Vanessa Prestes, Edvania Aparecida Corrêa

Predição de argila no solo: modelos utilizando sensores proximais do solo vs atributos derivados de mde 1589
Hugo Machado Rodrigues, Gustavo Mattos Vasques, Yuri Gelsleichter, Marcos Bacis Ceddia

Reconstrução topográfica digital de áreas afetadas por movimentos de massa e cálculo do volume de material mobilizado..... 1600
João Paulo de Carvalho Araújo, Renato Fontes Guimarães, Nelson Ferreira Fernandes

Relação entre as mudanças de uso e cobertura do solo na bacia do rio guandu e as taxas de acumulação recente de fósforo no manguezal de guaratiba (RJ) 1606
Eugenio Tuorto de Moraes, Emanuel Francisco Santos do Nascimento, Leonardo Amora Nogueira, Pedro José Farias Fernandes, Humberto Marotta Ribeiro

Remanescente de vegetação nativa, eucaliptal e carbono retido: monte alegre do sul (SP)..... 1611
Victor Grannier Bittencourt Pinto, Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues, Cristina Criscuolo, José Roberto de Miranda

Representação espacial: uma interface geoambiental, analítica, visual e geográfica .. 1616
Renata Jordan Henriques

Retroparametrização do modelo shalstab para previsão de escorregamentos 1628
João Paulo de Carvalho Araújo, Leonardo Sattler Cassará, Renato Fontes Guimarães, Nelson Ferreira Fernandes

Sensoriamento remoto aplicado à análise das mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do alto gurguéia (piauí) 1635
Reurysson Chagas de Sousa Morais, Marta Celina Linhares Sales

Sig e indice de vegetação aplicados a análise ambiental para areas de preservação permanente em cursos d´agua no perímetro urbano, presidente prudente-sp/ Brasil 1647
Luana Novais de Andrade

Situação das áreas de preservação permamente da bacia do córrego biriguizinho, birigui/SP 1664
Alessandra Fagundes, Andréia Medinilha Pancher

Sensoriamento remoto aplicado a analise das transformações ambientais com ênfase nos aspectos de uso e ocupação da terra em brejinho de nazaré – tocantins... 1677
José Paulo da Silva Noleto, Sandro Sidnei Vargas de Cristo

Série atlas municipal de municípios da bacia do ibicuí/rs – atlas de são francisco de assis/rs 1682
Romario Trentin, Luís Eduardo de Souza Robaina, Igor da Silva Knierin

Taxa de elevação do relevo e índice de concentração de rugosidade na bacia do rio barra grande – planalto basáltico no oeste catarinense..... 1694
William Zanete Bertolini, Sandra Cristina Deodoro, Ademar Graeff

Temperatura de superfície e desertificação nos perímetros irrigados do município de petrolina – pe..... 1709
Rodrigo José de Carvalho Lopes, Antonio Marcos dos Santos

Uma reflexão sobre o uso de geotecnologias e geomorfometria no mapeamento do relevo 1721
Thallita Isabela Silva Martins Nazar

Unidades de paisagem do estado de pernambuco: 1ª aproximação..... 1734
Joaquim Pedro de Santana Xavier, Tulius Dias Nery, Fabrizio de Luiz Rosito Listo

Uso de barras de ferro para diferenciação entre horizontes de três classes de solo utilizando radar de penetração do solo (gpr) com antena monoestática de 750 mhz .. 1746
Hugo Machado Rodrigues, Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento, Marcos Bacis Ceddia, Gustavo Mattos Vasques, Juliana Ferreira Nunes, Fernanda Barbosa dos Santos

Uso de imagens opticas e de radar na avaliação da morfodinâmica na planície do maicá: bases para o planejamento ambiental..... 1758
João Paulo Soares de Cortes, George Luiz Luvizotto

Uso do sensoriamento remoto para estimativa da temperatura de superfície terrestre no município de lauro de freitas no estado da bahia 1767
Fábia Antunes Zaloti, Pablo Santana Santos, Daria Maria Cardoso Nascimento

Uso dos sistemas de escaneamento a laser terrestre (tls) na geomorfologia 1779
Rafaela Soares Niemann, João Paulo de Carvalho Araújo, Nelson Ferreira Fernandes

Utilização de imagens cbers4 para identificação de áreas antropizadas de reserva legal: caso do ribeirão douradinho, uberlândia/MG..... 1789
Guilherme David Dantas, Robero Rosa

Utilização de veículo aéreo não tripulado (vant) para a representação espacial de ambientes costeiros 1799
Artur Lana Guzzo, Akel da Silva Saliba, André Paulo Ferreira da Costa, Thiago Gonçalves Pereira

Utilização integrada do radar de penetração do solo (gpr) e gamaespectrômetro como subsídio na identificação da transição entre um planossolo háplico e um argissolo vermelho 1811
Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento, Hugo Machado Rodrigues, Marcos Bacis Ceddia, Gustavo Mattos Vasques, Suelen Marques de Oliveira Durão, João Felipe da Silva Gonçalves, Martin de Oliveira Freire

Unidades de paisagem no alto sertão sergipano..... 1823
Riclaudio Silva Santos, Daniel Rodrigues de Lira, Cristiano Aprígio dos Santos, Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto

Uso de veículo aéreo não tripulado na caracterização de uma voçoroca localizada em rio claro - rj 1835
Fabrizio do Nascimento Garritano, Antonio José Teixeira Guerra

Uso do taudem para delimitação de bacias hidrográficas em software livre de código aberto..... 1844
Felipe Fernandes Ladislau

Variação de área das geleiras do campo de gelo kraków, ilha rei george, antártica, no período entre 1956-2017 1849
Manoela Araujo Gonçalves de Oliveira, Kátia Kellem da Rosa, Carina Petsch, Jefferson Cardia Simões

Vulnerabilidade ambiental e desertificação: a correlação espacial multitemporal com a temperatura de superfície 1861
Iolanda Santos de Castro e Jocimara Souza Britto Lobão

Vulnerabilidade ambiental em ambientes semiáridos tropicais: estudo do município de senhor do bonfim – ba..... 1873
Sirius Oliveira Souza

Vulnerabilidade ambiental à perda de solo nas bordas do reservatório da uhe de itumbiara-go 1886
Lucas de Castro Medrado, Patrícia Romão de Araújo, Diego Tarley Ferreira Nascimento Maurício Martines Sales

Vulnerabilidade aos riscos hidrológicos na cidade de bragança paulista/SP, Brasil..... 1898
Franciele Caroline Guerra Marina Gama Diotto Estêvão Moraes Ielo

Vulnerabilidade à erosão dos solos na bacia do alto rio paraíba, semiárido paraibano 1911
Patricia da Conceição Dornellas, Vinicius da Silva Seabra, Rafael Albuquerque Xavier e Richarde Marques da Silva

Variáveis geomorfológicas e temperatura de superfície: correlação espacial para indicadores de desertificação..... 1923
Marília Santos de Jesus, Elane Fiúza Borges

Zoneamento do potencial de uso agropecuário na região nordeste do estado do rio grande do sul 1933
Sidnei Luís Bohn Gass, Paula Lima Vanacor, José Nunes de Aquino, Caciane Peinhopf Mega, Ludimila de Oliveira de Amorim, Paula Rodrigues Tavares, Manuel Madeira Macandza, Fernando Pires Pinto

Zoneamento geoambiental da região nordeste do rs: implicações quanto ao uso e cobertura da terra a partir das unidades de conservação 1945
Walber Lopes de Abreu, Érika Renata Farias Ribeiro, Rafael Bazeggio, Daniel Trespach Porto, Victor Ricco Ávila, Marcos Vinícius Cazali, Carlos Eduardo Fraga da Silveira, Sidnei Luís Bohn Gass

Ánalise multivariada aplicada a acurácia do mapeamento de uso do solo..... 1957
Aline Moreira Damasceno, Rita Gonçalves Lopez Salgueiro, Debora Nogueira, Paulo Ricardo Gorayeb Sucupira Junior

Índice de vegetação aplicado à área de proteção ambiental de campinas (SP)..... 1965
Caroline Priscila Fan Rocha; Felipe Fernandes Ladislau; Fabrício Lisboa Vieira Machado

Índice de vegetação por diferença normalizada (ndvi) na análise espacial de atividades minerárias no estado de minas gerais: areia, cascalho e rochas ornamentais 1970
Prof. Dr. José Mariano Caccia Gouveia

A detecção de mudança anual e dinâmica da cobertura vegetal na região central do estado de sergipe 1980
Kaio César de O. Tavares ; Alberto Santana da Cruz ; André Felipe da Silva Riclaudio Silva Santos; Daniel Rodrigues de Lira

A distribuição dos casos de diabetes em jataí (go) 1991
Elina Pereira da Silva , Jéssica de Lima de Souza José Ricardo Rodrigues Rocha

A quantificação da expansão urbana e agrícola e perda de cobertura natural no município de ipeúna (sp) 2003
Flávia Ribeiro Tobias , Thiago Sanna Freire Silva

Aerolevantamento aplicado no monitoramento de área de preservação permanente urbana - estudo de caso do córrego diacuí - jataí (go)..... 2008
Carlos Eduardo Damasceno , Lorena Santos da Costa, Bruno Jefferson Soares de Oliveira , Luan Teodoro da Silva , Alécio Perini Martins

Análise combinatória com base em critérios geomorfológicos na indicação de áreas potenciais para ocupação urbana: município de itabirito - MG..... 2020
Paula Márcia Brasil Garcia , Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin , Pedro Benedito Casagrande

Análise da continuidade temporal da precipitação na cidade de uberlândia/mg, série histórica de 1981 a 2015, utilizando-se de técnica geoestatística 2032
Luiz Antônio de Oliveira , Eduardo Petrucci

Análise da expansão das áreas de eucalipto no estado do amapá 2044
Gabriela Sousa Caric , Genival Fernandes Rocha Eduardo Queiroz de Lima Natalia Batista e Silva

Análise das vertentes com apoio de sig e de árvore de decisão: estudo na bacia hidrográfica do rio ijuí,RS. 2049
Rudimar Schuster Scheren , Luís Eduardo de Souza Robaina

Análise de classificações de séries temporais realizadas com métodos tradicionais e com processos de machine learning na plataforma google earth engine, para áreas do matopiba 2061
Natália dos Santos Barros, Charles Vinícius Gonçalves Tiarini, Elaine Barbosa da Silva, Anna Claudia dos Santos

Análise de séries temporais de ndvi e temperatura de superfície do sensor modis na plataforma do google earth engine 2066
Naíara Mota dos Santos , Philipe Damasceno Pedreira , Nerivaldo Afonso Santos , Ferdnando Mariano Brito Silva , Washington de Jesus Santanna da Franca Rocha

Análise do uso e cobertura da terra da bacia da lagoa de saquarema - RJ..... 2078
Mikaella Pereira dos Santos , Jéssica Gonçalves Oliveira da Silva , Evelyn de Castro Porto Costa , Vinicius da Silva Seabra

Análise dos focos de calor no amapá..... 2089
Gabriela Sousa Caric , Genival Fernandes Rocha Eduardo Queiroz de Lima Natalia Batista e Silva

Análise dos padrões espaciais de parâmetros geomorfométricos submetidos ao índice de diversidade de shannon 2098
Julio Manoel França da Silva , Claudinei Taborda da Silveira, Anderson Luiz Godinho Belem

Análise espacial da representatividade e do crescimento de áreas agrícolas em municípios selecionados no estado do Pará..... 2108
Lianne Borja Pimenta , Norma Ely Santos Beltrão , Monique Cravo Helen Soares Farias

Análise multicritério da suscetibilidade a inundações na bacia do rio grande, baixada de jacarepaguá (município do rio de janeiro). 2118
Paulo Walter Freire do Nascimento , Vivian Castilho da Costa

Análise multitemporal da variação do espelho d'água do açude malcozinhado (cascavel, ce), através de imagens de satélite 2130
Francisca Joice Pereira Mesquita , Francisco Oricélio da Silva Brindeiro , Francisco José Maciel de Moura

Análise multitemporal do uso e cobertura das terras e as implicações ambientais na área de proteção do lago de pedra do cavalo – bahia 2135
Philipe Damasceno Pedreira, Nerivaldo Afonso Santos, Jocimara Souza Britto Lobão, Naíara Mota dos Santos

Análise paramétrica do modelo numérico wrf para previsão de eventos extremos de precipitação na cidade do rio de janeiro 2147
Thaís Moreira Guimarães , Marcio Catadi

As influências da arborização na temperatura e bem-estar da população das cidades semiáridas: o caso das zonas urbanas de viçosa e riacho da cruz – RN 2152
Agassiel de Medeiros Alves , Helison Alano Alves da Silva

Análise de vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio piçarrão - GO..... 2164
Mylena de Campos Lima, Yasmin Tavares Hirdes

Análise do uso do solo para o zoneamento geoambiental na bacia hidrográfica do rio jaguari - bhrj 2169
Vinicius Silveira dos Santos , Luís Eduardo de Souza Robaina, Romario Trentin, Daniélli Flores Dias

Análise preliminar do relevo de parte do cariri cearense através de dados derivados de mdt 2181
Emerson Monteiro de Sousa , Ticiano M. Freitas ,Simone Cardoso Ribeiros , Juliana Maria Oliveira Silva

Análises dos desmatamentos prodes para o estado do amapá..... 2186
Natália Batista e Silva, Genival Fernandes Rocha, Eduardo Queiroz de Lima, Gabriela Sousa Caric

Cartografia da paisagem na análise ambiental integrada: aplicações na zona costeira 2196
Francisco Davy Braz Rabelo , Edson Vicente da Silva

Classificação dos campos naturais do município de vigia de nazaré (PA) 2204
Estêvão José da Silva Barbosa , Benedito Romulo Souza Favacho , Suellen Auzier do Carmo , Dayane Rafaela Vidal de Moraes , Juliane Raquel Silva Azevedo

Classificação semi-automatizada para o mapeamento de unidades morfológicas do relevo na porção sudeste do estado do paraná. 2216
Gisele Neuman , Claudinei Taborda da Silveira

Compartimentação morfopedológica em um ambiente de vereda: microbacia do córrego bezerra parque estadual de terra ronca (GO) 2228
Helena Gladis Bozzo Moreira , Guilherme Taitson Bueno

Caracterização morfométrica da serra das alpercatas, alto curso dos rios itapecuru e mearim, Maranhão 2233
Waldenir Lucas Nina Araujo , Helen Nébias Barreto , Delony de Queiroz Ribeiro

Cartografia da vulnerabilidade intrínseca à contaminação por meio do método god no município de salvador, estado da Bahia 2238
Nathali Lorena de Santana Rego, Lucas de Queiroz Salles , Danilo Heitor Caires Tinoco Bisneto Melo

Cálculo de volume de sedimentos com drones, buscando desobstrução do sangradouro do açude medeiros em Beberibe - CE 2250
Morais, João Silvio Dantas, Santos, Solange Maria da Conceição, Castro, Alexandre Roberto da Silva, Santos, Johny Leanderson Lima, Lima, Berthyer Peixoto

Diagnóstico da fragilidade emergente no município de castelo (es) utilizando geotecnologias 2261
Vinícius Vieira Pontini , André Luiz Nascentes Coelho

Discriminação da cobertura vegetal e uso das terras a partir de séries temporais do sensor modis no município de Euclides da Cunha-BA 2273
Udmilla Moura Contes Fortunato, Lucas Amorim Fernandes, Elane Fiúza Borges

Distribuição espacial do saldo de radiação instantâneo em bacia hidrográfica da região oeste da bahia 2285
Elvis Bergue Mariz Moreira , Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley

Emprego da modelagem digital do terreno na identificação de padrões de formas de relevo no estado do paraná: resultados simplificados 2296
Claudinei Taborda da Silveira, Ricardo Michael Pinheiro Silveira , Willian Bortolini , Victor Pierobom de Almeida

Equação de erosividade mensal para a bacia do Alto Jaguaribe 2308
Pedro Henrique Lima Alencar, Nazaré Suziane Soares, José Carlos de Araújo

Estimativa de casos de dengue via sensoriamento remoto no município de Fortaleza - CE 2318
Pedro Henrique Lima Alencar, Camila Cristina Souza Lira Nazaré Suziane Soares, José Carlos de Araújo

Estimativa de produção de sedimento em bacias hidrográficas usando o conceito de entropia 2330
Pedro Henrique Lima Alencar, Mateus Tomé de Sousa, José Carlos de Araújo

Estudo da emissão de co² da linha 021 do sistema público de transporte do município de Várzea Grande/MT 2335
Joelson Cardozo de Arruda , Patrícia Mota Rausch

Evolução holocênica do arquipélago fluvial do rio amazonas à montante da cidade de Parintins-AM 2342
Rildo Oliveira Marques, Hugo Levy da Silva de Melo

Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação na praia da Taíba – CE 2354
Lorena Dias da Costa , Tatiana Oliveira Falcão Quintela

Geotecnologias como subsídio para identificação de áreas susceptíveis a desertificação 2362
Adriana Assis da Silva , Raissa Ribeiro Costa , Udmilla Moura Contes Fortunato

Mapeamento das unidades de paisagem da serra de santana: em evidencia o taxón geofácie 2373
Matheus Dantas das Chagas, Marco Túlio Mendonça Diniz, Fernando Eduardo Borges da Silva

Mapeamento dos tomates comercializados no ceasa - goiás de 2017 e 2018 2385
Karoline Torres Quintanilha , Charles Vinícius Gonçalves Tiarini

Mapeamento geomorfológico do cariri cearense: a utilização de mapas derivados do mdt 2390
Andersonde Sousa Evangelista (1), Robenildo Alves Cavalcante (2) Simone Cardoso Ribeiro (3) Juliana Maria Oliveira Silva

Modelagem preliminar da ruptura da barragem de Brumadinho/ MG 2395
Gabriela Branquinho Antonio , Bruno Rodrigues de Oliveira , Roberto Arnaldo Trancoso Gomes , Renato Fontes Guimarães , Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Mapeamento da vegetação rupestre na serra do cipó - mg através de imagens obtidas por aeronaves remotamente pilotadas 2407
Thais Pereira de Medeiros , Leonor Patrícia Cerdeira Morellato , Thiago Sanna Freire Silva

O geoprocessamento como instrumento de apoio aos estudos de dinâmica costeira no pará: análise da zona costeira bragantina 2412
Vanessa Aparecida do Nascimento Gomes , Bárbara Souza Paiva , Hemerson Nascimento da Silva , Lucas Silva Rocha

O parque indígena do xingu como barreira ao desmatamento na amazônia legal 2420
Marcelo Hideki Yamane, Ricardo Sartorello Sueli Angelo Furlan

O uso de drones nos estudos de risco ambiental 2432
Yuri Marques Macedo , Joao Correia Saraiva Junior Zuleide Maria Carvalho Lima

Relação entre desmatamento e idh no estado do Amapá. 2445
Adria Hélene da Costa Nunes , Genival Fernandes Rocha , Daguinete Maria Chaves Brito , Gabriela Sousa Caric

Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento de queimadas – estudo de caso: floresta nacional de palmares 2455
Patrícia Priscila da Silva Simões , Wodson da Fonsêca Almeida Júnior , Daniel Silva Veras

Simulação de inundação em uma bacia hidrográfica costeira 2467
Vera Raquel Mesquita Costa , Naíla de Araújo Arraes , Kathery de Sousa Silva , Camila Everton Guterres, Gilvanele Oliveira da Silva Silva , Denilson da Silva Bezerra

Uso de diferentes modelos digitais de elevação em mapeamentos urbanos: uma análise no município de Francisco Beltrão – PR 2479
Josielle Samara Pereira , Elvis Rabuske Hendges Rafaela Harumi Fujita

Uso de geotecnologias para estudo do uso da terra e cobertura vegetal na cidade de Manaus (AM) 2491
Rebeca Teixeira Dantas , João Cândido André da Silva Neto

Uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente da lagoa do lagamar do Cauípe - Caucaia/CE..... 2503
Rebeca Teixeira Dantas , João Cândido André da Silva Neto

Uso e ocupação do solo no distrito administrativo do benguí (daben) – Belém (PA) 2513
João Vitor Gomes dos Santos , José Lucas Oliveira Andrade

Utilização de imagens obtidas por vant na construção de um sistema de informação geográfica para universidade estadual de feira de santana-ba..... 2520
Nerivaldo Afonso dos Santos , Philipe Damasceno Pedreira , Fernando Rafael Meta Paulo, Ferdnando Mariano Brito Silva, Naíara Mota dos Santos

Uso de dados de disdrômetro para avaliar a relação entre a energia cinética e a intensidade da chuva no verão e inverno..... 2531
Rafael Adriano de Castro , Edivaldo Lopes Thomaz

Vulnerabilidade natural: o uso das geotecnologias para análise do município de união dos palmares, al, brasil 2540
José Lidemberg de Sousa Lopes

Variações nas geleiras do monte melimoyu – chile, em respota às condições mais secas e quentes da patagônia norte nas últimas décadas..... 2552
Filipe Daros Idalino , Kátia Kellem da Rosa , Jefferson Cadia Simões

Avaliação Da Expansão Urbana De Feira De Santana (Ba) E Possíveis Impactos Na Recarga De Aquíferos Por Meio De Imagens LANDSAT®..... 2564
Lucas Camargo Marquezini, Amilton de Castro Cardoso

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DINAMISMO GEOGRÁFICO: A GEOFOTOGRAFIA COMO INDICADOR DE MUNDANÇAS PAISAGÍSTICAS À MONTANTE DA BARRAGEM DE JUPIÁ EM TRÊS LAGOAS-MS

Cesar Cardoso Ferreira [(a)], Patrícia Helena Garcia [(b)], Eduardo Salinas Chávez [(c)], Rafael Martins Brito [(d)], Matheus Henrique de Souza Barros [(e)]

[(a)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, cesar.ufms@gmail.com
[(b)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, patriciaufmsgeografia@gmail.com
[(c)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, esalinasc@yahoo.com
[(d)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, rafaelgeografiaufms@gmail.com
[(e)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, matheus.geo2013@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este artigo tem como objetivo geral a identificação das mundanças paissagísticas no entorno á montante da barragem de Jupiá no município de Três Lagoas no território sul-matogrossense. Três Lagoas sistua-se na região leste do estado de Mato Grosso do Sul nas margens direita do Rio Paraná. A construção da barragem de Jupiá tem como finalidade a represagem hídrica para a produção de energética da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias. O trabalho de pesquisa desenvolvido na área, neste primeiro momento patou-se no uso de geofotografia, bem como, em procedimentos operacionais realizados em um ambiente de sistemas destinados à aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados, ou seja, um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados obtidos a partir das análises dos dados de forma sistêmica e integrada, mostraram o dinamismo geográfico através das alterações no espaço após a finalização da construção da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias resultando em mudanças paisagísticas, nas quais, em algumas áreas estão associadas a processos de degradação ambiental.

Palavras chave: Barragem Jupiá, Paisagem, Geofotografia.

1. Introdução

Na abordagem espacial da realidade considera-se a dimensão temporal, pois, a representação do espaço compreende um momento do tempo, no presente e no passado. A dinâmica sócio-espacial altera-se no tempo resultando em alterações no espaço geográfico.

Deste modo, na representação do espaço geográfico estarão registradas, combinadamente, marcas do passado e transformações que vigem no presente, assim, o dinamismo geográfico não é estático e imutável é produto das atividades da sociedade humana, sendo, portanto, histórico (MARTINELLI, 2005).

Assim, do ponto de vista metodológico, as representações dinâmicas constituem ainda hoje um grande desafio para a geografia. Entende-se que se trata de uma busca da sistematização de uma cartográfica que represente o dinamismo geográfico, ou seja, refere-se especificamente à manipulação interativa da informação espacial, possível em tempo real, fruto dos grandes avanços tecnológicos, envolvendo a informática, por exemplo, as imagens da superfície terrestre oriundas de sensores remotos e seu processamento por meio de ferramentas presentes em Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Além disso, metodologicamente para compreender a dinâmica geográfica se faz necessário considerar a relação espaço-tempo e seu vínculo com os níveis de análise da realidade, bem como, a escala do mapeamento. Deste modo, segundo Martinelli (2005), as mudanças se dão de duas maneiras: estado e posição, nas quais, possuem dois componentes: a velocidade da mudança e a forma como essa mudança se dá no tempo. Deste modo, para o registro do dinamismo geográfico, a paisagem foi tomada neste trabalho como categoria de análise e teve como principal objetivo o entendimento e identificação das mudanças espaciais na área de estudo, na qual, possibilitou uma abordagem sistêmica e integrada da importância e da funcionalidade das unidades de paisagem no sistema hidrográfico estudado. Assim, a geofotografia assumi um importante modo de representação paisagíticas, bem como, as mudanças da fisionomia em uma paisagem. Para Passos (2004), as fotos são reveladoras de como a dinâmica socioeconômica atuou e atua sobre a estrutura geoecológica para construir a paisagem atual.

Com isso, a paisagem como categoria de análise visa a interação e correlação de elementos sócio-ambientais, interpretada como uma unidade complexa com variáveis inter-relacionadas (FERREIRA, 2015). De acordo com Berouchachvili e Bertrand (1978), a estrutura

da paisagem possui variações horizontais e verticais, as quais se devem interpretar de modo integrado e considerar: horizontalmente a paisagem suscetível a alterações morfológicas, estruturais, litológicas, pedológicas, climáticas, geomorfológicas, cobertura vegetal natural e/ou dos vários usos urbanos e agrários e a variação vertical, na qual, envolve todos alterações paisagísticas oriundas de processos atmosféricos ligados a superfície edáfica.

Nesse sentido, o objetivo geral de presente trabalho é de analisar as mudanças paisagísticas no entorno da montante da barragem de Jupiá da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias, mais especificamente nas margens direita do rio Paraná e em ambas as margens da foz do Rio Sucuriú no território sul-matogrossense no município de Três Lagoas (Figura 1). A Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá) foi concluída em 1974, localizada no Rio Paraná na intersecção com o rio Sucuriú, no ponto chamado Jupiá, entre as cidades de Castilho-SP e Três Lagoas-MS.

Figura 1 - Localização da área de estudo.

2. Materiais e Métodos

A pesquisa foi dividida em três etapas: o inventário/diagnóstico, o processamento digital dos dados e a análise/avaliação das mudanças paisagísticas oriundas do alagamento pela barragem de Jupiá da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias.

De acordo com a disponibilidade (itens a, b, d), a primeira etapa contitui-se no levamenteo das informações espaciais como: a) acervo do levantamento fotográfico aéreo da área estudada na escala de 1:16.000 do ano de 1965 disponibilizado pela Companhia Energética de São Paulo (CESP), b) aquisição de imagens orbitais do satélite multiespectral Rapideye sensor *RapidEye Earth Imaging System* (REIS) de resolução espacial de 6,5 m do ano de 2011, c) registro de imagens aéreas oblíquas com uso de Drone do modelo Phanton 4 e d) acervo fotográfico disponibilizado pela Companhia Energética de São Paulo e pela Centrais Elétricas de Urubupungá (Celusa).

A segunda etapa foi realizada utilizando ferramentas presentes nos Sistemas de Iinformação Geográfico destinados para aquisição, armazenamento, manipulação, análise e apresentação de dados georreferenciados. Nessa estapa o processamento digital das imagens aéreas e orbitais se deu principalmente pelo: 1) registro de imagem; correspondeu em uma transformação geométrica que relaciona coordenadas de imagem com coordenadas de um sistema de referência, 2) realce de contraste de imagem; nesse processamento objetivou-se melhorar a qualidade das imagens para sua interpretação visual por meio da equalização do histograma de cores e pelo contraste que consiste numa transferência radiométrica em cada "pixel", com o objetivo de aumentar a discriminação visual entre os objetos presentes na imagem e 3) eliminação de ruídos; eliminar e reduzir os pontos de ruído nas imagens.

Após o pré-processamento digital das imagens, foi realizada a vetorização dos elementos de interesse, tais como, identificação das margens dos rios Paraná e Sucuriú nas fotografias aéreas de 1965 e nas imagens orbitais de 2011 e delimitação do perímetro da área alagada após conclusão da construção da barragem Jupiá.

Posteriormente a identificação da área atingida pelo alagamento, procedeu-se as investigações paisagísticas multitemporais, neste caso, foi adotoa a proposta de interpretação visual de dados orbitais por Florenzano (2002) e Novo (2010), bem como, o uso de geofotografias para a compreensão qualitativa do processo de construção da paisagem, porposto por Passos (2004). Com isso, se deu a identificação das mudanças paisagísticas com base na proposta metodológica de Rodríguez, Silva e Cavalcanti (2010), na qual, se dá pela análise paisagística (descrição e classificação) e em investigações geoecológicas (fatores de transformação).

3. Resultados e discussões

O processo de geração de energia, por meio, de recursos hidrícos é valiado conforme seu potencial hidráulico fluvial, ou seja, a energia hidrelétrica é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina na qual as obras civis, que envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do re-servatório composta, basicamente, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e verte-douro, que funcionam em conjunto e de maneira integrada. Nesse sentido, a barragem tem por objetivo interromper o curso normal do rio e permitir a formação do reservatório (ANEEL, 2008).

A Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias gerencianda pela CESP, atualmente pela China Three Gorges Corporation Brasil (CTG Brasil), possui um reservatório de 5.495 m de comprimento e seu reservatório tem 33.000 m² tendo como regulador uma barragem de concreto com comprimento no coroamento de 1.040,00 m e barragem de terra com ombreira esquerda de 2.385,00 m e ombreira direita de 2.070,00 m (ANEEL, 2008). Com o interrompimento do fluxo natural do rio Paraná pela barragem supracitada, provoucou um alagamento tanto nas áreas marginais do rio Paraná como em seu afluente da margem direita, o Rio Sucuriú (Figura 2). Tal dinâmica, implicou em mudanças nos potenciais de competência e capacidade hidráulica de ambos cursos d'água devido alterações na intensidade de vazão/volume de drenagem em função do barramento do rio Paraná. Além disso,

transformações paisagísticas em feições deposicionais e terraços fluviais ocorreram com a formação do reservatório da barragem de Jupiá (Figura 2).

Figura 2 – Mudanças paisagísticas no entorno da barragem de Jupiá, Três Lagoas-MS.

Segundo Crepani *et al.,* (2001), atividades antrópicas desenvolvidas sobre uma determinada unidade de paisagem natural pode representar sua destruição devido a sua pequena capacidade de absorver os estímulos advindos desta atividade econômica.

Nesse sentido, com base na investigação paisagística, notou-se mudanças em unidades paisagísticas de planicies de inundação no rio Paraná na sua margem diretira e margem esquerda, além disso, as planícies de inundação e as margens meandrantes do rio Sucuriú também sofreram alterações.

Deste modo, de acordo com Passos (2003), a paisagem é notada e descrita a partir de formas, as quais são resultantes de processos no meio ambiente natural, no caso deste estudo, associa-se aos processos geomorfológicos fluviais naturias resultando em feições morfológicas, por outro lado, podem representar consequências de modificação vinculadas as ações atrópicas,

imrpimindo marcas no espaço geográfico. A Figura 3 apresenta esses processos no meio ambiente natural, onde a legenda A, do ano de 1965 demonstra o planejamento da construção e já nos remete a forma pela qual haverá essa intervenção. Em 2019 (legenda B), observa-se as mudanças paisagísticas comparadas com as imagens de 1965.

Figura 3 – Foto oblíqua na área do reservatório da barragem de Jupiá: A) 1965 e B) 2019.

Associada as mudanças paisagíticas em função do barramento hídrico da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias, degradações ambientais foram registradas em estudos de Sakamoto, Ferreira e Gonçalves (2010), em conseqüência aos processos de desmoronamento (desbarrancamento) da margem esquerda do rio Sucuriú devido a ocorrências de erosão.

As principapais alterações, abrangem além do Rio Sucuriu, tambénm em seus principais afluentes, entre elas destacam-se: alterações no nível de água superficial do lago artificial (reservatório da barragem de Jupiá), acarretando o desbarrancamento e consequentemente assoreamento do curso d'água (Figura 4).

Tal processo de degradação é potencializado pelo predomínio de solos arenosos, por apresentarem alta permeabilidade, são facilmente desagregadas e mais susceptíveis à erosão.

Figura 4 – Áreas degradadas nas margens dos rios Sucuriú e Paraná. Fonte: Sakamoro *et al*, 2010.

Além disso, de acordo com Mendes (2005), a formação dos reservatórios das usinas hidrelétricas, em geral, atinge áreas de solos férteis situados em várzeas e terras agricultáveis, assim, provocam a saída compulsória de populações ribeirinhas, muitas vezes desintegrando os costumes e tradições históricas que a população da área atingida possuía. Nesse sentido, como exemplo, mesmo não situado na área de estudo, a cidade de Itapura-SP localizada na foz do rio

Tietê afluente da margem esquerda do rio Paraná, foi inundada após a concludão da barragem de Jupiá, restando apenas algumas construções em terreno mais alto, além de submergir os Saltos de Itapura próximo a foz do rio Tietê e Urubupungá no rio Paraná (Figura 5).

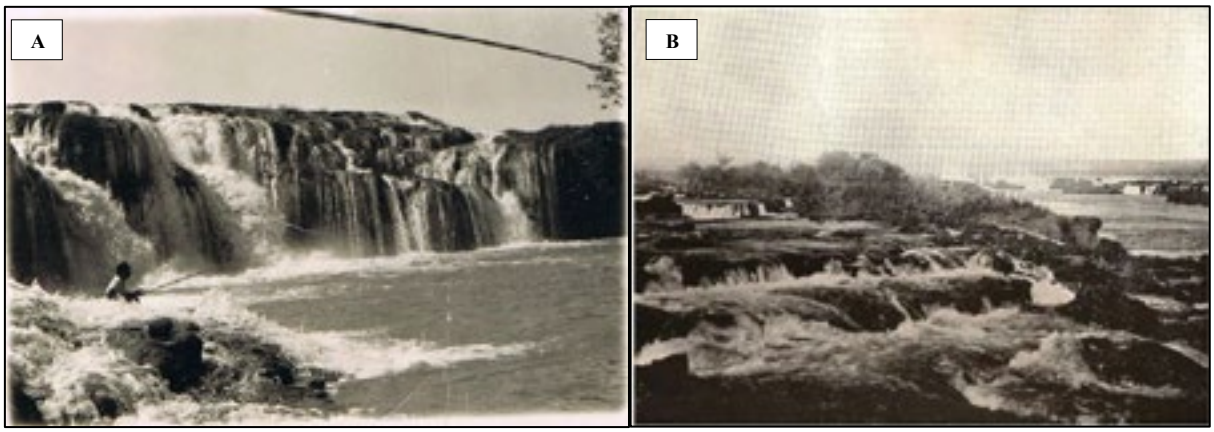


Figura 4 – A) Salto de Itapura em 1965 B) Salto de Urubupungá em 1911.
Fonte: A) CESP/CELUSA e B) Cardoso, 1911.

Assim, em termos gerais destacam-se como principais impactos, as alterações no regime hidrológico, assoreamentodo reservatório, alteração no ecossistema, emissão de gases do efeito estufa e deslocamento da população (IOCCA, 2018; ALMEIDA; *et al.*, 2015; MONTAÑO; *et al.*, 2014; BERMANN, 2007).

Desta maneira entende-se que, no caso de implementação de barragem para reservatórios de usinas hidrelétricas, os impactos causados à região receptora são complexos por se tratar de obras de grande amplitude, que em alguns casos acabam ultrapassando os limites da área de implantação (BORTOLETO, 2001).

Além disso, sobre o processo hidráulico natural fluvial, a vazão de um rio aumenta a heterogeneidade de habitats e mantém a riqueza e complexidade das comunidades biológicas, porém, o fluxo fluvial alterado pela processo de produção energética, por meio, de usinas hidrelétricas, não possui o mesmo efeito pela intensidade e imprevisibilidade dos fenômenos,

no qual, pode proporcionar uma desestabilização das comunidades biológicas e perdade biodiversidade (BUENAGA *et al.*, 2017).

4. Considerações finais

A partir das análises elaboradas e dos resultados obtidos, pode-se afirmar a importância de se conhecer prévia e detalhadamente o meio físico e antrópico das áreas analisadas. Cabe ressaltar que, o presente estudo nao teve objetivo de menssurar a viabilidade social e ambiental da Usina Hidrelétrica Engenheiro Souza Dias, mas, constatar o dinâmismo geográfico por meio de mudanças paisagísticas, além disso, tal estudo visou anteceder qualitativamente futuras análises quantitativas cartográficas.

Nesse sentido, associado a base teórica metodológica e o suporte tecnológico com geoprocessamento, sensoriamento remoto, SIG e cartografia digital permitiu a aplicação do método e a obtenção de resultados, evidênciando sua eficiência. Assim, a abordagem investigativa da geoecologia da paisagem, associada a técnicas de interpretação e representação paisagísticas, são de suma importância para análises socioambientais de forma integrada e sistêmica das unidades de paisagem.

Por fim, em relação as áreas degradadas associadas as modificações paisagísticas, ações conservacionistas são de suma importâcia para preservação dos recursos naturais, bem como, estudos e análises aprofundadas sobre a vulnerabilidade sócio-ambiental da área estudada com intuito de subsidiar tomadas de decisão associada a revitalização de áreas deficientes.

Agradecimentos

A Companhia Energética de São Paulo (CESP) pela disponibilidade do acervo fotográfico aéreo, a Companhia Energética de São Paulo e pela Centrais Elétricas de Urubupungá (Celusa) pela disponibilidade do acervo fotográfico, ao Ministério de Meio Ambiente (MMA) pela disponibilidade através do Geoportal as imagens orbitais Rapideye e ao

Laboratório de Estudos Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas (LABORAM) pela disponibilidade do Drone.

Bibliografia

ALMEIDA, A.N. et al. **Quality determinants of Environmental Impact Report**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria, v. 19, n. 2, mai-ago. p. 442−450, 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Atlas de energia elétrica do Brasil.** Nacional de Energia Elétrica. 3. ed. – Brasília: Aneel, 2008.

BERMANN, C. **Impasses e controvérsias da hidroeletricidade**. Estudos Avançados, v. 21, n. 59, p. 139-153, 2007.

BEROUCHACHVILI, N. E. BERTRAND, G. **O Geossistema ou "Sistema Territorial Natural".** In: Revue Géographie dês Pyrenées et du Sud-ouest. Toulouse, 1978.

BORTOLETO, E. M. **A Implantação de grandes hidrelétricas: Desenvolvimento, discurso e impactos.** Geografares, Vitória – ES, n. 2, 2001.

BUENAGA, F. V. de S. C.; ESPIG, S. A.; CASTRO, T. L. C.; SANTOS, M. A. dos S. **Impactos ambientais do trecho de vazão reduzida em hidrelétricas**. Cadernos de Energia. Rio de Janeiro-RJ, 2017.

CARDOSO, João P. In: **Exploração do Rio Paraná**. 2ª ed. São Paulo: Comissão Geográfica e Geológica do Estado de São Paulo, 1911.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T; BARBOSA, C. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial**. INPE, São José dos Campos, SP, 2001.

FERREIRA, C. C. Proposta de zoneamento ambiental das paisagens para o Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú, Mato Grosso do Sul-Brasil. 2015. 211f. **Tese** (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP, 2015.

FERREIRA, C. C. e PIROLI, E. L. **Zoneamento ambiental das paisagens: estudo de caso do alto curso da bacia hidrográfica do rio Sucuriú, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Boletim Goiano Geografia (Online). Goiânia-GO, v. 36, n. 2, p. 341-358, maio/ago. 2016.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo-SP. Oficina de textos, 2002.

IOCCA, L. S. S. **Regulamentação de barragens em projetos para geração de energia elétrica e a gestão de risco**. R. Fac. Dir. UFG, v. 42, n. 3, p.202-224, set./dez. 2018.

MARTINELLI, M. **Cartografia dinâmica: espaço e tempo nos mapas**. Geousp: espaço e tempo. São Paulo-SP, 2005.

MENDES N. A. S. As usinas hidrelétricas e seus impactos: os aspectos socioambientais e econômicos do Reassentamento Rural de Rosana - Euclides da Cunha Paulista. **Dissertação de Mestrado** (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP, 2005.

MONTAÑO, M. et. al. **Quality review of environmental impact statements applied to small hydropower plants**. HOLOS Environment, v.14, n.1, 2014.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4.ed. São Paulo-SP: Edgard Blucher, 2010.

PASSOS, M. M. **Biogeografia e Paisagem**. Programa de Mestrado - Doutorado em Geografia FCT – UNESP Campus de Presidente Prudente–SP Programa de Mestrado em Geografia UEM – Maringá–PR, 2003.

PASSOS, M. M. **A paisagem do Pontal do Paranapanema - uma apreensão geofotográfica**. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences. Maringá, v. 26, no. 1, p. 177-189, 2004

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das paisagens: uma análise ambiental**. 4. ed. Fortaleza-CE: Ed. UFC, 2010.

SAKAMOTO, A. Y.; FERREIRA C. C.; GONÇALVES F. Avaliação ambiental da margem esquerda do rio Sucuriú na fazenda Barra do Sucuriú - Pontal do Faia – MS. Encontro Nacional de Geógrafos. **Anais**. Porto Alegre-RS, 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A IMPORTÂNCIA DA ESCALA CARTOGRÁFICA PARA O MAPEAMENTO DO USO DO SOLO E DA REDE DE DRENAGEM NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CLARO (GO)

Ana Elisa de Lima Oliveira[(a)], Pâmela Camila Assis[(b)], Maximiliano Bayer[(c)]

[(a)] Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), anaelisaalima@outlook.com.
[(b)] Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), pamela.assis1994@gmail.com.
[(c)] Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), maxbayer@ufg.br.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A escala é um dos elementos mais importantes na cartografia, já que ela determina a relação entre o espaço real de uma área e sua representação no mapa, reduzindo-a em diversos tamanhos. Entendendo isto, este trabalho buscou discorrer sobre a importância da escala na representação cartográfica da bacia hidrográfica do Rio Claro (GO), apresentando os resultados obtidos com a utilização de uma base de dados do governo de Goiás (MacroZAEE-GO), relacionados ao uso do solo e hidrografia, em escalas pequenas (1:250.000 e 1:1.000.000); e de uma base de dados desenvolvida por ASSIS, P. C (2017), em escalas maiores (1:25.000 e 1:5.000), respectivamente. Os resultados demonstraram a necessidade em realizar o mapeamento do uso do solo e da rede de drenagem em escalas maiores, porque o grau de generalização é menor, o que confere mais legibilidade na representação e na obtenção de parâmetros morfométricos que auxiliem no manejo dos recursos naturais.

Palavras chave: Banco de Dados; Escala; Mapeamento; Recursos Hídricos, Uso do Solo

1. Introdução

A escala do mapa é um fator de aproximação do terreno e possui significado científico e técnico, determinando o nível de detalhe em função do espaço a ser mapeado (ARCHELA; THÉRY, 2008, p. 16). Escalas podem ser gráficas ou numéricas, e apresentam variados tamanho: as maiores são aquelas que apresentam um nível de detalhes também maior, ao mesmo tempo que consideram áreas geograficamente menores (ex: 1:5.000; 1:10.000; 1:25.000). Já escalas menores (ex: 1:250.000; 1: 500.000; 1:1.000.000) abrangem áreas maiores e, por isso, o nível de detalhes é inferior. Contudo, segundo Menezes e Neto (2014, p. 3), “sob

a visão cartográfica, não existe erro ou representação errada da informação, porém, questiona-se até que ponto esta diferença entre as representações ou interpretações da informação, é aceitável".

"Os sistemas de informações geográficas, por sua vez, abrem uma perspectiva de incorporação à sua base de dados, de documentos em diferentes escalas e resoluções, através de mapas, informações e imagens, as vezes bastante diversas uma das outras" (MENEZES; NETO, 2014, p. 2). Um dos aspectos mais importantes do uso das geotecnologias é o potencial dos SIGs em produzir novas informações a partir de um banco de dados geográficos, que auxiliam no ordenamento territorial e nos estudos de impacto ambiental (CAU/BR, 2019).

Desta forma, este trabalho buscou discorrer sobre a importância da escala na representação cartográfica da bacia hidrográfica do Rio Claro, apresentando os resultados obtidos com a utilização de dados geográficos digitais (uso e cobertura do solo e hidrografia linear), referentes à base de dados do Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás - MacroZAEE-GO, nas escalas 1:250.000 e 1:1.000.000; e da base de dados desenvolvida por ASSIS, P. C (2017), nas escalas 1:25.000 e 1:5.000, respectivamente.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

O Rio Claro caracteriza-se por ser um dos mais importantes aflutentes do Rio Araguaia. A bacia hidrográfica do Rio Claro, localizada na porção oeste do Estado de Goiás, apresenta uma área de 10.252,21 km^2, compreendendo os municípios de Montes Claros de Goiás, Jussara, Diorama, Jaupaci, Fazenda Nova, Iporá, Israelândia, Amorinópolis, Ivolândia, Mioporá, Corrégo do Ouro, Buriti de Goiás, Cachoeira de Goiás, Aurilândia, São João do Paraúna, Firminópolis, São Luis dos Montes Belos, Sanclerlândia e Mossâmedes.

2.2. Base de dados e procedimentos metodológicos

Este trabalho foi dividido em duas etapas: na primeira, compilou-se os dados de uso do solo e hidrografia linear, adquiridos gratuitamente na plataforma digital do

ISBN: 978-85-7282-778-2

Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás - MacroZAEE-GO (http://www.zee.go.gov.br/macro-zaee/), a fim de gerar os mapas temáticos. Posteriormente, utilizou-se uma cena do satélite Sentinel-2A (MSI), órbita 81, de 27/07/2017, adquirida gratuitamente no site do Departamento de Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2017). A resolução espacial desta imagem é de 10m e a composição RGB-432 (realizada no *software* ENVI versão 4.5).

No *software* ArcGIS 10.3 foi feita a classificação supervisionada, através do algoritmo *mean shift*, comparando as feições encontradas com imagens do Google Earth (2017), na escala 1:25.000, obtendo-se assim o mapa de uso e cobertura do solo para o ano de 2017. Também no ArcGIS 10.3, optou-se por digitalizar manualmente a rede de drenagem da bacia, na escala de 1:5.000, com base nas imagens do Google Earth (2017), onde foram considerados como canais de drenagem todos aqueles perceptíveis nas imagens de satélite que permitem o escoamento linear das águas.

3. Resultados e discussões

3.1. Uso e ocupação do solo – Comparação dos dados

Analisando os mapas de uso do solo da bacia hidrográfica do Rio Claro, é possível identificar as cinco principais classes de uso, sendo elas: agricultura, pastagem, vegetação, área urbana e água (represamento artificial dos cursos d'água).

Entretanto, é notório a diferença da área ocupada por cada classe nestes mapas. No mapa de uso e cobertura do solo, escala 1:250.000 (base de dados MacroZAEE), referente ao ano de 2014, a classe pastagem se sobrepõe sobre as outras. Enquanto isto, no mapa referente à classificação supervisionada, escala 1:5.000, que utilizou imagens de satélite mais atualizadas (ano de 2017) e, portanto, mais condizentes com a realidade do uso e cobertura da terra nesta bacia hidrográfica, é possível perceber grandes áreas destinadas à agricultura.

Na Tabela I, que contém os dados de área (km^2 e %), ocupada por cada classe de uso do solo na bacia, pode-se notar as diferenças nos valores encontrados com as duas bases de dados. As classes que apresentaram as maiores variações nos valores de área, de uma base de

dados para outra, foram pastagem, agricultura e água, onde, para esta última, considerou-se no momento da classificação, apenas os represamentos artificiais.

Tabela I: valores de área ocupada pelas classes de uso do solo na bacia do Rio Claro

Base de Dados				
MacroZAEE (2014)			**Classificação Supervisionada (2017)**	
Uso	**Área (km²)**	**%**	**Área (km²)**	**%**
Vegetação	2.387,54	23,29	3.090,47	30,14
Pastagem	7.166,29	69,90	4.239,04	41,39
Agricultura	615,48	6	2.883,16	28,24
Água	56.34	0,55	4,02	0,04
Área Urbana	26.56	0,26	23,74	0,23
Total	10.252,21	100	10.252,21	100

3.2. Rede de drenagem – Comparação dos dados

Os mapas referentes à rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Claro, nas escalas 1:1.000.000 (base de dados MacroZAEE) e 1:5.000 (digitalização manual), demonstram a diferença na precisão dos dados. Em escalas menores, como de 1:1.000.000, as informações sobre a rede de drenagem de uma bacia hidrográfica são incompletas e dificultam a compreensão sobre as variáveis envolvidas a este tema. Para realizar trabalhos que necessitem identificar e avaliar uma bacia hidrográfica, é necessário que os mesmos sejam feitos em escalas que permitam maiores/melhores detalhamentos, possibilitando assim análises da micro-drenagem e/ou dos parâmetros morfométricos, por exemplo.

4. Considerações Finais

ISBN: 978-85-7282-778-2

Para o planejamento de uso do solo em algumas áreas, como em bacias hidrográficas, é necessário realizar o mapeamento em escalas maiores, porque o grau de generalização é menor, o que confere mais legibilidade e clareza na representação. É muito importante também que a base de dados geográficos digitais, utilizados nos trabalhos de análise ambiental, esteja atualizada, a fim de coincidir com a realidade e auxiliar no manejo recursos naturais.

Além disso, em uma bacia hidrográfica, a escala de mapeamento da rede de drenagem é uma variável extremamente relevante, pois a precisão da base de dados usada para extrair informações sobre uma bacia é o que permitirá realizar correlações necessárias para o planejamento e para os estudos de impacto ambiental. Sem uma boa escala, a análise dos parametros morfométricos da bacia fica incompleta e pouco precisa.

Por fim, é importante ressaltar que todas as análises feitas, assim como a compilação dos dados, só foram possíveis graças ao uso de geotecnologias, o que demonstra a eficiência e importância do geoprocessamento e do sensoriamento remoto, por exemplo, na área ambiental e no estudo da paisagem como um todo.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF), do Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), e a Universidade Federal de Goiás (UFG), pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho. E também ao CNPq, pela bolsa concedida/financiamento do projeto de pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

ARCHELA, R. S.; THÉRY, H. Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos. **Revista Confins**, v. 1, n. 3, 21p, 2008. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/3483?lang=pt. Acesso em: 03 jan. 2019

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL (CAU/BR). **Sistemas de Informação Georáfica**. 2019. Disponível em: http://geotecnologia.caubr.gov.br/sig. Acesso em: 02 jan. 2019.

MENEZES, P. M. L.; NETO, A. L. C. **Escala: estudo de conceitos e aplicações**. Igeo - Dep Geografia - Laboratório de Cartografia (GeoCart). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014. 6p. Disponível em: http://www.academia.edu/7193864/ESCALA_ESTUDO_DE_CONCEITOS_E_APLICAÇÕES. Acesso em: 06 jan. 2019

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A INTERFERÊNCIA DO PLANTIO DO COCO PARA USO E OCUPAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RODELAS-BAHIA

Marília Santos de Jesus [(a)], Iolanda dos Santos Castro [(a)] Rafael de Oliveira Bessa[(a)] e Jocimara Souza Britto Lobão [(b)]

[(a)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, mariliasantos.364@hotmail.com, iolycastro@hotmail.com, rafaelbessa1812@gmail.com
[(b)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, juci.lobao@gmail.com

Geotecnologias e modelagem aplicada

Resumo

O presente artigo teve como objetivo analisar a interferência do plantio do coco para o uso e ocupação do município de Rodelas-BA nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e, por último, 2017, por sua vez os dados estão disponibilizados gratuitamente na Plataforma MapBiomas. Constatou-se que no ano de 1985, em razão, da finalização da construção do Lago de Itaparica ainda não existia a produção de um cultivo anual e perene do coco. Nos anos seguintes houve um crescimento na produção do coco, haja vista que o mesmo detém uma boa localização, as margens do Lago de Itaparica. A pesquisa possibilitou averiguar o crescimento na produção do coco no município de Rodelas, no qual é considerado como um dos maiores produtores de coco do Brasil. Entretanto, demonstrou-se a preocupação com a qualidade da água, haja vista que as maiores produções se dá às margem do Lago de Itaparica, dessa forma, é necessário mais monitoramento de análise físicas e químicas para o detalhamento do problema.

Palavras-Chave: MapBiomas; Geoprocessamento; Desertificação.

1. Introdução

Vários elementos da paisagem permitem compreender o uso e cobertura do solo devido às implicações advindas da relação sociedade/natureza, tais como: vegetação nativa, agricultura, pastagem, solo exposto, água, rocha e construções artificiais que recobrem a

superfície da Terra (IBGE, 2006; GANEM, 2017). As aplicações do Sensoriamento Remoto são fundamentais para classificar a cobertura do solo com o intuito de monitorar, mapear, analisar o meio ambiente, dentre outras vantagens (LV et al., 2013; GANEM, 2017).

Rodelas-Ba, área de estudo da pesquisa, compõe o semiárido baiano e integra o polo Regional de Jeremoabo. O município é o maior produtor de coco do estado, haja vista, as boas condições hídricas já que o mesmo está localizado às margens do Lago de Itaparica, reservatório artificial pertencente a bacia do Rio São Francisco.

O município em estudo compõe a Área Susceptíveis a Desertificação (ASD) este problema é característicos de locais com o clima árido, semiárido, subúmido a seco. As políticas de combate a desertificação corresponde a uma tentativa de solucionar essa problemática. Oliveira Junior (2014) em seus estudos apontam que o município de Rodelas ocorre forte degradação devido as práticas exercidas da ação antropogênica sobre o meio natural: desmatamento, pecuária bovina, queimadas, dentre outros.

Assim, essas práticas e manejo inadequado do uso do solo contribuem para o aumento da degradação deste ambiente e, também, aceleram o processo de desertificação, a qual ocorre de forma insustentável comprometendo as alterações climáticas e a dinâmica social (OLIVEIRA JUNIOR, 2014).

Em relação ao plantio do coco "O coqueiro apresenta melhores condições em solos leves e bem drenados, mas que permitam bom suprimento de água para as plantas, quando os solos não apresentam essas características o cultivo é viável em sistemas irrigados" (LIMA et al., 2014). O coco nucifera é considerada uma palmeira perene, geralmente é cultivada em países tropicas e sua produção é destinada para diversos usos, dentre eles, óleo de coco, leite de coco, água de coco, farinha, água de coco e etc.

Rodelas-BA possui áreas irrigadas que possibilita o cultivo do coco, visto que essa produção acontece as margens do Lago de Itaparica. Dessa forma o município é destaque no que tange a produção de coco (Cocos Nucifera L.), pois apresenta boas condições pedológicas, climáticas e, em especial, hidrográficas, haja vista que o município insere-se no Médio do São

Francisco. Essa boa localização propicia um melhor manejo de irrigação da espécie (LIMA et al., 2014). Entretanto, diversas práticas insustentáveis são usadas para o desenvolvimento do plantio, a exemplo do uso de pesticidas e fertilizantes para manter uma maior produtividade do coco.

Dessa forma, o objetivo desse artigo consiste em analisar de que maneira o plantio do coco interfere na dinâmica de uso e cobertura do município e suas implicações ambientais com base na classificação do MapBiomas.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo compreende o município de Rodelas (Figura 1) localizado ao norte do estado da Bahia à latitude de 08° 51' 03" Sul e longitude 38° 45' 21" Oeste, à 295 metros de altitude (LIMA et al., 2014). Rodelas está inserida no Submédio do São Francisco, o que remete ao rio perene e outros rios intermitentes.

Figura 1- Mapa de Localização do município de Rodelas-BA

A metodologia utilizada no primeiro momento foi feito um levantamento bibliográfico de Dissertações, Teses, e Artigos Científicos relacionados ao Plantio de coco, uso e ocupação do solo do município de Rodelas. A pesquisa foi desenvolvida a partir de informações obtidas

por meio do Projeto Anual Brasileiro de Mapeamento e Uso da Terra e do Solo (MapBiomas) que produz mapas anuais de uso e cobertura da terra, sendo disponibilizados, gratuitamente, de maneira mais rápida, atualizada e barata (Fonte: MapBiomas.org).

O município em estudo tem sua economia baseada no plantio de coco e agropecuaria, no que tange o clima corresponde ao semiárido, o qual, tem como característica principal chuvas irregulares, com precipitação acerca de 400mm por ano (OLIVEIRA JUNIOR, 2014) e temperatura média anual de 24,6°C (DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE RODELAS, 2005).

A estrutura geológica de Rodelas é caracterizada por conglomerados, arenitos, folhelhos, siltitos e calcários, relacionados à Bacia de Tucano, a qual ocupa a maior parte do município, por ortognaisses tonalíticos/granodioríticos, migmatitos, xistos e gnaisses, no extremo norte de Rodelas e a nordeste por depósitos colúvio-eluviais constituídos por sedimentos arenoargilosos, conglomeráticos inconsolidados (DIAGNÓSTICO DO MUNICÍPIO DE RODELAS, 2005). No que tange a geomorfologia e a pedologia, as unidades geomorfologicas são representadas por tabuleiros - ocupando maior parte do município, constituídos por Neossolos Quartzarênicos – e pedimentos fucionais, à norte é composto por Planossolos (Lima, J.M et al, 2014).

Na plataforma MapBiomas os dados são acessados gratuitamente, as suas coleções permitem a aquisição dos dados de cobertura e uso do solo de todo o território brasileiro, sendo que para adquirir tais informações a busca pode categorizar a busca por biomas, Regiões hidrográficas, Bacias hidrográficas, Unidades de conservação e Terras Indígenas.

Assim foi possível fazer o mapeamento da área para obter os dados, e por meio deles originou-se tabelas e gráficos. A análise foi feita em um intervalo de dez anos, sendo os anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e finalmente o último ano disponibilizado pela plataforma, 2017. Os dados observados foram: Uso de Agricultura e pastagem, Floresta, Rio, Cultivo Anual e Perene, dentre outros.

3. Resultados e Discussões

O monitoramento do cultivo do coco é importante para compreender como se expandiu a produção e o desenvolvimento dessa produtividade e a interferência na dinâmica local de Rodelas. O sensoriamento Remoto oferece várias técnicas de se monitorar o uso e ocupação do solo e o processo de cultivo do coco. O município supracitado apresentou variações significativas da agricultura e expansão do cultivo no período de 1985-2017.

Haja vista que a construção do Lago de Itaparica tenha sua construção terminada em 1985, neste determinado ano, não se tinha o plantio do coco, justamente, por ainda não estar consolidado o lago. O plantio do coco teve sua inserção no Brasil por volta de 1950, entretanto, somente em 1990 que essa cultura avançou e influenciou na economia nordestina.

Em 2005 consistia numa agricultura e pastagem correspondente acerca de 40.961,26 ha, as práticas agropastoris determinou uma expressiva redução na cobertura vegetal, visto que, foi neste ano, como mostra a Tabela I, que a agricultura/pastagem tiveram maior evidência nos anos analisados.

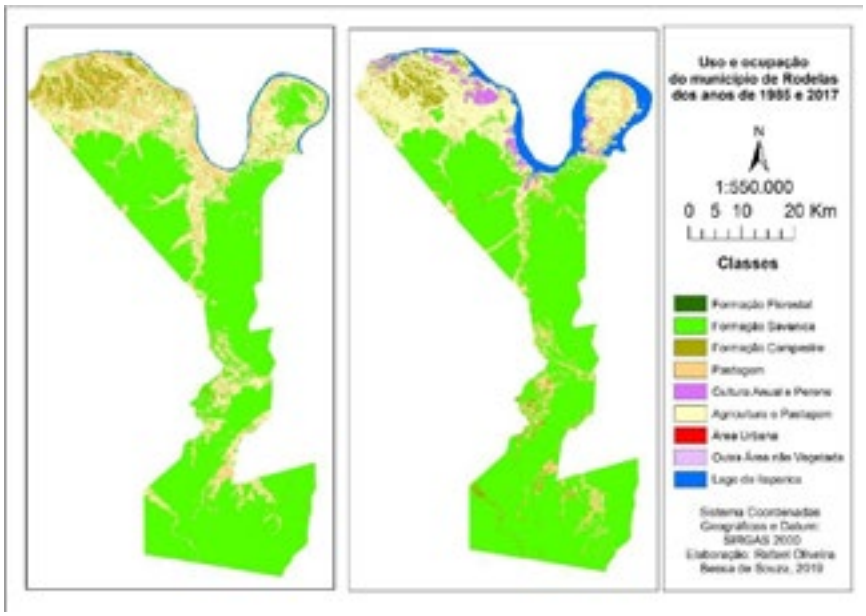


Figura 2- Mapa de Uso e ocupação do município de Rodelas-BA dos anos de 1985 e 2017

Em dentrimento do espelho de água neste ano em estudo, era menor em razão das décadas posteriores (Figura 2), porque não havia ainda a repressão da água, existia o projeto em andamento da Barragem do Lago de Itaparica, todavia, estava finalizando o mesmo, pois, só foi consolidado no ano de 1988.

Pautado nesta temática após dez anos, o ano de 1995 evidenciou cerca de 1.834,72 ha do cultivo anual e perene, expressivamente, o cultivo do coco (Cocos nucifera L.) irrigado devido a sua boa localização às margens do Lago de Itaparica e as características pedológicas e climáticas (Lima, J.M et al, 2014). Em relação a agricultura e pastagem, foi notório um declínio correspondente a 31.246,30 ha comparado ao ano de 1985, bem como um déficit na formação campestre de 8.597, 13 ha (Figura 3).

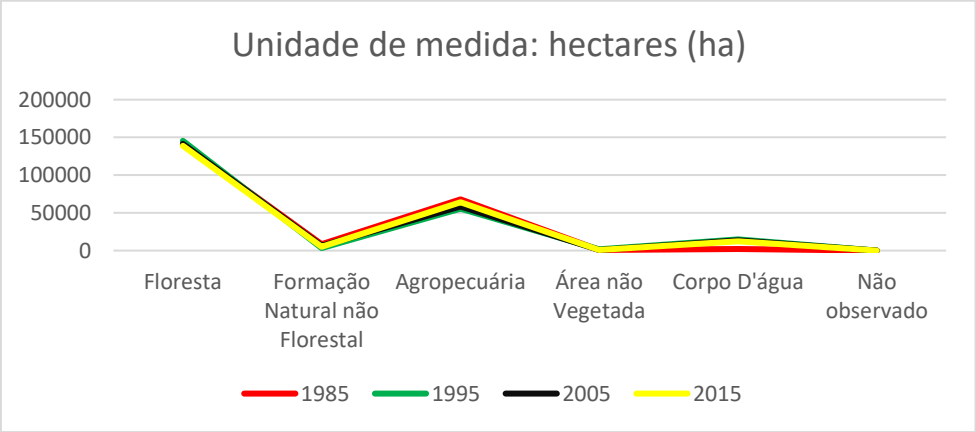


Figura 3 - Distribuição das classes por ha de 1985, 1995, 2015 e 2017

Em relação ao ano de 2005, não há alterações significativas em detrimento do uso e cobertura do solo. A agropecuária possui um maior número de hectare em relação a cobertura vegetal natural, algumas ações podem ser atribuídas a este acontecimento como desmatamento, crescimento populacional, queimadas, etc. Há uma diminuição nos hectáres do lago de Itaparica, em razão de uma possível expansão do cultivo anual e perene do plantio do coco, ou alterações na vazão da barragem. No intervalo temporal de 2005 para 2015, o ano de 2010 foi

marcante na produção de coco, neste ano se deu a manifestação de inseto da mosca branca que assolou o cultivo perpetuando pelos anos seguintes, ameaçando e prejudicando o desenvolvimento dos coqueirais.

O ano de 2015 houve um crescimento na agropecuária, confirmando assim a ação da sociedade sobre o meio ambiente do má uso e manejo inadequado do solo. Nessa perspectiva Oliveira (2014) afirma que há uma série de danos no ambiente desencadeando-se retenção da capacidade do solo, redução de biomassa e alteração das características do ambiente. Comparando a formação natural vegetal com a década anterior houve um declínio, hava vista no ano de 2005 as queimadas o desmatamentos na região foi mais intenso. As demais classes de floresta, formação natural, agropecuária, anuais por décadas estão especializadas na (Figura 4).

Classes	1985		1995		2005		2015		2017	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Formação Savânica	141496,0	64,1%	145469,0	65,9%	141408,4	64,1%	138827,4	62,9%	140298,3	63,6%
Formação Campestre	8597,1	3,9%	3261,8	1,5%	6409,9	2,9%	5122,5	2,3%	8679,6	3,9%
Pastagem	26617,5	12,1%	22554,1	10,2%	19536,1	8,9%	20819,4	9,4%	14308,3	6,5%
Culturas Anuais e Perenes	57,4	0,0%	1834,7	0,8%	2713,5	1,2%	3794,7	1,7%	5016,8	2,3%
Agricultura ou Pastagem	40961,3	18,6%	31246,3	14,2%	36050,3	16,3%	39312,1	17,8%	39860,5	18,1%
Área Urbana	29,4	0,0%	8,5	0,0%	48,8	0,0%	54,7	0,0%	34,5	0,0%
Outras Áreas não Vegetadas	691,2	0,3%	1610,5	0,7%	930,5	0,4%	717,9	0,3%	637,5	0,3%
Lago	2281,0	1,0%	14744,5	6,7%	13632,8	6,2%	12081,4	5,5%	11892,5	5,4%
Formação Florestal	0,0	0,0%	1,3	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	2,1	0,0%
Não Observado	0,7	0,0%	1,1	0,0%	1,3	0,0%	1,5	0,0%	1,5	0,0%
Total	220731,7	100,0%	220731,7	100,0%	220731,7	100,0%	220731,7	100,0%	220731,7	100,0%

Figura 4 – Quadro da área ocupada por classe em hectares

Em 2017, último ano da pesquisa, percebe-se cerca de 140.000 hectares ainda pertence à classe da floresta savânica. Em detrimento ao corpo d'água foi notório uma diminuição, ou seja, continua a predominância de cultivos próximos a sua área. A agricultura e as áreas de pasto ainda se localizam próximo ao corpo d'água. Entretanto, comparando a dados de 2005 permite afirmar uma diminuição na agropecuária, evidenciado na (Figura 4).

Com a produção do plantio do coco existe a possibilidade de degradação do solo e a qualidade da água se acentua, visto que os agrotóxicos utilizados para prevenir pragas e aumentar a produtividade do plantio, por causa principalmente, da irrigação e da localização, acabam por não só contaminar o solo, mas a água também.

4. Considerações finais

Rodelas vem se destacando pela intensa produtividade de coco do Brasil, isso ocorreu devido as condiçoes fitoclimáticas do município. Com os dados do MapBiomas foi possível analisar os mapas de uso e ocupação do solo no intervalo de dez anos para verificar a interferência do coco (Cocos nucifera L.) no município.

A plataforma do MapBiomas é uma ferramenta para análise de uso e ocupação do solo permitindo comparação numa série multitemporal de 1985 a 2017. Dessa forma, fez-se uma análise no intevalo de dez anos 1985, 1995, 2005, 2015 e o ano de 2017 a fim de investigar os dados dos anos supracitados.

Com isso, o ano de 1985, em relação ao plantio do coco ainda é incipiente, haja vista que a construção do reservatório do Lago de Itaparica finalizava-se nessa década, o que possibilitou compreender que a plantação do coco tenha iniciado anos depois já que a mesma é cultivada nas margens do Lago. Em 1995, os dados de uso e ocupação permitem identificar áreas pertencentes a agricultura e também cultivos anuais e perenes, assim como o cultivo de sementeiras. Compreende-se assim que em tal década a cultura do cultivo do coco já fazia-se presente, pois em 1985 áreas que ainda não era vegetada começava a ser sunstituída pela agricultura e pastagem.

Dessa forma, os dados de uso e ocupação permitiu compreender o aumento da agricultura, seja em relação a safras anuais como sementeiras. Em relação ao cutivo do coco, entendeu-se que essa cultura deveria ser cultivada com maior responsabilidade, principalmente, com o corpo d' água, tal questão carece de análise química e física da água para subsidiar possíveis alterações na qualidade da água devido a contaminação e pouluição no Lago de Itaparica.

Agradecimentos

Diante da elaboração deste trabalho, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo financiamento da pesquisa e a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pela disponibilização de recursos.

Referências Bibliográficas

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Mapa Técnico e Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2006.

GANEM, K. A. **Classificacao da Cobertura do Solo na Caatinga a partir de Imagens do Landsat-8 e da Ferramenta *Google Earth Engine*: umacomparacao entre dados com e sem correção atmosférica.** 2017. 182p. Dissertacao de Mestrado – Instituto de Geociencias, Universidade de Brasilia, Brasilia – Distrito Federal.

LIMA, Roneíse de Jesus et al. **O Geoprocessamentoaplicadoaagricultura: Identificação dos Solos para o cultivo de coco irrigado no município de Rodelas - Bahia.** 2014. Disponívelem: <Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto>. Acessoem: 29 set. 2018.

LOBAO, J. S. B.; SILVA, B.C.M.N. **Análise socioambiental na região semiárida da Bahia: geoprocessamento com subsidio ao ordenamento territorial**. Feira de Santana: UEFS, p.353, 2013.

LV, Z.; YU, X.; ZHANG, Z.; WANG, G. Automatic Remote SensingImageClassificationMethodBasedonSpectralAngleandSpectralDistance. **Geoscienceand Remote SensingSymposium**(IGARSS) IEEE International (pp. 3140-3143),2013.

OLIVEIRA JUNIOR, O. **O processo de desertificação:** a vulnerabilidade e a degradaçãoambiental no polo regional de Jeremoabo-Bahia. Dissertação (Mestradoem Geografia) - Programa de Pós-Graduaçãoem Geografia, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A Influência das Propriedades Físico-hídricas do Solo na Modelagem da Vazão Fluvial, Região Serrana do RJ

Christiane S.B. Pinto [(a)], Ana Camila Silva [(b)], Nelson Ferreira Fernandes [(c)]

[(a)] Doutoranda, Departamento de Geografia, PPGG/IGEO - UFRJ, christianebrazao@gmail.com

[(b)] Doutora, Departamento de Geografia, PPGG/IGEO – UFRJ, acamilainhan@hotmail.com

[(c)] Professor, Departamento de Geografia, IGEO - UFRJ, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

As propriedades físico-hídricas dos solos variam temporalmente e espacialmente, na escala de bacia hidrográfica, possuindo relação direta com a quantidade de água que infiltra, escoa e atinge o canal fluvial, influenciando na resposta da vazão. A erosão do solo é diretamente influenciada por processos hidrológicos de superfície e práticas de gestão da terra, através da produção de sedimentos, transporte e deposição. No âmbito do planejamento ambiental tem-se a modelagem hidrossedimentológica na escala de bacias hidrográficas, que é uma importante ferramenta utilizada na avaliação de processos hidrológicos e da produção de sedimentos permitindo prever problemas como a deterioração dos solos e a diminuição de áreas agricultáveis. Neste trabalho foi analisada a distribuição espacial do fluxo hídrico na bacia do rio Bonfim através do modelo SWAT (*Soil and Water Assessment Tools*), onde observou-se que o modelo é sensível aos parâmetros de solos, fazendo com que, em um primeiro momento, toda a quantidade de água disponibilizada à bacia fosse convertida em escoamento superficial. Contudo, após a calibração dos parâmetros que condicionam a infiltração, a vazão simulada aproxima-se da observada significativamente.

Palavras chave: solos, uso e cobertura, modelagem hidrológica, SWAT

1. Introdução

A partir da necessidade de compreender as intervenções do homem na superfície da terra, provocando alterações nos processos físicos e socioeconômicos de uma região, este trabalho traz o estudo do ciclo hidrológico e dos processos erosivos. De acordo com Eisenbies *et al*. (2007) e McDonnell & Seibert, avaliar e quantificar os impactos quanto às alterações provocadas na cobertura e uso da terra é uma atividade importante para o entendimento da dinâmica hidrológica em bacias hidrográficas, visto que o efeito destas mudanças ao longo do tempo pode contribuir para a diminuição da capacidade de infiltração e o aumento do escoamento superficial, comprometendo a recarga de água subterrânea.

O planejamento conservacionista de terras agricultáveis é possível através da caracterização dos atributos físicos, obtida através do monitoramento, acrescidos de algumas leis empíricas e hipóteses da modelagem ambiental. Sendo assim, a proposta deste trabalho vincula-se à abordagem integrada da caracterização das propriedades físico-hídricas dos solos juntamente com o emprego de um modelo hidrossedimentológico de distribuição e ocorrência de eventos pluvio-fluvio-sedimentológicos.

2. Área de Estudo

A caracterização físico-ambiental da bacia do Bonfim está diretamente relacionada à sua localização geográfica, com 30,3 km², esta integra uma das sub-bacias do Piabanha e localiza-se na Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, no município de Petrópolis (Figura 01).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 01: Bacia Hidrográfica do Bonfim em Petrópolis, região serrana do Rio de Janeiro.

O clima pode ser classificado como Cfb, Clima mesotérmico pela classificação de Köppen, com temperatura média variando entre 13º e 23ºC. As classes de solos são: Neossolos Litólicos (33%), Cambissolos (23%) e Latossolos (10%). O restante da área estaria representado por Afloramentos Rochosos e em menor parte, aluviões. Nos tipos de uso e cobertura da terra tem-se o predomínio dos afloramentos rochosos, vegetação rupestre, e atividades agrícolas com hortaliças. A atividade urbana concentra-se mais próximo à foz do rio Bonfim.

3. Materiais e Métodos

Os planos de informação cartográficos (PIs) necessários a modelagem no SWAT são: o Modelo Numérico do Terreno (MNT), o mapa de solos e o de uso e cobertura da terra. A base de dados meteorológicos utilizada engloba dois anos de dados diários de precipitação e temperatura do ar, obtidos através de monitoramento.

Assim, a aplicação do modelo ocorre sob as seguintes etapas: delimitação da bacia, sub-bacias e rede hidrográfica com base no MNT; entrada de base de dados cartográficos de solos e uso e cobertura; definição das Unidades de Respostas Hidrológicas (URHs) (Figura 02).

ISBN: 978-85-7282-778-2

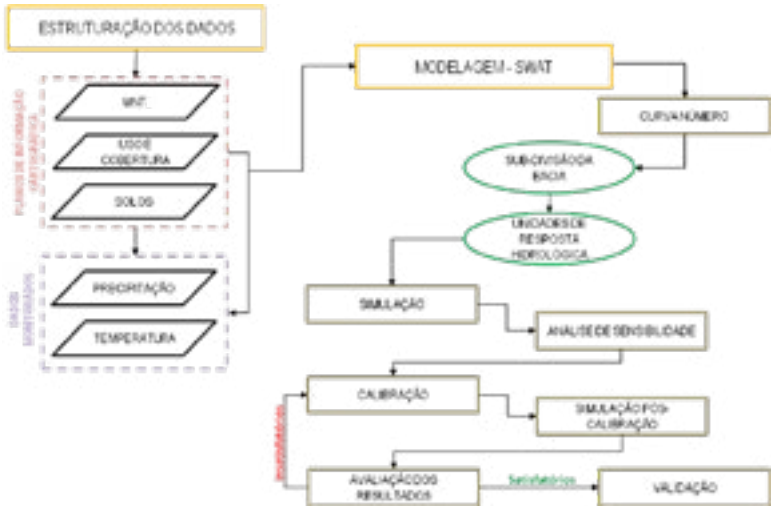


Figura 02: Fluxograma Metodológico utilizado no modelo SWAT

Seguindo esta organização, após a sobreposição dos parâmetros físico-hídricos e obtenção das unidades de resposta hidrológica, iniciam-se as etapas da simulação, análise de sensibilidade, calibração e validação dos valores simulados.

4. Resultados e Discussão

Os resultados das simulações diárias da vazão da bacia do Bonfim demonstram que o modelo subestimou as vazões simuladas em quase todos os resultados, superestimando apenas os picos de chuvas nas simulações diárias. De acordo com o manual técnico do SWAT (NEITSCH et al. 2009) e técnicas de calibração fornecidos na plataforma do programa, quando as vazões máximas simuladas estão superestimadas, em relação as vazões máximas observadas, significa que o modelo está representando um sistema com pouco fluxo de base e muito escoamento superficial. Este comportamento também pode ser relacionado quando as vazões mínimas e médias simuladas estão subestimadas em relação às observadas (Figura 03).

A calibração dos parâmetros relacionados às propriedades físicas dos solos objetiva uma melhora na correlação apresentada visto que estes parâmetros variam na escala de perfil e

ISBN: 978-85-7282-778-2

possuem relação direta com a quantidade de água que infiltra e se transforma em escoamento superficial.

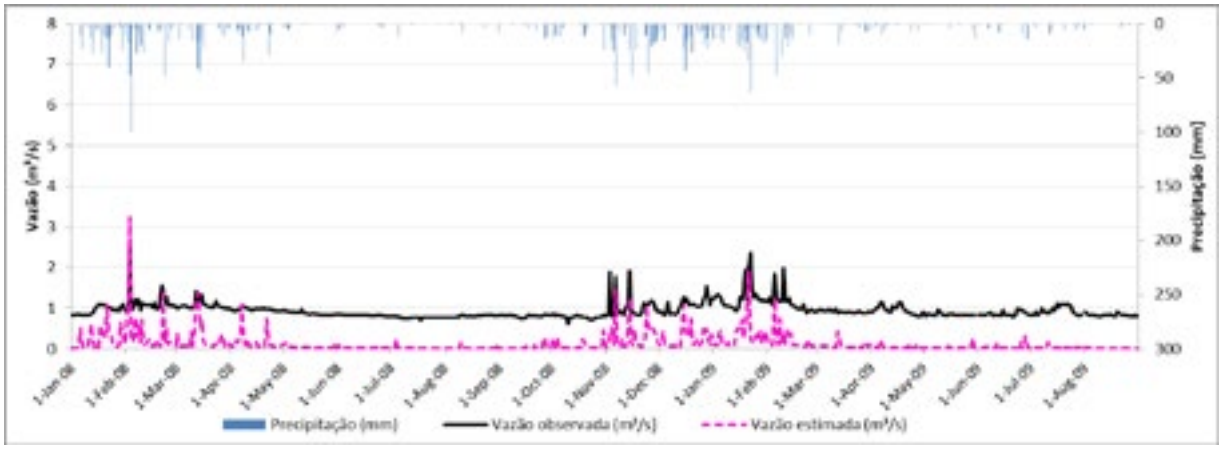


Figura 03: Comparação entre a série diária da vazão observada x vazão estimada pelo SWAT em função da precipitação.

Este comportamento além de apresentar correlação direta com as propriedades dos solos, também pode estar associado à caracterização geomorfológica da bacia que possui 33% de sua área coberta por afloramentos rochosos, quanto menor o percentual de vegetação, maior a quantidade de água da chuva em contato direto com o solo

5. Referências Bibliográficas

EISENBIES, M.H; BURGER, J.A.; AUST, W.M.; PATTERSON, S.C. ***Changes in site productivity and the recovery of soil properties following wet-and dry-weather harvesting disturbances in the Atlantic Costal Plain for a stand age of 10 years***. *Canadian Jornal of Forest Reserach* 37: pp. 1336-1348, 2007.

MCDONNELL, J.J; SEIBERT, J. et al. ***How old is the water? Open questions in catchment transit time conceptualization, modelling and analysis.*** *Hydrological Processes*, 24(12): 2010. p. 1745-1754.

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY J.R.; WILLIAMS, J.R. Soil and water assessment tool: Theoretical documentation, version 2009. Agricultural Research Service and Texas AgriLife Research. Texas, 2009.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM DA SERRA DO AMOLAR- MS/BRASIL

Bruno de Souza Lima [(a)], Charlei Aparecido da Silva [(b)] Patrícia Cristina Statella Martins [(c)]

[(a)] Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados, Email: bruno_mxsl@hotmail.com
[(b)] Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados, Coordenador do Laboratório de Geografia Física (http://www.lgf.ggf.br/). E-mail: charleisilva@ufgd.edu.br.
[(c)] Docente da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul Email:martinspatriciacristina@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O Pantanal é um dos mais importantes biomas do planeta e possui um mosaico de paisagem, alguns ainda não são conhecidas em detalhes. Neste sentido, o presente artigo tem como premissa a investigação do ícone de paisagem Serra do Amolar, a qual apresenta-se como importante formação inserida dentro da planície pantaneira. Para realizar tal investigação, utilizou-se de técnicas de geoprocessamento e SIGs, as quais permitiram a reclassificação de dados acerca do relevo e da vegetação/usos da terra e elaboração de uma mapa de qualidade visual da Serra do Amolar. Os resultados demostraram um relevante grau de qualidade visual da Serra, justificado pelas características físicas do relevo e o eleveado grau de preservação vegetal nativa. O trabalho aponta a Serra do Amolar como um território cujas caracterísitcas atrelan-se as premíças do turismo de natureza.

Palavras chave: Analise da paisagem; Turismo; Pantanal; Geoprocessamento; Cartografia temática.

1 . Introdução

O Pantanal é uma extensa área úmida localizado na Bacia do Alto Paraguai (BAP) que se estende pelos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul no Brasil, e uma pequena parte dos territórios boliviano (15.000 km²) e paraguaio (5.000 km²) (BRASIL, 1997). É considerado a maior planície contínua sazonalmente inundada (PADOVANI, 2010).

A importância ambiental do Pantanal está relacionada à grande variedade florística e faunística, que resulta em um mosaico integrado de paisagens. Recebe influência das regiões amazônica, dos cerrados, da Mata Atlântica e do Chaco, que contribuem maximizando a sua diversidade biológica, sustentada pelo regime hidrológico – (BOIN *et. al.* 2019). Segundo Ab´Saber (2006), o Pantanal é a mais importante bacia detrítica quaternária do Brasil, convertendo-se em uma paisagem de exceção. Além disso, é considerado Patrimônio Nacional da Humanidade, foi reconhecido como Reserva da Biosfera Mundial – ambos pela UNESCO e possui sítios reconhecidos internacionalmente pela Convenção de Ramsar (MARTINS, 2018).

Em contraste a essa extensa planície existem diversas morrarias e serras, como a Serra do Amolar com seus 976 m, a qual é considerada um planalto residual que forma um alinhamento de morrarias de 100 km de comprimento por 10 km de largura (GONÇALVES e ISQUIERDO, 2011; BOIN et al.). A Serra tem início a cerca de 180 km de Corumbá/MS e continua no sentido sudeste-noroeste por mais 40 km ao longo da fronteira com a Bolívia, até chegar na divisa com Mato Grosso. É considerada uma área de grande relevância para a conservação por sua diversidade de flora e fauna. Trata-se de uma região de singular biodiversidade e beleza cênica (MARTINS, 2018).

Considerando que a paisagem é um dos recursos primordiais para a atividade turística (BOMBIN, *et al.,* 1991; RODRIGUES, 2011; PIRES, 2011) e suas qualidades estéticas são as que mais interessam ao turismo (PIRES, 2005) o presente trabalho tem como objetivo analisar a qualidade visual das paisagens da Serra do Amolar e seu entorno. Conforme indicam Lothian (1999), Vieira (2014), Vieira et. al. (2018), Nohl (2001),

ISBN: 978-85-7282-778-2

considera-se qualidade visual como uma variável que pode ser utilizada gestão territorial, uma vez que, a qualidade visual possibilita qualificar os diferentes elementos componentes da paisagem e a compreensão dos processos que os interrelacionam, propiciando a identificação e proteção de tais conjuntos paisagísticos, os quais podem vir a ser utilizados no planejamento de atividades turísticas, bem como no suporte de avaliaçoes de impactos visuais.

2. Paisagem e ícones de paisagem

A paisagem nesse momento é compreendida como uma das categorias de análise da Geografia. A paisagem é considerada enquanto uma área de abrangência que extrapola limites territoriais normativos, constitui uma totalidade física, um conjunto de elementos que, por meio da integração institui diferentes formas e funções. De maneira simplista as paisagens se formam ao longo do globo terrestre por fatores/ações naturais e/ou humanas, e, com o passar dos tempos adquirem ou não novas formas e funções, as quais são impressas ao longo dos anos – podemos denominar isso de marcas na paisagem.

É evidente que, na evolução histórica do estudo da paisagem, diversas vertentes foram construídas, neste sentido, para a compreensão desta categoria, amparou-se em considerações desenvolvidas por autores como: Tricart (1977), Mateo Rodriguez *et al.* (1995), Mateo Rodriguez (2000, 2006), Bertrand (2004), Ab'Saber (2006), Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007); Pires (2005 e 2011); Verdum (2012) dentre outros.

Além da construção e compreensão conceitual da paisagem, em funções dos objetivos propostos a necessidade de compreensão sobre o significado de ícones de paisagem. Estes pressupõem a existência de conjuntos bem definidos de paisagens, os quais privilegiam aspectos destacáveis dos elementos que compões estas paisagens, tais como: o relevo, a vegetação ou marcos culturais. Sobre a relação da natureza e a determinação de ícones, Cauquelin (2017, p. 74) indica que:

> Na natureza em que sua apresentação é de ordem icônica, a paisagem responderá, com efeito, à regra de separação e de substituição dos termos de uma

> relação: será ícone da Natureza, e não semelhante a ela; será construída, artificialmente produzida para convocar a natureza a preencher o vazio que o traço perigráfico estende ao olhar.

É possível assim definir o *ícone de paisagem* como uma forma de destacar aspectos relevantes de paisagens, e, consequentemente, propiciar a valorização de seus aspectos (forma), atribuindo a ela a possibilidade de estabelecer usos (função) que estejam de acordo com a manutenção das condições do ícone em questão. Considerando tal reflexão, acredita-se que, a Serra do Amolar materializa-se nessa condição, é um *ícone de paisagem* de Mato Grosso do Sul, ainda mais considerando sua especificidade enquanto conjunto inserido no bioma do Pantanal – daí a importância de compreendê-lo.

2.1. Qualidade visual da paisagem em estudos aplicados ao turismo

Diversas abordagens são empregadas no estudo das paisagens, cita-se: estudos de fragilidade, potencialidades, zonementos, dentre outras possibilidades. Fato é que, a abordagem da qualidade visual das paisagens subsidiam relevante parcela destes tipos de investigação, inclusive propostas de implementação de atividades turísticas nos territórios.

Autores como Zube, Sell e Taylor (1982), Sanz e Alonso (1996), Pires (2005), Longhi e Teixeira (2010) e Vieira (2014), têm buscado ampliar as discussões que permeiam a temática da qualidade visual das paisagens, subsidiando assim, novas possibilidades de metodologias de análise da paisagem. Nesta concepção, a qualidade visual das paisagens turísticas apresenta-se de fundamental importância de sua valorização enquanto tais.

Dentre as metodologias investigadas, Pires (2005), apresenta uma interessante abordagem acerca da qualidade visual, a qual faz uma relação entre a diversidade, naturalidade, singularidade e detratores das paisagens a serem investigadas. Na observação da qualidade cênica do ícone de paisagem Serra do Amolar, os parâmetros propostos por Pires (2005) foram adaptados e subsidiaram a estruturação de uma metodologia, na espacialização dos dados fez-se uso de técnicas de geoprocessamento e SIGs.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Materiais e Métodos

Para estabelecer as bases acerca do objeto de estudo desta investigação, foi necessário subsidiar-se em referenciais teóricos que respaldassem as temáticas que o envolve, essencialmente: paisagem; icone da paisagem e qualidade visual. Dessa forma, considerando que, avaliar a qualidade visual da paisagem perpassa pela compreensção dos elementos visíveis na mesma, percebe-se que, para o turismo de natureza dois elementos se destacam enquanto componentes imprescindíveis na visualização paisagística: o relevo e a vegetação. Dessa forma, a metadologia aqui apresentada, permeará a investigação da qualidade visual a partir da compreensão das formas de relevo, dos tipos de vegetação e usos da terra presentes na Serra do Amolar.

Para tal, estabeleu-se três níveis de qualidade visual para estas variáveis: alta qualidade, média qualidade e baixa qualidade, as quais correspondem, respectivamente aos pesos 5, 3 e 1. Cada nível relaciona-se a parâmetros especificos estabelecidos, os quais permitiram enquadrar cada tipo de relevo e vegetação/usos da terra, tendo sempre como foco a relação com a forma e a função da paisagem para o turismo de natureza.

A compilação possibilitou a reclassificação dos dados secundários e, posteriormente, auxiliou na construção do ***mapa de qualidade visual da Serra do Amolar***. É importante ressaltar que, apesar de não utilizar sua metodologia na íntegra, a proposta de Pires (2005) serviu de base para a formulação desta perspectiva de análise da qualidade visual da paisagem, bem como, integrou-se os princípios de investigação de fragilidade ambiental propostos por Ross (1994) e Amaral & Ross (2009) e de potencialidade turística de Lima, Silva e Boin (2017a) e Lima, Silva e Boin (2017b) vide figura 1:

ISBN: 978-85-7282-778-2

Nível da qualidade visual dos elementos da paisagem para o turismo de natureza	Parâmetros considerados para determinação do grau de qualidade	Tipos de relevo na serra do amolar	Tipos de vegetação/ usos da terra na serra do amolar	Peso do atributo no cruzamento de dados
Alta qualidade	Alta naturalidade da variável; relativa raridade da variável; menores níveis de intervenções antrópicas.	Domínio Montanhoso; Inselbergs e outros relevos residuais; Terraços fluviais; Planícies fluviais ou flúvio-lacustres.	Vegetação natural dominante; Vegetação natural dominante em tensão ecológica; Corpos d'água.	5
Média qualidade	Média naturalidade das variáveis; variáveis são encontradas com maior frequência; níveis intermediários de intervenções antrópicas.	Vertentes recobertas por depósitos de encosta.	----------	3
Baixa qualidade	Pouca naturalidade da variável; variáveis encontradas são relativamente comuns; níveis de intensas intervenções antrópicas.	----------	Área Antrópica Dominante.	1

Figura 1 – Quadro de relação entre qualidade visual da paisagem, parâmetros, variáveis e pesos atribuído no cruzamento de dados a partir das propostas de Pires (2005), Ross (1994), Amaral & Ross (2009), Lima Silva e Boin (2017a) e Lima, Silva e Boin (2017b)

Elaboração: dos autores

Na organização dos dados secundários, buscou-se no IBGE (2007 e 2012) informações sobre solos, vegetação/usos da terra e rede hidrográfica e no CPRM (LACERDA FILHO, et al., 2006) informações sobre a litologia e relevo da Serra do Amolar. Os dados em formato *shape* foram organizados a partir de sua escala de 1:250.000, os quais serviram de subsídios para a formulação de mapas e imagens na mesma escala. No tratamento destes dados foram utilizados SIG's (Sistemas de Informações Geográficas) como: o *QGIS 2.14*, o *ArcView* GIS 10.2.2 e o programa gráfico *Corel Draw x7*, que possibilitou refinamento do *layout* final do mapa e figuras.

No *QGIS 2.14*, foi possível conferir e corrigir os dados secundários que apresentaram com imperfeições e/ou erros (tais como equívocos da rede de drenagem e massa d'água), propiciando assim uma maior confiabilidade no cruzamento da final das informações. No *ArcView* GIS 10.2.2, foram construídos os mapas de litologia, relevo, solos e vegetação/usos da terra. Realizou-se a reclassificação dos dados referentes ao relevo e a vegetação/usos da terra por meio da ferramenta *reclass*, isso antes de se gerar o mapa de qualidade visual por meio da função *Weighted Overlay*.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Ressalta-se que, para auxiliar a compreensão e interpretação do ***mapa de qualidade visual da Serra do Amolar***, utilizou-se de registros de campo, realizado no mês de novembro, do ano de 2016. O trabalho empírico possibilitou a construção de um banco de dados fotográficos que permitiu compreender e registrar diferentes aspectos da paisagem da Serra e compreendê-la melhor, registrou-se os elementos que a tornam um ícone de paisagem.

4. Resultados e discussões

A nomenclatura sugere que a Serra do Amolar apresenta-se como um ícone de paisagem de destaque em função principalmente de sua condição geomorfológica. A figura 2 permite compreender a estruturação dos principais elementos físicos que a constitui. Do ponto de vista litológico, as Formações Amolar são predominantes na Serra que, conjuntamente com as Formações Mandioré e Córrego Palmital, constituem o conjunto de rochas metamórficas que estruturam a Serra. Entretanto, na faixa oeste da área, encontra-se a Formação Urucum, que insere-se no conjunto das rochas sedimentares (LACERDA FILHO *et al.*. 2006).

A Serra do Amolar apresenta três tipos de solos: cambissolo háplico distrófico, gleissolo háplico distrófico e vertissolo hidromórfico carbonatico. Os cambissolos tem como característica uma fertilidade natural variável e, como geralmente são encontrados em relevos com declives, com pequena profundidade e permedado por rochas na massa do solo, apresenta limitações de seu uso. Já os gleissolos e vertissolos são solos hidromórficos que, considerando o ambiente pantanoso da *Serra*, ocupa principalmente as bordas, apresentando enquanto limitações de seu uso as recorrentes imundações relacionadas aos cursos d'água que compreendem seu ambiente (IBGE, 2012) – o que torna a área muito singular.

ISBN: 978-85-7282-778-2

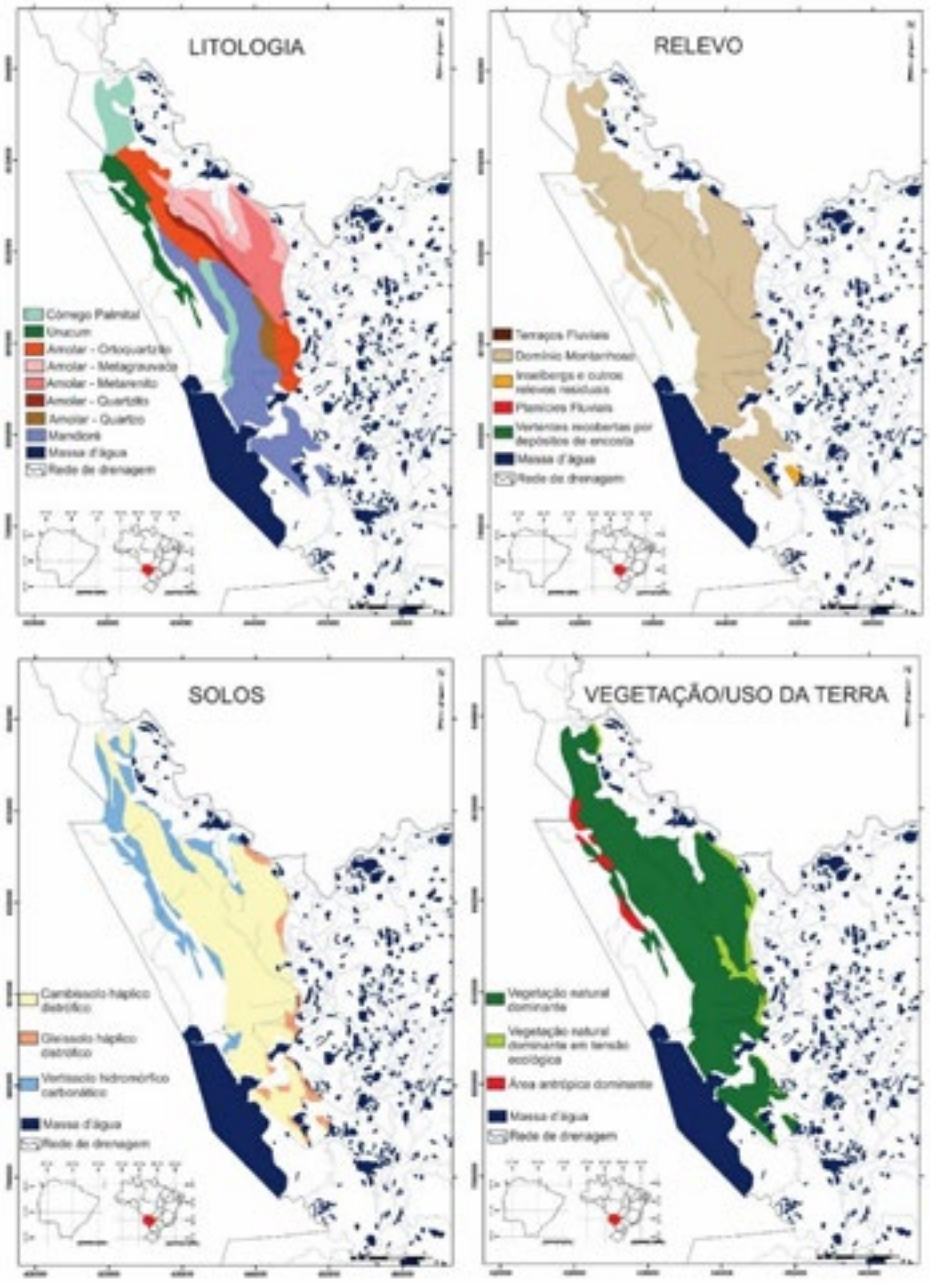


Figura 2 – Elementos físicos da Serra do Amolar, aspectos da estrutura da paisagem

Elaboração: dos autores

Además, os outros dois componentes representados na figura 2, relevo e vegetação/usos da terra, mantém relação direta com a qualidade visual do ícone de paisagem

Serra do Amolar. Há um predomínio de um relevo montanho em toda a *Serra* e uma vegetação natural constuida por prioritárimente por áreas de vegetação natural dominante (Floresta Estacional Decidual; Savana Arborizada; Savana Gramíneo Lenhosa), pequenas áreas de vegetação natural dominante sobre tensão ecológica (Floresta Estacional Semidecidual Aluvial; Savana Gramíneo-Lenhosa; Savana Parque) e uma faixa de área antrópica dominante caracterizada pela atividade da pecuária. O resultado do processo de integração permitiu a elaboração da figura 3, o ***mapa da qualidade visual das paisagens da Serra do Amolar***.

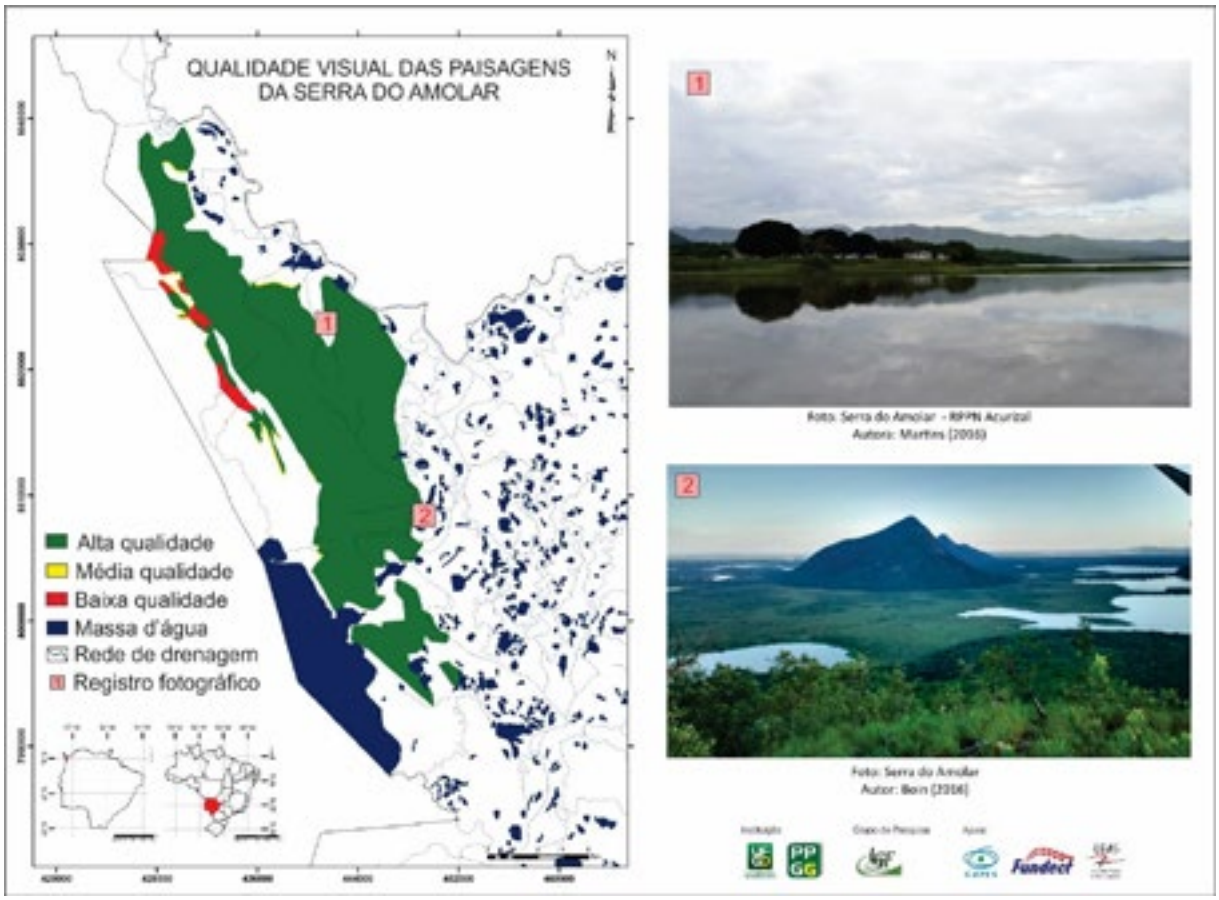


Figura 3 – Mapa de índices de qualidade visual na Serra do Amolar

Elaboração: dos autores

ISBN: 978-85-7282-778-2

Ao analisar a figura 3 constata-se que o ícone de paisagem Serra do Amolar apresenta elevado grau de qualidade visual ao longo de sua extensão, há uma intrínseca relação com o relevo montanhoso da área e com o seu elevado grau de preservação da vegetação nativa. Pequenos pontos que referem a qualidade média visual da paisagem remetem basicamente as áreas de trasições do relevo, ou seja, as vertentes recobertas por depósitos das encostas. O ponto com menor grau de qualidade visual encontra-se na faixa oeste da Serra, onde, considerando as características da estrutura física da paisagem, essa apresenta-se com um dos poucos pontos da *Serra* onde é possível desenvolver a atividade pecuária.

5. Considerações Finais

Na busca da compreensão das paisagens terrestre, cada vez mais, a Geografia, se ampara em métodos, metodologias, técnicas e procedimentos de outras áreas do conhecimento, essas vêm contribuindo para proposição de planos de gestão e uso do território. Dentre tais possibilidades, o uso das geotecnologias, aliadas às técnicas de campo, tem se apresentado como essenciais em estudos que envolvem a temática da paisagem – condição apresentada no presente trabalho.

A partir da investigação empreendida sobre a qualidade visual do ***ícone de paisagem Serra do Amolar*** no Pantanal de Mato Grosso do Sul foi possível perceber e compreender que esse apresenta-se na verdade como um conjunto de paisagens, o qual mantém relevante e elevado grau de qualidade visual para a realização do turismo de natureza. A predominância dos relevos e a vegetação nativa da área pressupõem uma paisagem singular dentro do contexto do bioma pantaneiro. Evidencia-se a importância de se compreender o contexto do entorno ao se tratar os icones de paisagem. Na Serra do Amolar poucas são as áreas com intervenções sociais, mais especificamente, o desenvolvimento da atividade pecuária, a qual é intensa no Pantanal, condição que lhe dá um elevado grau de preservação.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A metodologia utilizada demonstrou-se eficiente e passível de ser utilizada, cujos resultados (vide figura 3) podem auxiliar na proposição de planos de manejo e políticas públicas. Em um ambiente dominado e caracterizado pela ambundância do elemento água e planície, a identificação desse ícone de paisagem por meio do relevo e da vegetação, Serra do Amolar, apresenta-se como o descortinar de novas possibilidades e vislumbra-se novos desafios no âmbito da pesquisa científica.

Referências Bibliográficas

AB´SABER, A. N. **Brasil:** paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-Grossense: patrimônios básicos. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2006.

AMARAL, R. & ROSS, J.L.S. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP** . São Paulo, nº 26, p. 59 - 78, 2009.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. **R. RA´E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004.

BOIN, M. N.; MARTINS, P. C. S.; SILVA, C. A.; SALGADO, A. A. R.. The Pantanal: the brazilian wetlands. In: André Augusto Rodrigues Salgado; Leonardo José Cordeiro Santos; Julio César Paisani. (Org.). **The Physical Geography of Brazil: Environment, Vegetation and Landscape**. 1ªed.Dordrecht: Springer, 2019, p. 75-91.

BOMBIN, M. M. E.; FRUTOS, M. de.; IGLESIAS, E.; MATAIX, C.; TORRECILHA, I. **El paisaje.** Madri: Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Centro de Publicaciones, 1991.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **PCBAP** – Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/se/pnma/ecos24. html>. Acesso em: 27 mar. 2017.

CAUQUELIN, Anne. **A Invenção da Paisagem.** São Paulo: Martins Fontes, 2007.

GONÇALVES, J. C.; ISQUIERDO, S. W. Fronteira Brasil, Bolívia e Paraguai no município de Corumbá: uma abordagem sobre as diferentes divisões político administrativas**. Revista Geográfica de América Central**. Número Especial EGAL, p. 1-13, 2º sem. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico em Pedologia**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 2. Ed., 2007. 316 p.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, Manuais Técnicos em Geociências, 2012. 271 p.

LACERDA FILHO, J. V de *et. al*. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso do Sul*. Esc. 1: 1.000.000. (Convênio CPRM/SICME). Campo Grande: CPRM, 2006. 121 p.

LIMA, B. S.; SILVA, C. A.; BOIN, M. N. Unidades de paisagens da Serra de Maracaju para o turismo de natureza, Folha Nioaque/MS. IN: XII ENANPEGE. 2017, Porto Alegre/RS. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017a. p. 1384-1396.

LIMA, B. S.; SILVA, C. A.; BOIN, M. N. Compatibilização de dados cartográficos na elaboração de cartas de unidades da paisagem para o turismo de natureza. BOIN, M. N. IN: BOIN, M. N.; MARTINS, P. C. S.; MIRANTE, M. H. P. (Orgs). **Geotecnologias aplicadas às questões ambientais**. v. II – Tupã: ANAP, 2017b. p. 94-117.

LONGHI, S. J.; TEIXEIRA, I. F. Vivacidade dos elementos visuais da flona de São Francisco de Paula (RS). **Ambiência**, v. 6, n. 2, p. 247-260, 2010.

LOTHIAN, Andrew. Landscape and the philosophy of aesthetics: is landscape quality inherent in the landscape or in the eye of the beholder?. **Landscape and urban planning**, v. 44, n. 4, p. 177-198, 1999.

MARTINS, P. C. S. **As paisagens da faixa de fronteira Brasil/Bolívia:** complexidades do Pantanal sul-matogrossense e suas potencialidades para o Turismo de Natureza. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

MATEO RODRIGUEZ, J. M**. Geografía de los paisajes**. La Habana: Universidad de La Habana, 2000.

MATEO RODRIGUEZ, J. M. La concepcion sobre los paisajes vista desde la Geografia. UEM: **Boletim de Geografia**, v. 24, nº 1, p. 1-25, 2006.

MATEO RODRIGUEZ, J. M.; MAURO, A. C.; RUSSO, L. I.; SILVA, S. M. C.; BOVO, R.; ARCURI, P. E. M. e MARINHO, F. L. V. Análise da Paisagem como base para uma estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP). **Geografia,** v. 20 (1), Rio Claro: UNESP, 1995, p. 81 - 129.

MILAGRES, V R. **Paisagem e efeitos do turismo: uma abordagem perceptiva com os moradores do Distrito Taquaruçu, Palmas (TO).** 2009. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal de Tocantins, Palmas. 2009.

NOHL, W. Sustainable landscape use and aesthetic perception–preliminary reflections on future landscape aesthetics. **Landscape and urban planning**, v. 54, n. 1-4, p. 223-237, 2001.

PADOVANI, C. R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do pantanal.** 2010. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2010.

PIRES, P. S. A análise de indicadores da qualidade visual como etapa da caracterização de paisagens turísticas: uma aplicação no distrito-sede de Porto Belo-SC. **Turismo-Visão e Ação**, v. 7, n. 3, p. 417-426, 2005.

_____. Marco teórico-metodológico de los estudios del paisaje: perspectivas de aplicación en la planificación del turismo. **Estudios y perspectivas en turismo**, v.20, n.3, p. 522-541, 2011.

RODRIGUES, A. B. Geografia e Turismo: notas introdutórias. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 71-82, 2011.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens:** uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Edições UFC, 2007.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n.º 8, p. 63-73, 1994.

SANZ, F. M.; ALONSO, J. G. A. Cartografía de la calidad visual del paisaje: reflexiones teóricas y ejemplo de aplicación. **Serie Geográfica,** 1996, vol. 6, pp. 115-129

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977

VIEIRA, L. F. S. **A valoração da beleza cênica da paisagem do bioma pampa do Rio Grande do Sul: proposição conceitual e metodológica.** Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

VIEIRA, Lucimar de Fátima dos Santos; SILVA, Luís Alberto Pires da; CANEPPELE, Jean Carlo Gessi; VERDUM, Roberto. **Atlas das Belezas Cênicas das Paisagens do Pampa: olhar, ler, refletir e compreender para valorizar a paisagem** - Região Cuesta do *Haedo*. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2018. v. 1. il.

ZUBE, Ervin H., SELL, J.L.; TAYLOR, J.G. Landscape Perception: Research, Application and Theory. **Landscape Planning,** 1982. p. 1-33.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A SOJA DO MATOPIBA: DE ONDE VEM E PARA ONDE VAI?

Juliana Torres Silva [(a)], Kamila de Oliveira Craveira [(b)]

[(a)] Engenharia Florestal, Universidade Federal do Amazonas, torresjuliana87@gmail.com

[(b)] Geografia, Universidade Federal do Amazonas, kamoliveira29@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Matopiba é posta como a fronteira agrícola do Brasil (meridional). Entretanto, a problemática é posta *vide* crescimento da produtividade nesta região do bioma Cerrado, concomitantemente à perda de sua vegetação primária. Trata-se da ascensão de um novo paradigma baseado na soja, precipuamente, para exportação. Não obstante, objetiva-se verificar a substituição da vegetação nativa por cultura, sobretudo de soja, e a destinação, em linhas gerais, da produção. Dentro da proposta, obteve-se o Estado da Bahia como principal "antropizador" e o mais representativo na produção de soja da região. Os mecanismos utilizados para amenização de desmate como as UCs são, por muito, contraditoriamente confundidos como meios anti-produtividade, apesar do potencial de qualidade ambiental e a viabilidade produtiva associados.

Palavras chave: Soja, Antropização, Matopiba, Cerrado.

1. Introdução

A região denominada Matopiba (acrônimo de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) está sendo considerada a nova fronteira agrícola nacional da atualidade. Esta área até pouco tempo considerada sem tradição forte em agricultura, tem chamado a atenção pela produtividade crescente que responde por grande parte da produção brasileira de grãos e fibras (EMBRAPA, 2018).

Segundo Carneiro Filho e Costa (2016), apenas no Matopiba a área de soja aumentou de 1 milhão para 3,4 milhões de hectares, ou seja, um crescimento de 253% no período de 2000 a 2014. E a maior parte da expansão ocorreu sobre vegetação nativa: 68% (0,78 milhão de hectares) entre 2000 e 2007, e 62% (1,3 milhão de hectares) no período seguinte, entre 2007 e 2014, sobretudo no Maranhão e no Piauí.

É válido ressaltar que esta região está situada predominantemente no bioma Cerrado, que nos últimos anos tem sido alvo constante de atividades predatórias, por vezes ligadas ao agronegócio, resultando na diminuição dos estoques remanescentes. Até 2010 uma área de 98.671.100 hectares foi suprimida ou antropizada no bioma, correspondendo a 47% da área total (BRASIL[1], 2014).

Dados mais recentes demonstram que os dez municípios que mais desmataram ou antropizaram áreas de Cerrado, fazem parte da delimitação oficial do Matopiba, segundo a Portaria Nº 244 de 12 de novembro de 2015 (BRASIL[2], 2015).

Este trabalho tem como objetivos: a verificação da retirada de cobertura da vegetação nativa no Matopiba, sua substituição por agricultura sobretudo de soja, e o destino das exportações oriundas desta região em ascensão no país.

2. Material e Método

Para fomentar as análises deste estudo, três etapas foram instituídas. A primeira se apoiou no levantamento bibliográfico da região, a segunda se refere à criação e abastecimento de um banco de banco de dados secundários. A última etapa constituiu-se de análises visuais e posteriormente a elaboração e efetivação do trabalho de campo em áreas de interesse situadas em territórios selecionados nos quatro estados que compõem a região do Matopiba.

2.1 Área de estudo

A área de interesse compreende aproximadamente 73.000.000 hectares e contempla 337 municípios (Figura 1). A delimitação é descrita e oficializada na Portaria N° 244 de 12 de novembro 2015.

Figura 1 – Delimitação do Matopiba

2.2. Coleta e análise de dados

Os dados utilizados nesta pesquisa referem-se primordialmente em dados secundários, extraídos de bases oficiais públicas e que deram suporte às análises posteriores, elaboradas a partir do cruzamento dos dados espaciais e não espaciais com imagens do satélite Landsat 8, disponibilizado pela NASA, a fim de selecionar áreas de interesse que apresentassem aspectos visuais de possível atividade produtiva ligada à cultura de soja.

Tabela I – Base de dados públicos do Matopiba

Camada	Formato	Fonte
Produtividade agrícola	Planilha xlsx	https://downloads.ibge.gov.br
Imagens de satélite	Raster	http://earthexplorer.usgs.gov
Cadastro Ambiental Rural	Shapefile	http://www.car.gov.br/publico/imoveis/index
Silos e Armazéns	Shapefile	http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html
Estradas e Rodovias	Shapefile	htpps://189.9.128.64/mapas-multimodais/shapefiles
Desmatamento -Cerrado	Shapefile	http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/
Exportações	Planilha xlsx	http://comexstat.mdic.gov.br/

2.3. Validação em campo

Nesta etapa foi necessário um planejamento prévio para construção de uma rota viável para a validação de alvos. Para isso, fatores como o período de colheita, condições climáticas, infraestrutura das rodovias/estradas e a segurança da equipe foram considerados,

além da aquisição de material específico para registro e navegação como, máquina fotográfica, drone, GPS, notebook e softwares. Foram selecionadas 86 áreas que, que segundo as análises laboratoriais, apresentavam mudanças de cobertura e uso da terra, proximidade à estruturas de silos graneleiros e armazéns e com facilidade de acesso via estradas públicas, conforme a figura 2:

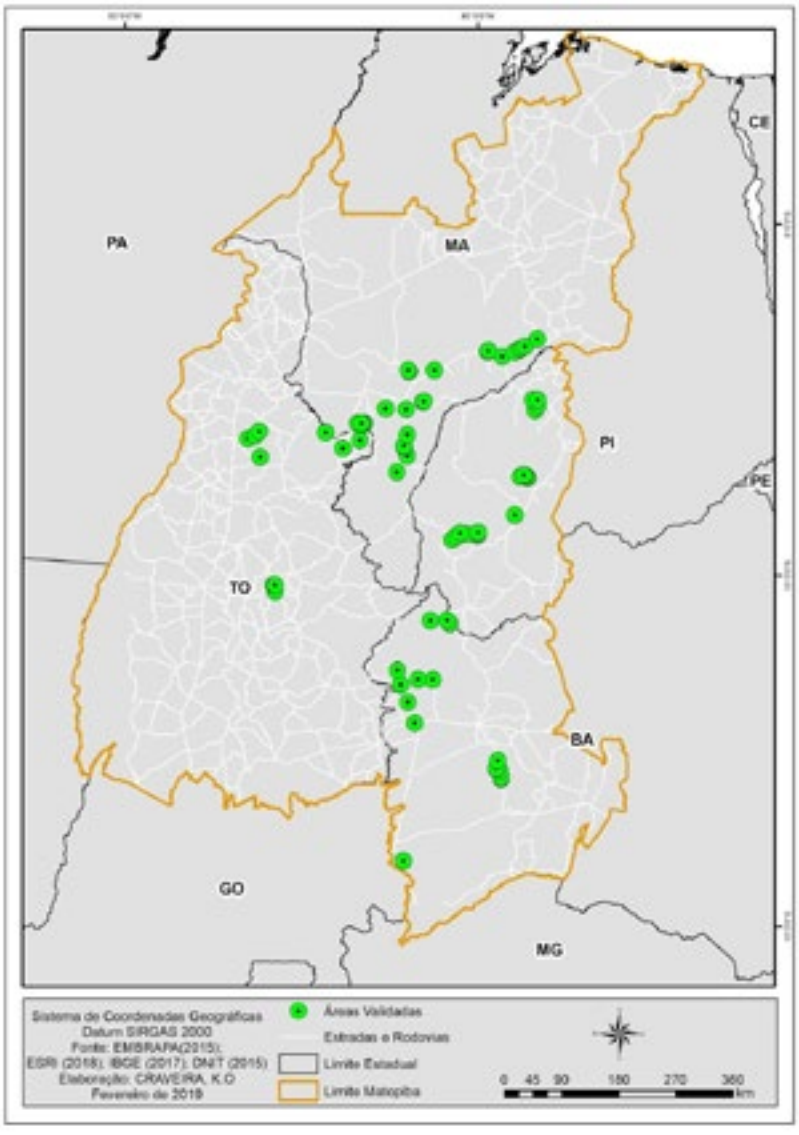


Figura 2 – Áreas para validação em campo no Matopiba

3. Resultados e Discussão

3.1. Antropização e Produção

Os estados com maiores taxas de desmatamento/antropização foram Maranhão e Bahia, sendo Formosa do Rio Preto – BA o município que possui o maior valor de área desmatada acumulada até 2017, com aproximadamente 140.000 hectares.

O intervalo de 2010 a 2013 concentrou as maiores taxas de desmatamento para os dois estados, sendo verificado para o Maranhão mais de 450.000 hectares e para o estado da Bahia um valor de mais de 380.000 hectares nos referidos anos.

De acordo com os dados do Projeto Jalapão, citado por BRASIL[3], entre os 10 municípios que mais antropizaram o Cerrado entre 2013 e 2015, apenas Peixe – TO não compõe o limite do Matopiba utilizado neste estudo, porém, para o limite oficial disposto pela Portaria Nº 244 de 12 de novembro de 2015 todos os citados encontram-se compreendidos.

Tabela II –Municípios com os maiores valores de área antropizada entre 2013 e 2015

Municípios	UF	Antropização (13-15) km²
São Desidério	BA	337,02
Jaborandi	BA	295,27
Formosa do Rio Preto	BA	271,66
Uruçuí	PI	228,65
Balsas	MA	206,95
Grajaú	MA	200,01
Baixa Grande do Ribeiro	PI	187,42
Cocos	BA	183,64

Correntina	BA	165,64
Peixe	TO	165,31

Em relação a áreas desmatadas para fins agrícolas, Bolfe et al. (2017) comenta que os estados do Maranhão e Piauí se destacam com o maior percentual de expansão da agricultura sobre terras desmatadas em períodos mais recentes, enquanto que a expansão da agricultura de larga escala no Tocantins e na Bahia utilizou maior percentual de terras desmatadas anteriores à 2002.

Segundo Carneiro Filho e Costa (2016), no Matopiba, a área de soja aumentou de 1 milhão para 3,4 milhões de hectares, ou seja, um crescimento de 253% no período de 2000 a 2014, sendo a maior parte sobre os remanescentes: 68% (0,78 milhão de hectares) entre 2000 e 2007, e 62% (1,3 milhão de hectares) no período seguinte, entre 2007 e 2014, principalmente no Maranhão e no Piauí.

Na Figura 3 estão representados os dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, referentes a safra municipal da soja entre os anos de 2007 e 2017, expressos em tonelada e filtrados apenas para as cidades do Matopiba compreendidas neste estudo. A produção dos municípios da Bahia foi calculada em aproximadamente 36.195.321 toneladas, representando 44,2% da soja produzida no Matopiba neste intervalo temporal.

Somente no ano de 2017, foram produzidas 11.793.134 toneladas de soja nos limites territoriais do Matopiba, sendo a Bahia seu maior expoente e suas áreas produtivas concentradas no oeste do Estado.

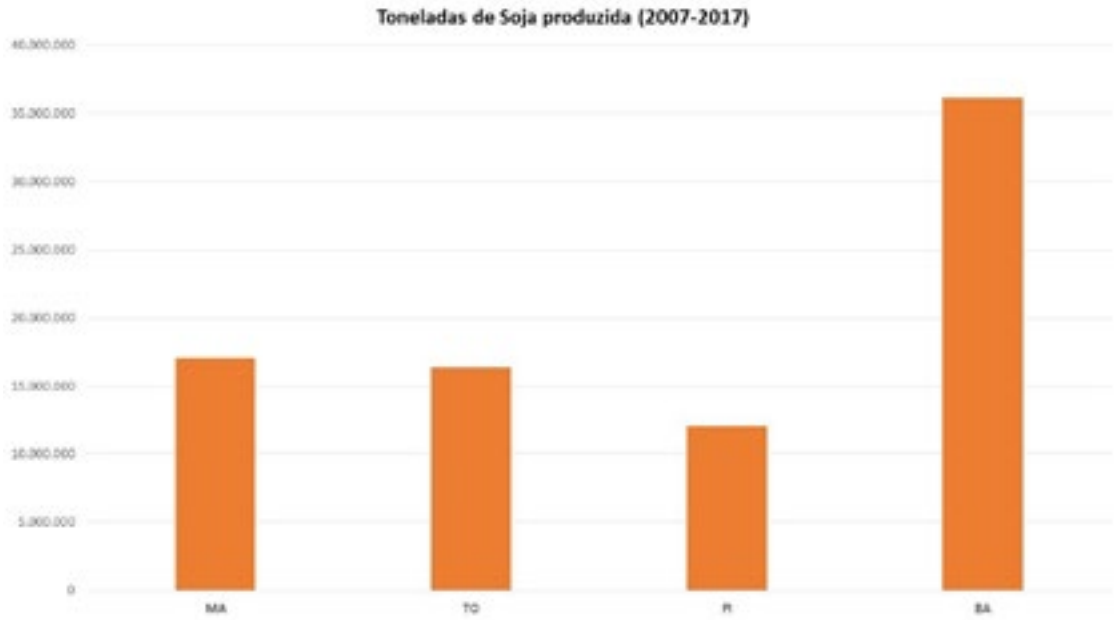


Figura 3 – Soja em Toneladas no Matopiba (2007-2017)

Em relação às empresas atuantes nos processos de esmagamento para a produção de farelo e óleo, ração e outros produtos derivados da soja, Heredia et al. (2010) cita as principais tradings presentes no Brasil, denominadas A, B, C, D (ADM, Bunge, Cargill e Dreyfus). O autor ainda expõe questões relacionadas ao capital internacional aplicado no ramo agroindustrial brasileiro, caracterizando um forte processo de concentração econômica e desnacionalização do setor.

3.2. Alvos Validados

Todos os 86 alvos selecionados para apuração durante as análises visuais foram validados, sendo 62 deles com resultados positivos para a conversão de vegetação primária para atividade economicamente ativa através do plantio de soja, representando assim, 72 % de acerto. 13 alvos foram identificados como plantio de milho, correspondendo à 15% das validações e, 11 áreas caracterizaram-se por solo exposto, sem atividade econômica aparente,

correspondendo à 13% das áreas selecionadas. A figura 4 ilustra o processo de avaliação visual de uma dada área e seu registro de validação em campo aplicada neste estudo:

Figura 4 – Área de vegetação primária convertida em plantio de soja

3.3. Exportações

Entre os países compradores dos últimos 10 anos da soja do Matopiba encontram-se Alemanha, Indonésia, Holanda, Tailândia e China, com destaque para este último que, representa o maior comprador da soja produzida nesta região. Somente no ano de 2018, a China importou 5.189.717 toneladas de produtos oriundos da soja. A distribuição dos países compradores é ilustrada na figura 5 a seguir:

Figura 5 – Países compradores de soja do Matopiba em 10 anos (2008-2018)

4. Considerações Finais

Mesmo sendo uma região de agricultura consolidada, a Bahia ainda está entre os Estados que mais desmatam no Cerrado nos últimos anos. De acordo com o projeto Terra Brasilis, desenvolvido pelo INPE (2018), entre os dez municípios que mais desmataram entre 2001 e 2017 no Cerrado, 7 deles estão no Matopiba e as três primeiras colocações se referem à municípios da Bahia, que juntos somam 1.088.200 de hectares de vegetação primária desmatada.

De modo geral, as mudanças na paisagem do Matopiba são perceptíveis e as relações entre o modelo econômico agrícola vigente e as ações de proteção e conservação do ecossistema muitas vezes conflituosas. As Unidades de Conservação, por exemplo, devem ser interpretadas como um benefício à população e não uma barreira de "desenvolvimento". A questão no momento é desmistificar o entendimento de que a prosperidade socioeconômica é

advinda através da exaustão dos recursos naturais, visto a contradição desta acepção devido a dependência das atividades base em relação às condições ambientais do meio como clima, regime de chuvas, polinizadores entre outros.

O monitoramento da paisagem do Matopiba tornou-se viável pela disponibilidade de dados espaciais públicos que permitiram traçar análises micro para fomentação de uma análise macro, possibilitando o delineamento de uma caracterização da região através do uso de diversas geotecnologias e proporcionando uma visão panorâmica da área de interesse.

5. Referências Bibliográficas

BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. C.; CONTINI, E.; BAYMA-SILVA, G.; SPINELLI-ARAÚJO, L.; GOMES, D. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, 2017. MATOPIBA. Análise do uso da terra e a produção agrícola. Santos, 2017.

BRASIL[1]. **Ministério do Meio Ambiente. Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - 2ª Fase (2014 – 2015)**. Brasília, 2014.

BRASIL[2]. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria no 244 de 12 de novembro de 2015**. Municípios abrangidos pelo Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 13 de mar. de 2015; p.8.

BRASIL[3]. Ministério do Meio Ambiente. **Prevenção e Controle do Desmatamento**.

Disponível em: <http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/analises-no-cerrado>. Acesso: 04/04/2018.

CARNEIRO FILHO, A.; COSTA. K. **A expansão da soja no Cerrado**. Caminhos para a ocupação territorial, uso do solo e produção sustentável. São Paulo, 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sobre Matopiba**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-matopiba/sobre-o-tema>. Acesso: 29/03/2018

HEREDIA, B.; PALMEIRA, M.; LEITE, S. P. Sociedade e economia do "agronegócio" no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**. Vol. 25, No 74, p. 159-176, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Disponível em:<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 17 abril. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Monitoramento do Desmatamento no Cerrado Brasileiro por Satélite**. Disponível em:<http://www.obt.inpe.br/cerrado/>. Acesso em: 21 janeiro. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A UTILIZAÇÃO DE GEOMORPHONS PARA A DETERMINAÇÃO DOS ATRIBUTOS DE RELEVO DO MUNICÍPIO SANTIAGO/RS

Marinéli Moraes Gaeberti [(a)], Marizete Palhano Chaves [(b)] Luis Eduardo de Souza Robaina [(c)]

(a) Geografia /Bolsista PIBIC/ Universidade Federal de Santa Maria, marineleorais@hotmail.com
(b) Geografia /Bolsista PROBIC/ Universidade Federal de Santa Maria, dmldl82@hotmail.com
(c) Departamento de Geociencias / Universidade Federal de Santa Maria, lesrobaina@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologia e modelagem aplicada a estudos ambiestais

Resumo

O presente trabalho identifica elementos do relevo no município de Santiago, a partir de técnicas automatizadas. Ocorrem 10 elementos de relevo, sendo os mais significativos as encostas, a base de encosta e as crsistas secundárias caracterizando o relevo do muncípio como ondulado. A técnica se mostrou eficiente permitindo identificação dos diferentes elementos que podem ser observados em campo.

Palavras chave: Relevo, Santiago, Geomorphons

1. Introdução

A parametrização da morfologia do relevo por meio de SIG é o processo de extração de atributos quantitativos da topografia. Através dos algoritmos médios pode-se, através de técnicas computacionais, classificar e mapear elementos do relevo (*geomorphons*). Trabalhos que utilizam essa mesma metodologia foram desenvolvidos por Robaina et al (2016, 2017) e Silveira et al (2018). Nesse trabalho identificou-se os elementos do relevo no município de Santiago/RS, localizado latitude de 29º 11’ 30’’ e 28º25’36” sul e a uma longitude de 54º11’ 30’’ e 54º50’39’’oeste, na região Centro-Oeste do Rio Grande do Sul (Figura1).

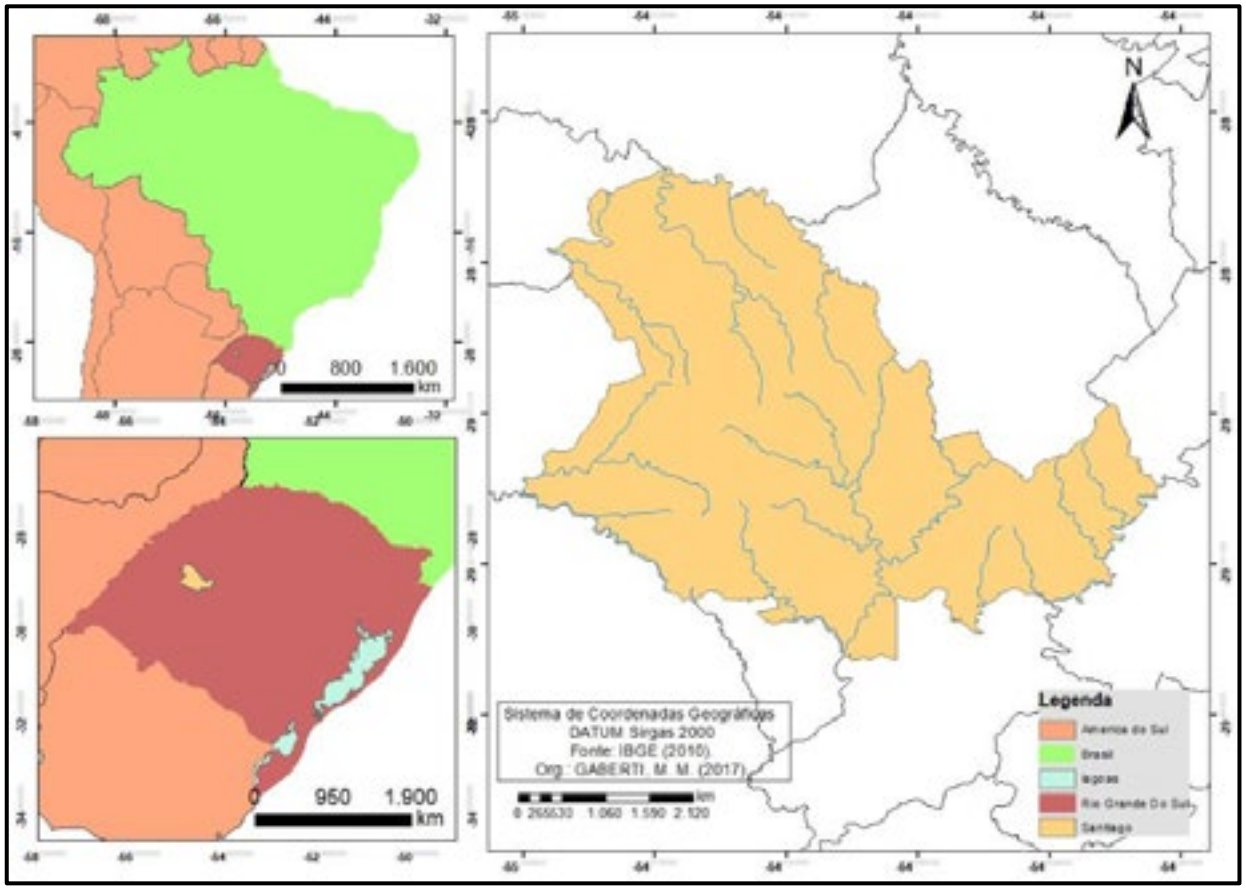


Figura 1:Mapa de Localização de Santiago/RS Org.: os autores

2. Materias e métodos

Os elementos do relevo são classificados em 10 formas básicas definidos como geomorphons o plano (flat), pico (peak),crista (ridge),ressalto (shoulder), crista segundaria (spur),encosta (slope), fosso (hollow), vale (footslope), base da encosta (valley), escavado (and pit)), obtidos através dos algoritmos médios por técnicas computacionais. A metodologia aplicada na definição dos geomorphons é baseada na proposta de Jasiewicz & Stepinski (2013). A aplicação exige um conjunto de dados raster e dois valores escalares, livres, como parâmetros. O arquivo de entrada para a varredura é uma MDE,os dois parâmetros livres são lookup "L" (distância em metros ou célula unidades) e thresholdt (nivelamento em graus). Para os parâmetros livres, aplicou-se valor de "L" igual a 20 pixels (1800 metros) e graus "t" igual

a 2º. Após o processamento dos MDEs em ambiente online foi definido as 10 classes de geomorphons no programa ArcMap10.4.1 para a realização do layout final.

3.Discussão dos resultados

A distribuição espacial dos elementos de relevo (geomorphons), classificados em 10 unidades, conforme observação do mapa da figura 2. Os elementos de relevo, no município de Santiago, destacam-se as encostas, ocupando 564.4024 km^2 do município, posteriormente a base da encosta ocupando 503.0836 km^2, e crista secundaria com 465.4024 km^2 do total do município que tem uma área de 2413.9559 km^2, refletindo o relevo de colinas onduladas.

A drenagem desenvolve-se, predominantemente, em elementos de relevo de vales, ocorrendo associados elementos de relevo que marcam rebaixamentos na meia encosta, sendo que os vales ocupam 8.0549 km^2 do município. As áreas planas ocorrem somente em 5.8720 km^2 se caracterizam por formas sem elevações acentuadas, essa pequena área ocupada pelas áreas planas se dá pelo município não ter a presença rios de grandes ordens.

Já os ressaltos ocupam uma área de 21.2157 km^2 e as cristas laterais 389.6412 km^2 sendo que estes estão relacionadas a topos estreitos e alongados, os picos ocupam uma área de 55.0316km^2 e os escavos estão presentes em 59.1672 km^2 sendo que esse estão relacionados a ocorrências de elementos de picos no topo da encosta, rebaixamentos e cavidades na meia-encosta. Os fossos ocorrem em uma área de 335.7435 km^2 tendo como característica principal uma inclinação acentuada no centro da encosta conforme tabela I.

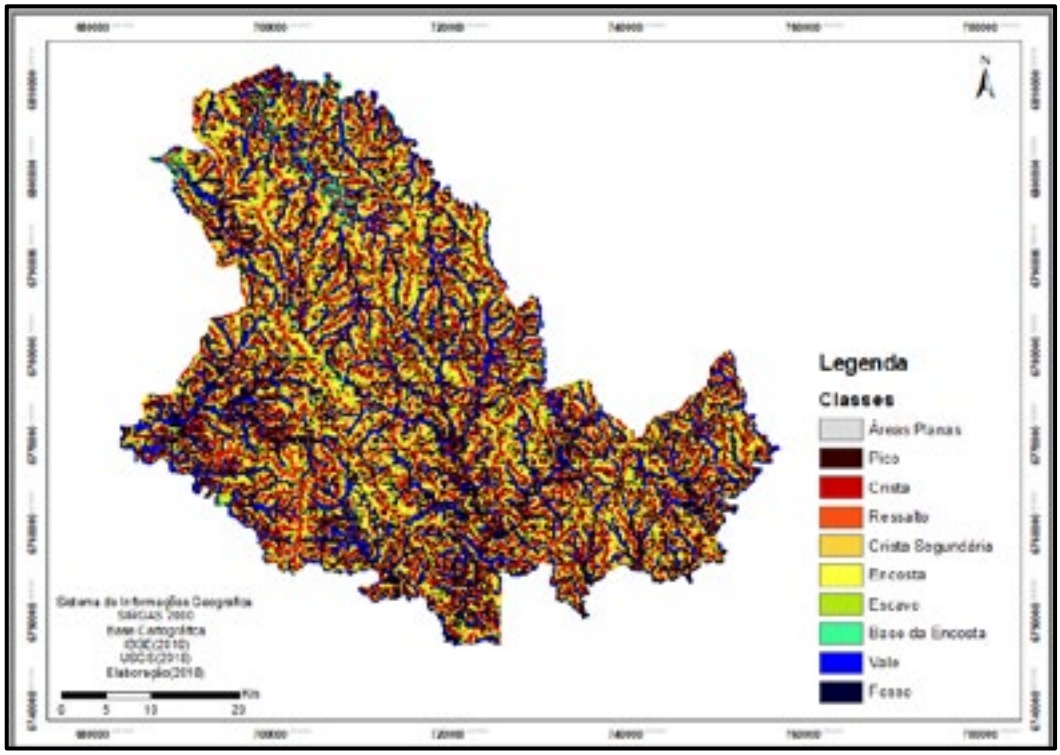


Figura 2: Distribuição espacial dos geomorphons em Santiago/RS Org.: os autores

Tabela 1: Representação da área e forma dos geomorphons Org.: os autores

Geomorphos	Área Km²	Foram da Encosta
Plano	5.8720	
Pico	55.0316	
Crista	389.6412	
Ressalto	21.2157	
Crista segundaria	465.4024	
Encosta	564.4024	
Fosso	335.7435	
Vale	8.0549	
Base da Encosta	503.0836	
Escavo	59.1672	

4.Considerações Finais

A proposta de identificação dos elementos do relevo, denominados geomorphons, se mostrou uma técnica bastante eficiente na delimitação de diferentes compartimentos de relevo do município de Santiago pois representou as distintas peculiares e características que correspondem a elementos de relevo reconhecidas em campo.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa de iniciação cientifica, ao professores e colegas do LAGEOLAM pela colaboração na construção do presente artigo.

Referências Bibliográficas

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. **Example-Based Retrieval of Alike Land-Cover Scenes From NLCD2006 Database, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters** 10(1). 2013, pp. 155-159.

ROBAINA, L.E.S; TRENTIN, R.; LAURENT, F. **Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorhons obtidos em classificação topográfica automatizada**. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.17, n.2, p.287-298, 2016.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. **Índice de Posição Topográfica (IPT) para classificação geomorfométrica das formas de relevo no estado do Paraná - Brasil**. Revista Ra'e Ga, v. 41 Temático de Geomorfologia, p. 98-130, 2017. DOI: 10.5380/raega. v41i0.51674

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A DETECÇÃO DE MUDANÇA ANUAL E DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO

Kaio César de O. Tavares [(a)], Alberto Santana da Cruz [(b)], André Felipe da Silva [(c)], Riclaudio Silva Santos [(d)], Daniel Rodrigues de Lira [(e)].

(a) Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPE, E-mail: kaioc17@gmail.com
(b) Departamento de Geografia Itabaiana - UFS, E-mail: alberto_santana113@hotmail.com
(c) Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPE, E-mail: andregeoredes@gmail.com
(d) Departamento de Geografia Itabaiana - UFS, E-mail: riclaudio.silva@hotmail.com
(e) Departamento de Geografia Itabaiana - UFS, E-mail: dniellira@ufs.br

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Aplicada aos Estudos Ambientais

Resumo

O mapeamento do uso da terra é essencial para acompanhamento dos processos de reconstruções continuada da paisagem, sendo útil para definição de estratégias de utilização dos recursos naturais. O presente artigo relata pesquisa dedicada a compreender a dinâmica da cobertura vegetal a partir de mudanças climáticas. Várias técnicas já foram utilizadas com o objetivo de determinar quantitativamente e qualitativamente o estado da vegetação a partir de imagens de satélite e índices de vegetação foram desenvolvidos para auxiliar neste mapeamento e otimizar os parâmetros presentes nas medidas multiespectrais utilizadas com esse fim. Este trabalho teve como objetivo mapear a vegetação da Microrregião de Itabaiana - SE, classificando os índices de vegetação e detectar mudanças ocorridas, foi possível identificar que as mudanças ocorridas na vegetação no período de um ano estão associadas as diminuições nos índices de precipitação causada possivelmente em escala local pelo desmatamento associadas a expansão urbana e mudanças globais associadas a eventos de el niño.

Palavras chave: Geoprocessamento; NDVI; Vegetação

1. Introdução

A evolução e dinâmica da paisagem é um processo contínuo podendo ocorrer por processos naturais e/ou ações antrópicas. Nos dias atuais é possível acompanhar essas mudanças por meio do incremento de ferramentas geotecnológicas permitindo assim uma espacialização de informações necessárias para as ações gerenciais.

O mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal recebem consideráveis impulsos nas últimas décadas atreladas a implementações das políticas de combate ao desmatamento, aliada ao melhoramento do processamento digital de imagens. Segundo Fonseca (2000), o uso das imagens de satélites funciona como fonte importantes de obtenção de informações para produção de dados cartográficos.

A utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento nas análises ambientais têm se tornado uma prática cada vez mais frequente entre as diversas áreas de pesquisa. No caso do uso do solo e da cobertura vegetal, estas técnicas contribuem de modo expressivo para a rapidez, eficiência e confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação, bem como vários outros fatores que podem ocasionar modificações na vegetação (ROSENDO, 2005).

A vegetação é caracterizada por uma intensa absorção de energia, devido à clorofila na região do vermelho (0,58 a 0,68μm) e por uma intensa reflexão na faixa do infravermelho próximo (0,76 a 1,35 μm) causada pela estrutura celular das folhas. A diferença entre as bandas do vermelho e infravermelho é proporcional à reflectância da imagem, sendo a medida do grau da vegetação na imagem, este comportamento dos objetos frente à radiação eletromagnética (REM), é chamado de assinatura espectral do comprimento de onda (**λ).** Conforme é avaliada as faixas de comprimento/frequência diferentes, os objetos se comportaram de maneira diferente, notado que cada objeto tem seu próprio comportamento em relação a essas duas faixas assim permitindo diferenciá-los.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com o avanço nas pesquisas e gerações de novos sensores orbitais e sua distribuição de formas mais acessível aos usuários, tornaram as imagens de satélite um dos produtos do sensoriamento remoto mais utilizados para análises da cobertura vegetal terrestre. Segundo PONZONI (2001), essas tecnologias permitiram a contribuição de mapeamento, monitoramento, fiscalização e controle da cobertura vegetação de grandes extensões de áreas da superfície da terra.

Utilizando a técnica do NDVI no processamento, permite uma análise de dados detalhadas, pois tal técnica permite a exploração das propriedades espectrais de absorção da vegetação, que se diferencia nos comprimentos de onda **(**λ), a partir da refletância de cada objeto localizado no espaço. Assim a vegetação absorve o comprimento de onda mais visível por causa da clorofila, tendo seu pico de refletância no infravermelho, dependendo assim da autonomia da folha.

O NDVI tem, portanto, uma relação direta com o vigor da vegetação, sendo assim, é possível o mapeamento de áreas com diferentes índices de cobertura vegetal e vigor de biomassa. Levando em consideração as variações sazonais e interanuais ligadas a planta. Segundo Moreira (2005), os dados de reflectância dos alvos podem ser transformados em índices de vegetação, os quais foram criados com o intuito de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre,

O objetivo desse trabalho foi mapear e determinar os valores da cobertura vegetal, detectando e comparando os valores das proporções de áreas degradadas e áreas sem cobertura vegetal, associando a mudanças naturais e/ou antrópicas, corroborando na mudança da paisagem.

2. Material e Métodos

Para a realização deste estudo foram realizados múltiplos procedimentos metodológicos a saber: pesquisa documental, bibliográfica e utilização de produtos e técnicas

ISBN: 978-85-7282-778-2

de sensoriamento remoto e geoprocessamento, na finalidade do tratamento das as imagens de satélites.

Para o mapeamento da vegetação foram utilizadas duas cenas do satélite Landsat 8, sensor OLI/ TIRS, disponibilizadas gratuitamente a primeira pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de 16 de novembro de 2015 e a segunda 24 julho de 2016, por meio do *United States Geological Survey* (USGS), Site <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Ambas de pontos e orbitas: 215/67. A escolha foi feita tomando como referência a distância de tempo a ser analisado e com pouca cobertura de nuvens para facilitar a identificação dos alvos.

Cada banda espectral do satélite Landsat 8 OLI/ TIRS, possui uma resolução de 30m (com exceção das bandas 8 (15m) 10 e 11(100m)). Isto é, cada pixel congrega uma área quadrangular de 30X30m. Assim podem comportar mais que um "corpo terrestre", ou seja os corpos refletem a energia solar de formas distintas, podendo diferenciá-los. Para o processamento dos dados deste trabalho, foi utilizado o pacote de *software* ArcGIS, a partir da licença pessoal.

O cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI, foi obtido da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo e do vermelho, por meio da seguinte equação:

Equação (1)

$$NDVI = (\mathbf{A}-\mathbf{B}) / (\mathbf{A}+\mathbf{B})$$

Equação do *Normalized Difference Vegetation Index*. (1)

Onde: **A** é a reflectância no infravermelho próximo; **B** é a reflectância no vermelho.

Para melhor visualização propomos uma divisão do resultado a partir do percentual do obtido pelo cálculo do NDVI, dividindo em seis classes. Para classificação supervisionada foi utilizada a técnica de Máxima Verossimilhança (Maxver), método que considera a ponderação das distâncias entre medias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, a

qual dirão a probabilidade de um pixel pertencer ou não a uma determinada classe, levando em consideração a distribuição espectral, assim permitindo uma melhor exatidão na separação de classes, sendo mais apropriada para o mapeamento de uso da terra.

3. Resultados e Discussões:

A área de estudo compreende a microrregião do Agreste de Itabaiana, localizado no estado de Sergipe a área engloba sete municípios: Itabaiana, Areia Branca, Campo do Brito, Malhador, São Domingos, Moita Bonita e Macambira (Figura 1).

Essa região está situada em uma zona de transição (Agreste) entre dois biomas a Mata Atlântica e Caatinga, porém ocorrem interseções desses biomas em alguns segmentos na paisagem, compreendendo o caso do Parque Nacional da Serra de Itabaiana, onde encontram-se enclaves dos dois Biomas e espécies endêmicas.

A faixa tropical possui um caráter climático irregular na precipitação pluviométrica, que decresce do litoral para o sertão semiárido. No litoral leste são observadas isoietas superiores a 1600mm/anuais, enquanto no semiárido a precipitação pluviométrica anual é inferior a 800mm/anuais decaindo para menos de 500mm/anuais delimitando as principais zonas climáticas.

ISBN: 978-85-7282-778-2

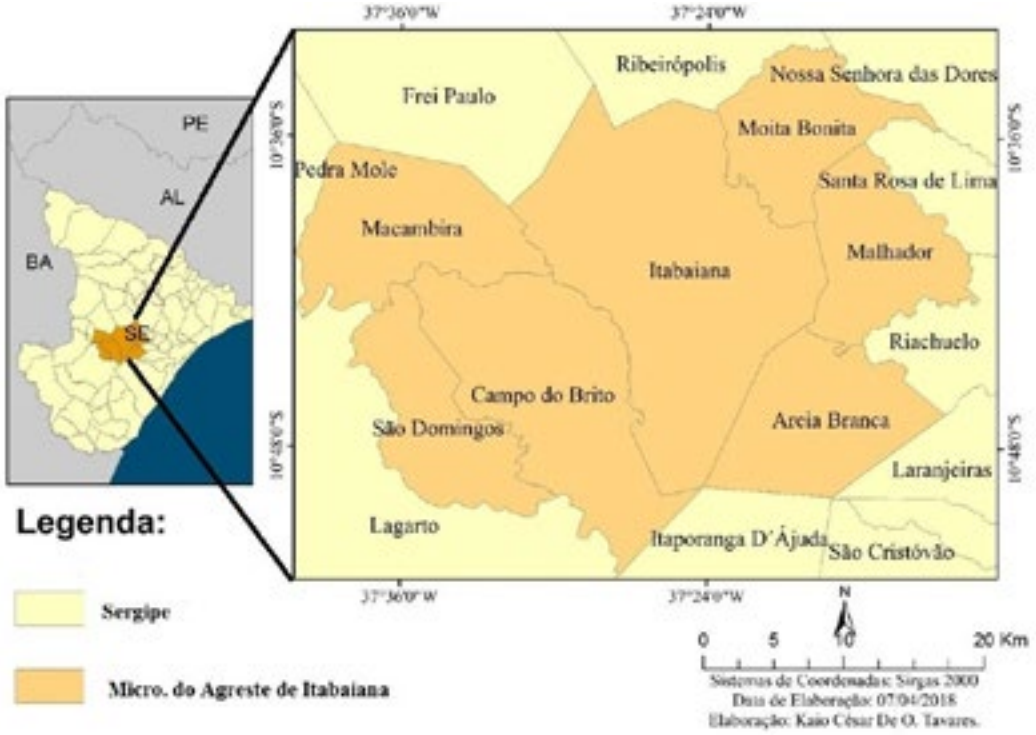


Figura 1: Localização da Microrregião do Agreste de Itabaiana. Fonte: O Autor, 2017.

Como a microrregião do Agreste de Itabaiana é uma área de transição então acaba sofrendo interferências em sua dinâmica pluviométrica, que corroboram na mudança da condição da vegetação transformando a paisagem.

Com cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index – NDVI* efetuado, conseguimos uma melhor classificação nos índices dos corpos devido sua refletância, com o auxílio a técnica de Máxima Verossimilhança – Maxver. Assim os corpos foram devidamente identificados, permitindo uma classificação mais precisa. A seguir mostrando como a cobertura vegetal se distribuía em novembro de 2015 (Figura 2).

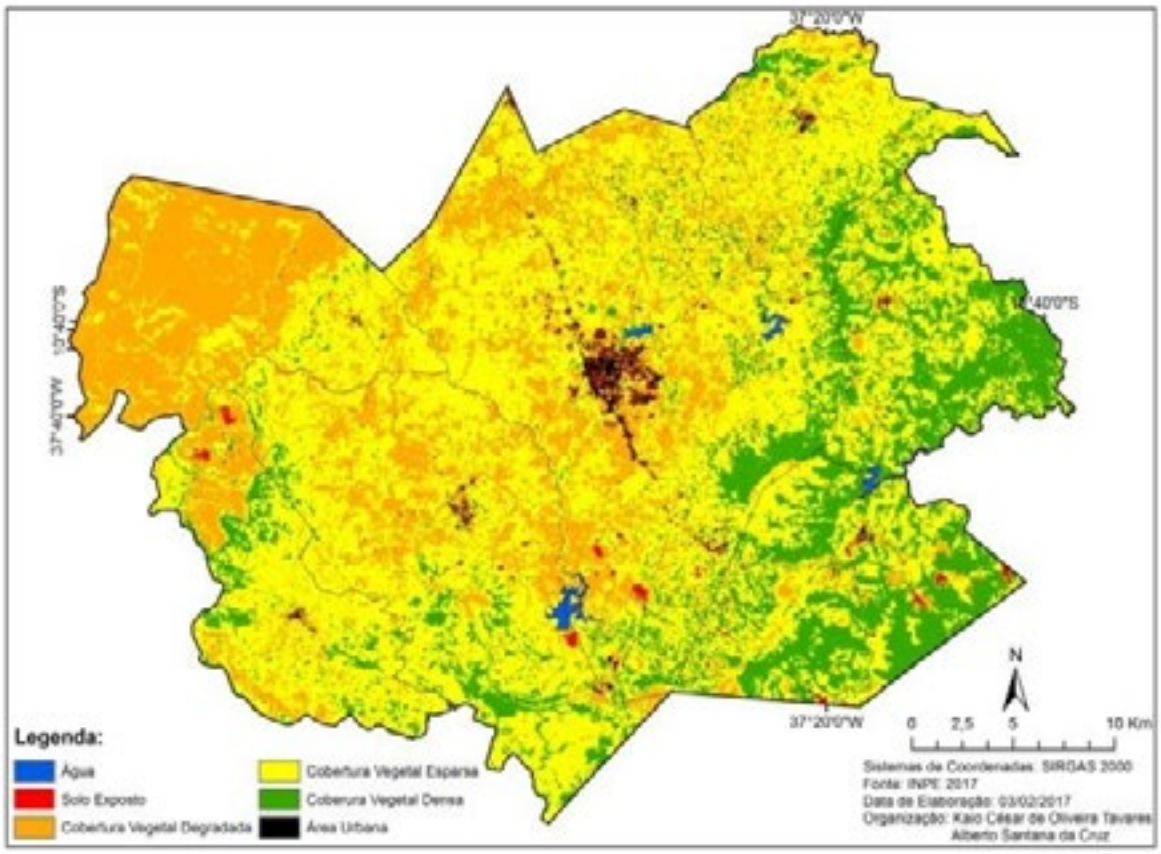


Figura I: Localização da Microrregião do Agreste de Itabaiana. Fonte: O Autor, 2017.

Desde o ano de 2014 a área sofreu com os baixos níveis pluviométricos, a escassez de chuvas de acordo com à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH do estado de Sergipe, quais corroboraram na mudança dos índices vegetativos. Foi feito um levantamento dos dados pluviométricos dos respectivos meses das imagens analisadas, a partir da estação Ribeira, localizado no próprio município de Itabaiana – SE (Tabela 1), mostrando os índices de precipitação mensal para a região auxiliando na veracidade do cruzamento de dados.

Tabela I. Índice de precipitação das Imagens Analisadas Org. O autor (2018) – Fonte: COHIDRO

ISBN: 978-85-7282-778-2

Precipitação Referente aos Meses de:	
Novembro, 2015	Julho, 2016
0.1mm	53mm

A média de precipitação entre os meses de fevereiro a marco de 2016 foi de 173mm, e de junho a agosto foram os meses mais chuvosos do ano de 2016 a média foi de 186mm, bem abaixo do normal para a região.

Segundo a SEMARH (2016) a explicação se dá como resultado da influência da subsidência decorrente da célula de Walker e Hadley gerada pelo El Ninõ, sobre partes dos setores do NEB (Nordeste do Brasil), Em especial, Sergipe e Alagoas, refletindo na anomalia de precipitação.

No final do ano 2016, o fenômeno El Ninõ encontrava-se em declínio no pacífico Equatorial especialmente adjacente à costa da América do sul. Porém, ao longo desse período, o fenômeno apresentou importantes anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na porção central e oeste do Pacífico Equatorial (SEMARH 2016).

Fenômeno este que interferiu na influência da distribuição pluviométrica sobre o Brasil nos meses subsequentes. O resultado desse longo período de chuvas escassas e ação antrópica, corroboraram para um comportamento diferenciado na cobertura vegetal transformando o contexto biótico (Figura 3).

ISBN: 978-85-7282-778-2

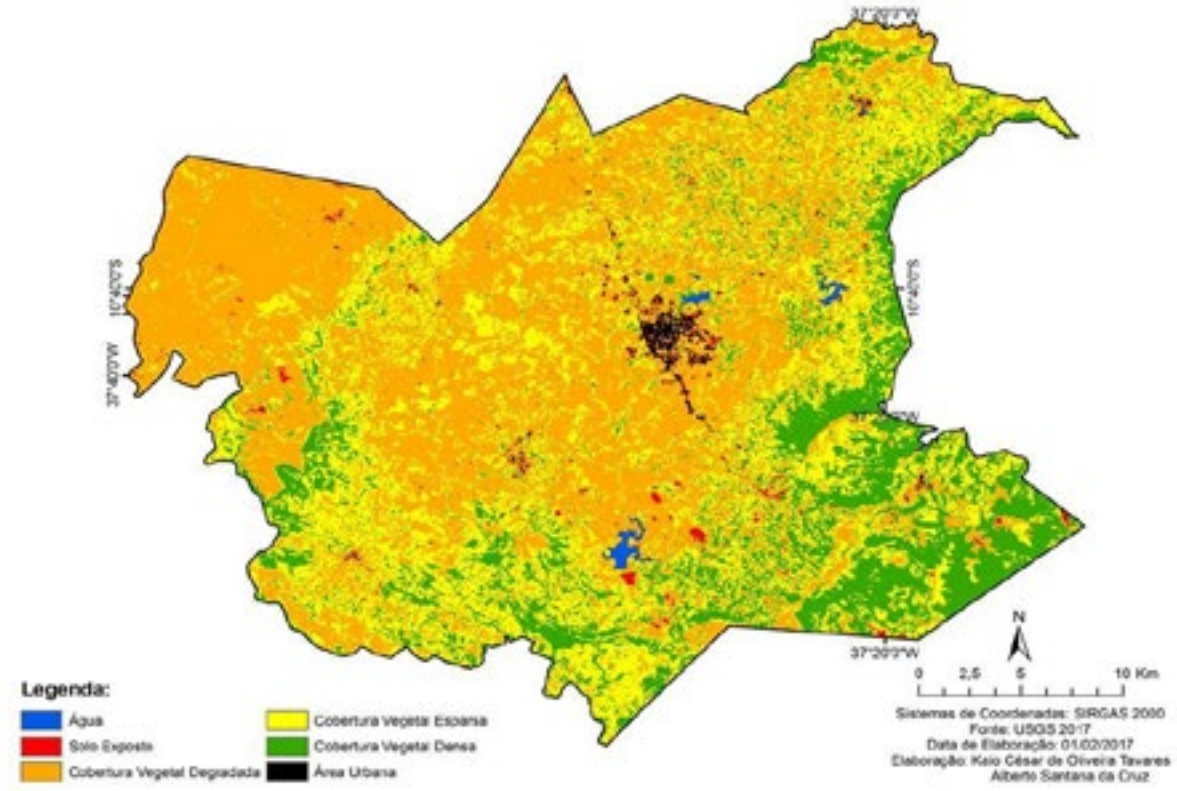


Figura III - Cobertura vegetal da Microrregião do Agreste de Itabaiana 2016. Fonte: O autor, 2017.

Os valores obtidos NDVI e a classificação pelo método estatístico da Maxvier, auxiliou no fatiamento dos valores e delimitação da classificação da imagem. Com os valores do índice de Vegetação foi possível avaliar as condições da cobertura vegetal, em aproximadamente um ano houve o aumento da classe solo exposto, tantos pelas ações naturais como a escassez hídrica e antrópicas nas zonas de expansão urbana.

Nas áreas que ocorrem as manchas de solo exposto existe a preocupação, tanto na recuperação da cobertura vegetal, quanto na perda do solo arável, o que pode provocar grandes níveis de degradação ambiental. Para Souza (2008), a retirada da vegetação é a ação mais comum que pode desencadear o processo de erosão e processos futuros a desertificação.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A classe Cobertura Vegetação Densa diminuiu em torno de 27 km² (Quadro 2), situação crítica, se advertimos que são resquícios de Mata Atlântica podendo levar a desaparecimento de espécies da fauna e flora local. Observou-se também uma diminuição dos valores dos corpos de água, porém já esperado devido à falta de chuvas.

Tabela II– Índices de Refletância dos Objetos por Pixel Convertidos em Km². Fonte: Autor (2018).

Ano	**2015**	**2016**
Classe		
Água	4,22 km²	3,67 km²
Solo Exposto	4,01 km²	5,21 km²
Cobertura Vegetal Degradada	286 km²	495,35 km²
Cobertura Vegetal Esparsa	590,85 km²	313,12 km²
Cobertura Vegetal Densa	199,04 km²	172,69 km²
Área Urbana	9,64 km²	10,31 km²

Os valores da Cobertura Vegetal Esparsa reduziram uma vez que esta passou a se enquadrar na categoria de Cobertura Vegetal Degradada, quase dobrando a sua área, passando de aproximadamente 286 km² para um valor em torno de 495 km². Como podemos observar os valores referidos a quantidade de pixel, que foram convertidos em valor de quilômetros quadrados (km²), para melhor compreensão correspondente para cada classe nos anos analisados em 2015 e 2016.

4. Considerações Finais:

ISBN: 978-85-7282-778-2

A elaboração dos mapeamentos das condições da vegetação, a partir da utilização do *Normalized Difference Vegetation Index – NDVI* no processamento das imagens, aliado a *técnica de Máxima Verossimilhança – Maxver*, reorganizando a distribuição espacial dos pixels proporcionaram resultados satisfatórios.

Os resultados obtidos para a Microrregião do Agreste de Itabaiana, usando critério comparativo no quesito da precipitação e cobertura vegetal para os respectivos anos aqui analisados, auxiliou na compreensão e leituras resultantes dos mapas. Ficando evidente que a região analisada sofreu grandes impactos, estes que transformaram a dinâmica paisagística da área, mudando o contexto vegetativo.

A falta de chuvas, associada juntamente com a pressão antrópica no aumento da degradação da área ocupada pela classe solo exposto, associamos também as zonas de forte expansão imobiliária, a retirada de cobertura vegetal e o aplainamento das terras para a construção de grandes condomínios e loteamentos consequentemente ocorre também o aumento da exploração de recursos minerais como areia, rochas e a argilas para construção civil e desmatamento para fornecimento de lenha para olarias e cerâmicas presentes na região.

5. Referências Bibliográficas:

Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, **cobertura vegetal na bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor de sensoriamento remoto na agricultura**. INPE, São Jose dos Campos,1984. dissertações/2005/jussara_santos.pdf>

COHIDRO. **Banco de Dados Pluviométricos de Sergipe**. Disponível em: http://cohidro.se.gov.br/. Acesso em: 03/03/2017

FLORENZANO, T.G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**, Oficina de Textos, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Introdução ao Processamento Digital de Imagens. Manuais Técnicos em Geociências, no. 9, 2001.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

PREVIDELLI, I.T.S. **Estimadores de máxima verossimilhança corrigidos para modelos super dispersados não lineares**. São Carlos: UFSC. Tese de Doutorado em Economia. 2004.

RICHARDS, J.A. **Remote Sensing Digital Image Analysis**, Second Edition, New York: Wiley, 1993

ROSENDO, J. S., ROBERTO, R**. Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e Uberlândia. Natal**: INPE, 2009. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/pósraduação/

ROSENDO, Jussara dos Santos. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari-MG – utilizando dados do sensor MODIS**. Uberlândia: UFU, 2005. Dissertação de mestrado. 130f.
SEMARH. **Banco de Dados Meteorológicos de Sergipe**. Disponível em: http://www.semarh.se.gov.br/. Acesso em: 27/02/2017.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de textos**, 2002. São Paulo. 97p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª edição. 2005. Editora UFV.320p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AEROFOTOGRAMETRIA NA ANÁLISE DA ÁREA DE PROTEÇÃO PERMANENTE DO RIO OURICURI, CAPANEMA/PA

André Luis Nascimento de Oliveira[(a)], Josinara Silva Costa[(b)], Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto[(c)], Antonia Natalia Dias de Oliveira[(d)], Neuma Teixeira dos Santos[(e)]

[(a)] Discente de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, alnascimentooliveira@gmail.com
(b) Discente de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, josinarascosta@gmail.com
(c) Discente de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, cp.as.vp@gmail.com
(d) Discente de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, antonianataliadias@gmail.com
[(b)] Docente do Laboratório de Geotecnolgias, Educação Financeira & Ambiental, Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Capanema, neuma.santos@ufra.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O crescimento urbano desordenado no Brasil tem promovido a ocupação irregular de áreas legalmente protegidas, especialmente as Áreas de Proteção Permanente - APP de corpos hídricos, se configurando como um problema de planejamento que acarreta danos socioambientais. Deste modo, o presente trabalho objetivou analisar o uso e ocupação do solo da APP do trecho leste do rio Ouricuri, no perímetro urbano do município de Capanema-Pará, utilizando imagem de Veículo Aéreo Não Tripulado. Para tanto realizou-se 3 planos de voo ao longo da área leste do rio, sendo as imagens posteriormente processadas no *software Agisoft Metashape*. A classificação da imagem apontou que a APP do rio encontra-se 51,779% antropizada, estando em desacordo com o previsto no código florestal, quanto a obrigatoriedade da existência de mata ciliar de 30 metros nas margens de rio com até 10 metros de largura, sendo este o caso do rio Ouricuri.

Palavras chave: Geotecnologias. VANT. Áreas protegidas. Danos ambientais.

1. Introdução

O crescimento urbano desordenado no Brasil, motivado em grande parte pelo crescimento da população e das atividades econômicas, se configura como um dos

principais problemas de desenvolvimento das cidades (CUNHA; LUCENA; SOUSA, 2017). Esse cenário reflete diretamente na forma de uso e ocupação do solo nos centros urbanos, afetando áreas legalmente protegidas, como as Áreas de Preservação Permanente - APPs. Para Nascimento, Lima e Santos (2009) a ocupação de APPs tornou-se um problema expressivo de planejamento urbano, uma vez que envolve questões de ordem socioeconômica, política e ambiental.

O Código Florestal (Lei 12.651/2012) conceitua essa área como sendo de grande relevância ecológica, coberta ou não por vegetação nativa, tendo como principais funções a preservação de corpos hídricos, paisagem, biodiversidade e a estabilidade geológica, facilitando o fluxo gênico da fauna e da flora, além de proteger o solo e promover o bem-estar das populações humanas.

Nesse sentido, o monitoramento e o gerenciamento do uso e formas de ocupação dessas áreas são fundamentais para que se assegure os serviços ambientais e a qualidade do ambiente para a promoção do bem-estar humano. E para o alcance destes objetivos, as geotecnologias se apresentam como uma importante ferramenta, em que de acordo com Leite, Leite e Clemente (2010) são fundamentais para fiscalizar e realizar análise ambiental, contribuindo no gerenciamento, monitoramento e apontando soluções para as formas de uso e ocupação do solo. Cunha, Lucena e Sousa (2017) ainda afirmam que as geotecnologias auxiliam *"de forma prática e eficiente, na coleta, armazenamento, manipulação, tratamento, análise e apresentação de dados geográficos"*.

Porém, quando se trata de zonas urbanas que se caracterizam por serem áreas mais heterogêneas - requerendo mapeamentos mais complexos - imagens de média resolução espacial são insuficientes para mapear a cobertura do solo, haja vista a existência de feições com dimensões menores que a área de um pixel (ZHOU; TROY, 2008). Neste aspecto, o avanço tecnológico, tem propiciado o uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para aquisição de imagens, uma vez que eles se adaptam a

necessidade dos projetos, levando em consideração aspectos como resoluções, escalas e tipos de sensores (MORGAN; GERGEL; COOPS, 2010).

Deste modo, o presente artigo objetiva analisar o uso e ocupação do solo da APP do trecho leste do rio Ouricuri, no perímetro urbano do município de Capanema, Pará, utilizando imagem de VANT.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

O Município de Capanema (01º 11' 45" S; 47º 10' 51" W) está localizado na Mesorregião do nordeste paraense, à 160 km distante da capital do estado, Belém. Sua extensão territorial equivale a 614,693 km², possui população estimada em 68.616 habitantes (IBGE, 2018).

Pará (2008), afirma que a cidade desenvolveu-se no entorno do rio Ouricuri, que a princípio era ocupado por populações rurais dispersas e de baixa renda, no entanto, essa ocupação se modificou com a construção das rodovias de integração nacional e a chegada de uma indústria cimenteira na cidade. O rio ouricuri segundo Souza (2003) é considerado o principal afluente que corta o município, tendo uma extensão de 18 km, sendo que 7 km percorrem a sede municipal. A área de análise em específico é a parcela leste do rio Ouricuri, a qual corresponde a dois terços dos sete quilômetros que cortam a cidade (Figura 1).

Figura 1- Localização da área de estudo. Fonte: Autores.

2.2. Sobrevoos e obtenção de imagens

Para o planejamento de voo foi utilizada a plataforma online de planejamento e processamento de dados fotogramétricos DroneDeploy devido aos comandos instintivos de construção de voo que permitem uma boa gestão de missão completa dos parâmetros desejados como tempo de voo, sobreposição lateral e frontal das imagens capturadas, direção de voo e velocidade máxima de voo.

Foram executados 3 planos de voo com polígonos sobrepostos ao longo da faixa na área leste do município de Capanema. A altitude de voo escolhida foi de 120 m (393,700 ft) que é pouco mais baixo que o limite de 400 ft permitidos pelo Regulamento Brasileiro de Aviação Civil

Especial (RBAC –E nº 94) para pilotos sem habilitação da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Em seguida as configurações avançadas de sobreposição frontal e lateral foram ambos de 75%, acima do recomendado para que a formação do ortomosaico tivesse uma eficácia maior, uma vez que não houve levantamentos de pontos de controle em campo.

O VANT utilizado para o levantamento foi o PHANTOM 3 Advanced com 1,3 kg e possui autonomia de voo em relação a bateria de aproximadamente 23 minutos que depende das condições de vento com câmera de 12,4 M e tamanho de imagem de 4000 x 3000. O modo de exposição automática foi selecionado para a realização dos imageamentos devido ao fato do próprio sensor encontrar exposição do obturador ideal para a uniformização entre as imagens.

2.3. Processamento de dados

Esta fase de elaboração do projeto consistiu no processamento das imagens aéreas unitárias capturadas em campo para gerar um ortomosaico único que apresente dados visuais georreferenciados da superfície da Área de Preservação Permanente. Desta forma o software usado para o processamento dos dados foi o *Agisoft Metashape.*

O alinhamento de fotos é a primeira etapa a ser cumprida, nela, o software encontra pontos correspondentes nas imagens sobrepostas. Em seguida foi realizado o adensamento de pontos, onde o software gera uma nuvem de pontos mais densa capaz de expressar de forma mais exata o formato do terreno.

A terceira etapa de processamento consiste na geração do modelo de elevação digital. Por último, é gerado o ortomosaico, onde baseado na informação do modelo de elevação e a imagem da superfície do terreno captada pelos sensores é gerada a imagem final dos procedimentos aerofotogramétricos envolvidos no trabalho.

O fluxo de trabalho (Figura 2) envolvido é apresentado no esquema ilustrado abaixo:

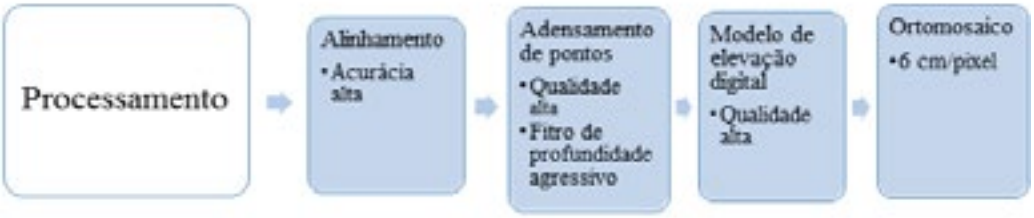


Figura 2 - fluxograma de trabalho utilizado para processamento das imagens. Fonte: Autores

2.4. Procedimento de classificação da APP

Inicialmente foi necessário definir a largura do corpo hídrico em questão, para isto foi usado o próprio ortomosaico medindo a largura do rio em diversos pontos com a ferramenta de medição do *software QGIS 2.18.27* para, então, constatar que a largura do rio chegou em um valor máximo de 10 metros. Esta informação foi importante para que fosse gerado um *buffer* de distância que equivalesse à largura máxima do rio.

De acordo com o código florestal, a área de preservação permanente para corpos hídricos de até 10 metros de largura é de 30 metros da borda do mesmo. Desta forma um segundo buffer de distância foi gerado sobre o anterior, extrapolando os 30 metros. Após definir a faixa de APP usada foi realizado o recorte da imagem com base no buffer correspondente.

O procedimento de classificação das classes de cobertura do terreno se deu por meio da fotointerpretação do ortomosaico, onde cada característica da imagem cortada foi caracterizada e agrupada seguindo e adaptando as sugestões feitas pelo IBGE (2013) no Manual técnico de uso da terra. A classificação procurou seguir e adaptar para a realidade local o sistema básico de classificação da cobertura e do uso da terra (SCUT), onde se baseou no nível II (subclasse) para a definição do terreno.

As classes adicionadas são de áreas com vegetação não nativa e superfícies alagadas. Isso se deu devido ao fato de que a área possui particularidades e informações que são importantes para compreender o terreno, como o caso da vegetação não nativa pode ser um indicativo de alguma atividade ou intervenção humana alterando a vegetação

característica florestal amazônica. Desta maneira, estas são classes consideradas estratégicas para a análise da cobertura encontrada na APP em questão. A vetorização das classes foi realizada em uma escala cartográfica de 1:500 devido à altíssima resolução espacial da imagem, onde os alvos podem ser identificados com detalhes e clareza.

3. Resultados e discussão

A Tabela I descreve as áreas correspondentes às classes definitivas, onde mostra uma área de vegetação florestal pouco expressiva de 43,872 %, sendo as áreas antropizadas correspondentes a 51,779% (divididas em áreas agrícolas (cultivos temporários diversificados e perenes) e não agrícolas - área urbanizada e área de vegetação não nativa, que corresponde a áreas de gramínea e vegetação arbustiva).

Tabela I - Classes de uso descritas com respectivas áreas e porcentagem.

Classe	Área (ha)	Porcentagem (%)
Área urbanizada	4,384	21,911
Área de vegetação não nativa	5,837	29,173
Área de vegetação florestal	8,778	43,872
Superfície alagada	0,124	0,620
Cultivos temporários diversificados	0,034	0,170
Culturas perenes	0,105	0,525
Área descoberta	0,746	3,729
Total	20,008	100

FONTE: Autores.

A Figura 3 apresentada abaixo apresenta a visualização espacial das classes definitivas de cobertura do solo.

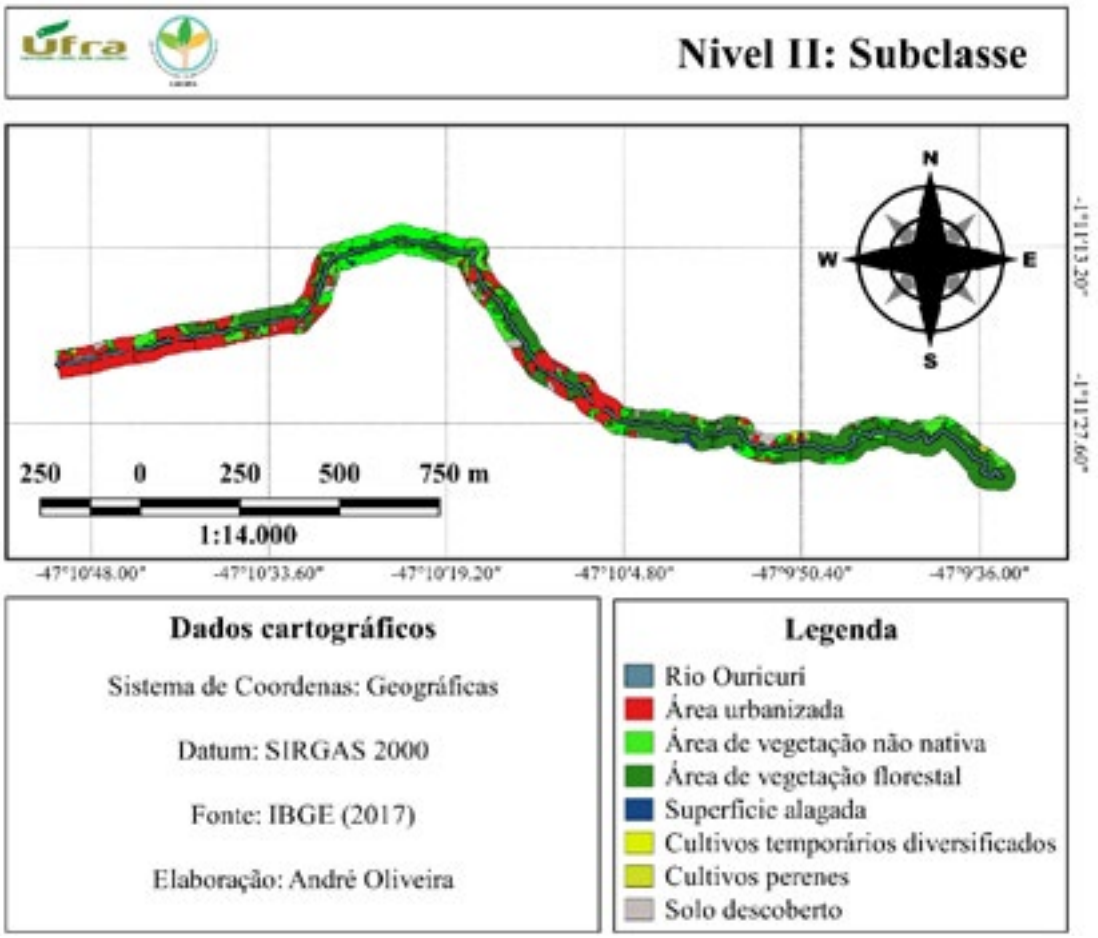


Figura 3 - Mapa de classificação do uso e ocupação da APP do trecho leste do rio Ouricuri. Fonte: Autores.

A ocupação desordenada desse lugar pode causar sérios prejuízos ambientais, impossibilitando que o mesmo possa exercer sua função ecológica. Segundo Farias (2006), a ocupação em áreas de bacias hidrográficas ocorre por meio de invasão, causando uma sequência de problemas ambientais, que vão desde ao arranjo desordenado das moradias, até ao lançamento de efluente e disposição dos resíduos sólidos no recurso hídrico. Para Amaral *et al*. (2018), essa ocupação deixa a área vulnerável a processos de erosão, podendo causar assoreamento do rio.

A classe de vegetação não natural pode se caracterizar com um passivo ambiental de antigas atividades humana que possam ter ocorrido anteriormente nas áreas. A vegetação natural dessa área, que atualmente é composta por apenas 44,49 % e engloba as matas ciliares e áreas alagáveis que são responsáveis por exercer papéis fundamentais na prevenção desses impactos ambientais e na manutenção do recurso hídrico, reforçando a importância de recuperar e manter essas vegetações. Conforme Castro (2017) as matas ciliares exercem funções ecológicas na conservação e recuperação dos rios, uma vez que impedem o assoreamento retendo os sedimentos, funcionam como corredores de fauna entre fragmentos florestais e servem de abrigo e fonte de alimento para a fauna terrestre e aquática.

Os altos valores correspondentes à presença de atividade humana indicam um avanço desordenado urbano de Capanema, como discutido por Lima (2015) em que a separação dos meio urbano e natural na cidade foi feita de forma abrupta. Outros estudos como o de Oliveira *et al.* (2016), Oliveira *et al.* (2017) e Costa *et al.* (2016) mostram que a estreita relação entre as altas concentrações de residências e de atividade de feirantes próximos ao rio têm gerado determinados impactos ao corpo hídrico em estudo.

Baseado nos princípios do Código Florestal, a APP do rio Ouricuri demonstra ilegalidade, em detrimento da massiva influência antrópica, sendo necessário que os responsáveis estabeleçam a recuperação dessas áreas. De acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), em rios como o Ouricuri, enquadrado no art. 4, inciso I, alínea a, a área de preservação permanente se equivale a 30 metros no entorno do recurso hídrico e deve ser mantida pelo proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título, sendo pessoa física ou jurídica, pública ou privada. Entretanto, em caso de supressão da vegetação situadas nessas áreas, cabe ao responsável pela área promover a recuperação da vegetação, sendo os critérios estabelecidos de acordo com o tempo de ocupação e a área ocupada.

O código ainda prevê no art. 65, parágrafo 2, que áreas consolidadas em APPs de zonas urbanas deve manter mata ciliar não edificável de 15 metros de cada lado do rio, fato que não se observa em muitos trechos do rio Ouricuri, principalmente nos trechos que percorre a região mais central da cidade, onde existe áreas residenciais e comerciais às margens do corpo hídrico.

4. Considerações finais

A análise do uso e ocupação do solo da APP do rio Ouricuri mostram considerável frequência de atividade humana nas margens do rio ouricuri e de supressão da vegetação natural, apontando a possível existência de impactos na qualidade do microhabitat que é este corpo hídrico. Esta informação corrobora com diversos estudos e outras bibliografias que abordam a pressão antrópica sobre este rio.

Diante disso, é possível afirmar que as diretrizes do código florestal para APPs em vigor não estão sendo devidamente cumpridas pelo município, onde a parcela da APP do rio no perímetro urbano possui atividades humanas desde de agrícolas a não agrícolas, além de áreas com indícios de atividade humana anterior com coberturas vegetais não naturais, sendo indicativo de processo de recuperação.

5. Agradecimentos

Ao Laboratório de Geotecnologias, Educação Financeira e Ambiental pela suporte e apoio no desenvolvimento deste estudo, assim como, ao Campus de Capanema da Universidade Federal Rural da Amazônia por incentivar atividades de pesquisa.

6. Referências bibliográficas

AMARAL, D. S. S. et al. Conflitos de uso e ocupação do solo em Áreas de Preservação Permanente no pré-assentamento Baixa Verde, Eunápolis (BA), em 2015. **Pindorama**, Eunápolis, v. 10, n. 10, p.1-12, jan. 2018.

BRASIL. Lei nº 12651, de 12 de março de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília.

CASTRO, J. L. S. et al. Mata ciliar: importância e funcionamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2017, Campo Grande. **Anais... .** Campo Grande: Ibeas, 2017. p. 1 - 8.

COSTA, J. S.; OLIVEIRA, A.N.D ; SOUZA, F. P. ; FERREIRA, R. A. ; MACÊDO, W. J. C. . Ocupação da app do Rio Ouricuri por feira municipal de Capanema, Pará: uma análise socioeconômica e ambiental. In: **II Congresso Amazônico de Meio Ambiente e Energias Renováveis,** 2016, Belém - Pará. Engenharia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Energético, 2016.

CUNHA, J.P.S; LUCENA, R.C.F.; SOUSA, C.A.F. Monitoramento do uso e ocupação de Áreas de Preservação Permanentes urbanas com o apoio de geotecnologias: O caso do rio Jaguaribe em João Pessoa-PB. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 5, n. 30, p. 42-50, 2017. Disponível em:<http://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/gerenciamento_de_cidades/article/view/1538/1541 >. Acesso em: 08 jan. 2018.

FARIAS, M. S. S. **Monitoramento da Qualidade da Água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo.** Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2006.

IBGE. Cidades. *Capanema, Pará*. Disponível em:

<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/capanema/panorama>. Acesso em: 20 jan 2019.

IBGE. Manual técnico de uso da terra, 2013. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/usodaterra/manual_usodaterra.shtm>. Acesso em 25 jan 2019.

LEITE, M.E.; LEITE, M.R.; CLEMENTE, C.M.S. O uso do solo e o conflito por água no alto rio Riachão –norte de minas gerais: uma análise Auxiliada pelas geotecnologias. **Revista Geográfca Acadêmica**, v. 4, n. 1, p. 46 – 55, 2010.

LIMA, Luciano Demetrius Barbosa. Dos trilhos às rodas: histórias e memórias de Capanema. 1 ed. Belém, PA: Paka-Tatu, 2015.

MORGAN, J.L.; GERGEL, S.E.; COOPS, N.C. Aerial photography: a rapidly evolving tool for ecological management. BioScience, v. 60, n. 1, p. 47-59, 2010.

NASCIMENTO, V.M.L.C.; LIMA, E.R.V.; SANTOS, C.A.G. Utilização de sistema de informações geográficas na avaliação de áreas para ocupação urbana em João Pessoa/PB. In: XIV simpósio brasileiro de sensoriamento remoto. p.4093-4100. Natal. 2009.

OLIVEIRA, A. L. N.; MAGALHÃES, P. W. O. ; SILVA, J. F. ; RIBEIRO, B. F. S. ; MACEDO, W. J. C. . Caracterização socioeconômica e ambiental dos moradores do entorno do Rio Ouricuri, Capanema-PA.. In: II Congresso Amazônico de Meio Ambiente e Energias Renováveis, 2016, Belém. **Anais do II Congresso Amazônico de Meio Ambiente e Energias Renováveis**, 2016.

OLIVEIRA, A. L. N.; OLIVEIRA, A. N. D.; CARVALHO, S. S.; MACÊDO, W. J. C. Impactos na biodiversidade do Rio Ouricuri em Capanema-PA ocasionados pela demografia urbana nas margens do rio. In: IX SBEA + XV ENEEAmb + III FLES, 2017, Belo Horizonte. **Blucher Engineering Proceedings**. São Paulo: Editora Blucher, 2017. p. 332.

PARÁ. Secretária de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças – SEPOF. Estatísticas Municipais Paraenses: Estatística Municipal de Capanema, Belém, 2008.

SOUZA, G. B. N. Degradação ambiental e ocupação do solo na várzea do Rio Ouricuri, Capanema (PA). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA**, (10). 2003, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro GEOUERJ, 2003. p. l-8.

ZHOU, W.; TROY, A. An object-oriented approach for analysing and characterizing urban landscape at the parcel level. **International Journal of Remote Sensing**, v. 29, n. 11, p. 3119-3135, 2008.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANALISE ESPACIAL DA EPIDEMIA DE DENGUE NO ANO 2011 EM FORTALEZA/CE

Gledson Bezerra Magalhães [(a)], Maria Elisa Zanella[(b),] Antonio Ferreira Lima Júnior[(c)]

[(a)] Professor a rede municial de Ensino de Fortaleza, gl_magalhaes@hotmail.com
[(b)] Departamento de Geografia, UFC, elisazv@terra.com.br
[(c)] Departamento de Geografia, UFC, juniorgeoufc@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A dengue tem sua distribuição relacionada com fatores ambientais e socioeconômicos, ocorrendo principalmente nos grandes centros urbanos. Em Fortaleza ela acontece de forma continuada intercalando com períodos epidêmicos. Nessa pesquisa objetivou-se realizar um estudo da epidemia de dengue no ano de 2011, levando em conta as condições climáticas e socioeconômicas de Fortaleza. Construiu-se bancos de dados epidemiológicos, climáticos e socioeconômicos; extraíram-se informações através de operações geoestatísticas; confeccionaram-se mapas e gráficos cruzando as diferentes informações dos bancos de dados. As correlações apontam estatisticamente a associação entre a incidência de dengue e as variáveis socioeconômicas. A espacialização dessas variáveis mostra que os primeiros casos do episódio de 2011 foram registrados nos bairros que detinham as piores condições socioeconômicas e/ou de saneamento. Verificaram-se agrupamentos de bairros com características semelhantes em relação à concentração de casos de dengue. As condições climáticas locais favoreceram a propagação da doença na cidade.

Palavras chave: geoprocessamento, análise espacial, dengue, cidade

1. INTRODUÇÃO

A cidade de Fortaleza está inserida em um quadro socioambiental favorável a proliferação do mosquito *Aedes aegypti,* vetor do vírus do dengue. Essa doença se manifestou de forma endêmica com o registro de seis picos epidêmicos nos anos de 1987, 1994, 2001, 2008, 2011 e 2012 (CEARÁ, 2014a).

A localização latitudinal de Fortaleza, garante altas temperaturas o ano todo e uma sazonalidade de chuvas com os maiores totais mensais de pluviometria no primeiro semestre do ano principalmente entre os meses de fevereiro a maio, denominado de quadra chuvosa (ZANELLA, 2006). Esse período é onde historicamente concentram-se as maiores incidencias de dengue na cidade. Fortaleza está localizada entre as coordenadas 03º 45' 47" S e 38º 37' 35" W. Situa-se no litoral norte do Estado do Ceará. Possui uma área de 313,8 km² e uma população de 2.447.481 habitantes (IBGE, 2010), resultando em uma densidade populacional de 7.892 habitantes por km². A cidade está dividida em 119 bairros agrupados em 6 Secretarias Regionais Executivas (Figura 1).

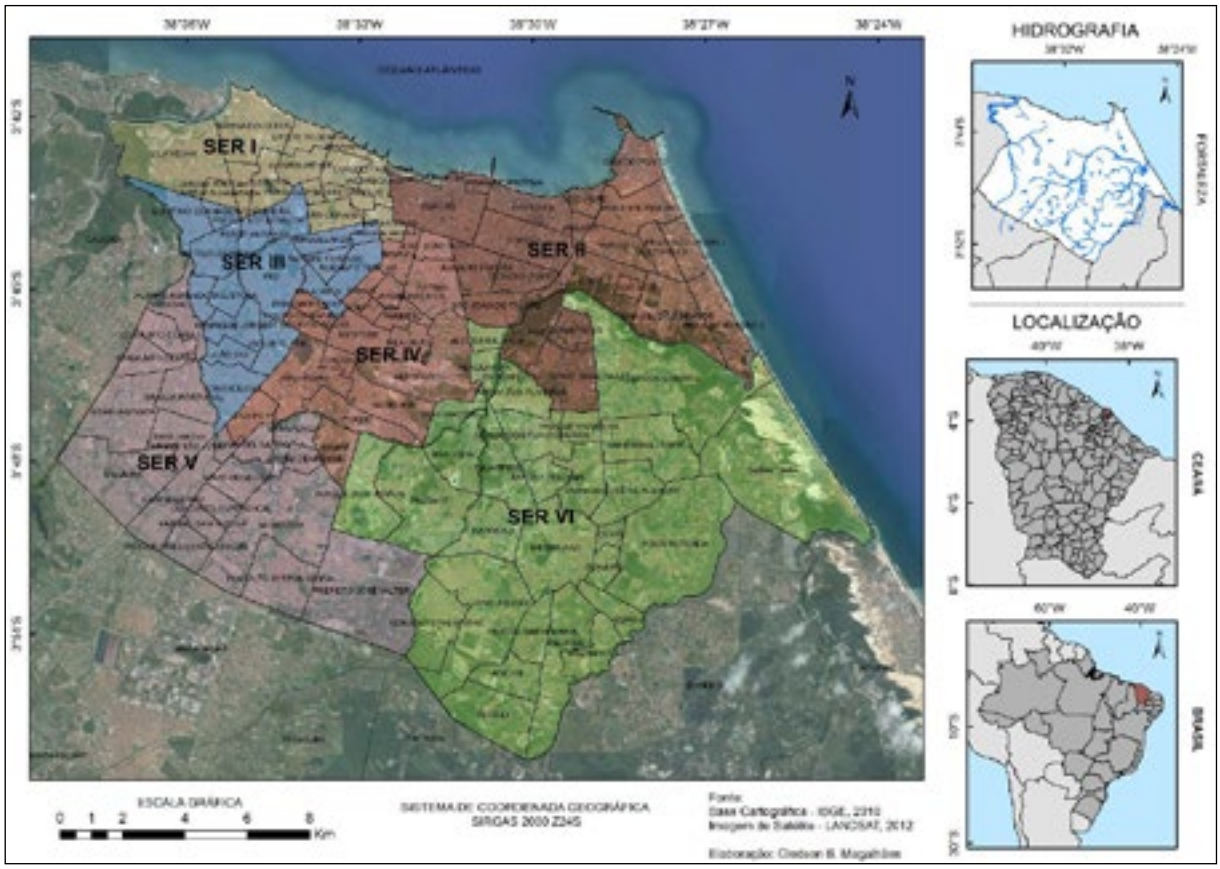


Figura 1 - Mapa de localização de Fortaleza

Possui um quadro socioambiental também diversificado com bairros de diferentes caracteristicas socioeconômicas e epidemiológicas. Nesse sentido objetivou-se investigar o comportamento espaço-temporal da dengue na epidemia de 2011, levando em conta as condições climáticas e socioeconômicas dos bairros da cidade.

2. METODOLOGIA

Primeiramente realizou-se a aquisição das variáveis do estudo e a construção do banco de dados, conforme quadro 1.

Quadro 1 – Banco de dados

Variáveis		Fonte
Climática	Temperatura do ar	Estação Meteorológica do Campus do PICI/UFC (03° 44' Lat. S e 38° 33' Long. W; Altitude: 19,5m)
	Humidade relativa do ar	
	Precipitação Pluviométrica	
Epidemiológica	Casos de dengue	Sistema de Monitoramento Diário de Agravos – Secretaria Municipal de Saúde (SIMDA/SMS)
	Incidência	
	Índice de Infestação Predial (IIP)	
	Cartogramas de Kernel mensais para casos de dengue	
Socioeconômicas	População Total	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) – Censo 2010
	Média de Moradores por Domicílio (MMD)	
	% da População Alfabetizada com 10 anos ou mais (PA10)	
	Renda Média Mensal das pessoas de 10 anos ou mais (RMMP10)	
	% de Domicílios com Renda Per Capita de até 1/4 Salário Mínimo (DRPC14)	
	% de Domicílios com Renda Per Capita de até 1/2 Salário Mínimo (DRPC12)	
	% da População Extremamente Pobre (PEP)	
	% de Domicílios com Serviço de Coleta de Lixo Realizado por Serviço de Limpeza (DSCL)	
	% de Domicílios Ligados a Rede Geral de Água (DLRGA)	
	% de Domicílios Ligados a Rede Geral de Esgoto ou Pluvial (DLRGEP)	

Em seguida, com base na Organização Pan Americana de Saúde (2010) confeccionou-se a curva epidemica e identificaram-se os seguintes pontos e intervalos:

1. Semana de início: semana na qual a incidência passa a aumentar sem haver reduções, ou seja, o momento da curva em que a inclinação começa;

2. Semana do fim: É o momento da curva em que a inclinação acaba e a incidência mostra pequenas oscilações dentro da faixa endêmica;

3. Semana do pico epidêmico: semana que possui o valor da incidência máxima alcançada;

4. Duração total da epidemia: intervalo de tempo, em semanas, compreendido entre as semanas de início e fim;

5. Duração até o pico epidêmico: intervalo de tempo, em semanas, da semana de início até a semana do pico epidêmico.

Posteriormente os dados foram organizados e analisados no ambiente computacional *Microsoft Excel* e no *SPSS 17.0*, e posteriormente espacializados no *software Arc Gis 10.0*, na base cartográfica de Fortaleza em formato *shapefile*, fornecida pela Secretaria de Financias de Fortaleza na escala 1:25.000. Utilizou-se o sistema de coordenadas geográficas, e *datum* SISGAR 2000.

Adotou-se o bairro como unidade de agregação. Realizaram-se correlações de Pearson entre as variáveis socioeconômicas e a incidência de dengue. Para a estratificação e espacialização das variáveis em cartogramas coropléticos utilizou-se o critério de estratificação *quantile*, onde cada classe contém um número igual de bairros, permitindo visualizar os grupos de bairros que tiveram os maiores e menores valores em cada variável.

Nas correlações estatísticas e no mapeamento optou-se por analisar cada variável separadamente visto que os bairros da cidade possuem características próprias acerca dessas variáveis, conservando suas singularidades.

3. RESULTADOS E DISCURSSÕES

As condições climáticas foram favoráveis para todo o período, todavia, percebem-se algumas variações que evidenciam a evolução da epidemia.

O mês de janeiro de 2011 antecede o início da epidemia. Caracterizou-se como o mês de maior total pluviométrico e precipitações bem distribuídas ao longo dos dias, com 22 dias de chuva, e precipitações diárias a partir do dia 16. Neste mês os casos de dengue ainda não apresentavam um aumento contínuo, mas já era possível prever uma epidemia para os próximos meses, visto as condições climáticas favoráveis à proliferação do vetor e a circulação do sorotipo D4, o qual a população se encontrava susceptível. Em fevereiro o número de casos/dia aumenta significativamente passando dos 100 casos a partir do dia 14 de fevereiro, enquanto que em janeiro a maior quantidade de casos/dia foi 77. As condições climáticas favoráveis do mês de janeiro contribuíram para o aumento de casos no mês de fevereiro. Este fechando com 3.242 casos confirmados e mantendo características climáticas favoráveis a proliferação do vetor, com chuvas diárias e elevada umidade (Figura 2).

A temperatura do ar correspondeu a valores favoráveis a proliferação do vetor, principalmente a temperatura média mínima. Esta sempre apresentou valores superiores a 20°C, exceto o dia 26 de janeiro de 2011 que registrou uma média diária de 20°C.

As temperaturas mais elevadas ocorreram em março, com máximas registrando 32°C, já a umidade relativa do ar e a precipitação pluviométrica se mantiveram menores do que os meses adjacentes, todavia, com chuvas bem distribuídas ao longo do mês, registrando 18 dias com precipitação e uma ligeira concentração de chuvas na segunda e quarta semana do mês, das quais 3 dias registraram precipitação acima de 30mm (Figura 02).

Entre os meses da epidemia contata-se o aumento no Índice de Infestação Predial. Esse aumento evidencia a velocidade de reprodução do *Aedes aegypti* em condições atmosféricas ótimas e com disponibilidade de criadouros. Entre 13 e 29 de março ocorreu o segundo levantamento de domicílios infestados pelas larvas do Aedes aegypti (LIRA), o qual registrou

um IIP de 3,29, enquanto que o primeiro levantamento feito em janeiro marcava 1,93 (Figura 02) e o terceiro feito entre 24 de julho a 8 de agosto teve um IIP de 1,22.

Abril foi o mês de pico da epidemia com 12.091 casos e registrando acima de 300 casos/dia. Esse mês apresentou a maior umidade atmosférica do período, e apenas 5 dias sem precipitações.

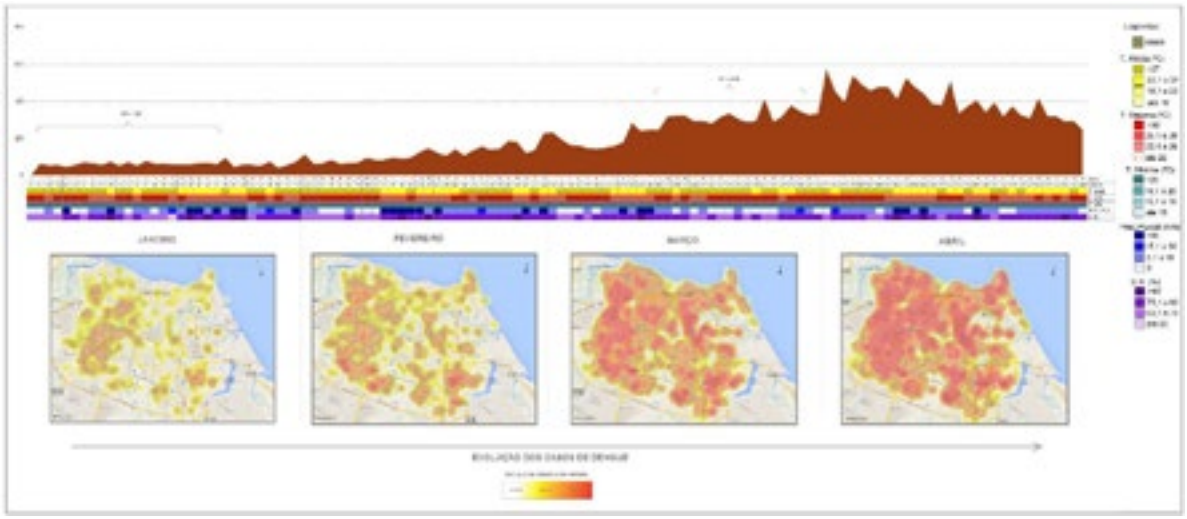


Figura 2 – Casos diários de dengue e elementos climáticos no período de janeiro a abril de 2011
Fonte: Est. Meteorológica - PICI e SMS/SIMDA. Org.: Gledson B. Magalhães.

Nos cartogramas mensais de casos de dengue da figura 2 é possível visualizar casos de dengue distribuídos em toda a cidade, entretanto mais concentrados nas regiões oeste e sudeste. A epidemia se propagou com maior rapidez na porção oeste da cidade e em pontos específicos na região sudeste. As manchas de casos de dengue mostram o início da epidemia com alguns casos próximos entre si, para em seguida se configurar em uma epidemia explosiva.

No mês de pico epidêmico (abril) praticamente todas as áreas ocupadas da cidade foram afetadas pelos vírus, com a maior concentração de casos ocorrendo na região oeste e pontos específicos a sudeste composta por bairros com alta densidade populacional e com residências predominantemente horizontais em comparação com a região leste da cidade, onde há uma predominância de edifícios residenciais verticais.

As correlações estatisticas entre as variáveis socioeconômicas e a incidencia de dengue são mais fortes e com maior significância nos meses de início das epidemias, quando a doença ainda não está totalmente disseminada pela cidade (Figura 2). Correlações estatísticas muito fortes entre as variáveis de saneamento (DSCL, DLRGA, DRLGEP) e a incidência de dengue foram verificadas nos meses de janeiro e fevereiro. Os bairros com menores coberturas de saneamento básico foram os bairros com as maiores incidências no início da epidemia.

Em janeiro de 2011 verificou-se 4 correlações estatisticamente válidas, todas elas com resultados negativos, aduzindo uma relação inversamente proporcional entre as condições de saneamento e a incidência de dengue.

No mês de fevereiro repete-se o quadro de janeiro, todavia, acrescenta-se a variável DRPC12 às correlações estatisticamente significativas. Essa variável apresentou uma correlação baixa, todavia, com nível de significância menor que 0,05 exibindo uma relação estatística entre os bairros com maior porcentagem de domicílios com renda per capita de meio salário mínimo ou menos e a incidência de dengue (Quadro 2).

Em março com a dengue já disseminada por quase toda a cidade, houve duas correlações significativas. No mês de abril, mês do pico epidêmico, não foi evidenciado nenhuma correlação válida estatisticamente, visto que a dengue já se espalhara por toda a cidade.

Com a efetiva proliferação do sorotipo D1, que não circulava com grande percentual de isolamento desde 2002, e com a entrada do sorotipo D4, o início da epidemia ocorreu e se proliferou mais rapidamente nos bairros que possuíam os piores resultados para as variáveis PA10, DSCL, DLRGA, DRLGEP, principalmente na porção oeste da cidade (Quadro 2).

Quadro 2 – Correlações entre as variáveis socioeconômicas e epidemiológicas

Correlations

		MMD	PA10	RMMP10	DRPC14	DRPC12	PEP	DSCL	DLRGA	DRLGEP
INCJAN2011	Pearson Correlation	,107	-,286**	-,043	,110	,142	,047	-,789**	-,318**	-,263**
	Sig. (2-tailed)	,253	,002	,643	,238	,130	,614	,000	,001	,004
	N	116	116	116	116	116	116	116	116	116
INCFEV2011	Pearson Correlation	,141	-,340**	-,139	,166	,215*	,090	-,789**	-,330**	-,328**
	Sig. (2-tailed)	,132	,000	,137	,076	,020	,366	,000	,000	,000
	N	116	116	116	116	116	116	116	116	116
INCMAR2011	Pearson Correlation	,062	-,167	-,212*	,079	,151	,072	-,022	,049	-,201*
	Sig. (2-tailed)	,511	,072	,022	,399	,105	,441	,817	,600	,031
	N	116	116	116	116	116	116	116	116	116
INCABR2011	Pearson Correlation	-,052	-,044	-,159	-,003	,059	-,053	,082	,095	-,020
	Sig. (2-tailed)	,580	,637	,087	,970	,524	,568	,382	,309	,831
	N	117	117	117	117	117	117	117	117	117

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

As correlações entre as variáveis socioeconômicas e a incidência de dengue que não configuraram confiabilidade estatística são resultado da aleatoriedade dos dados epidemiológicos (casos e incidência de dengue). É a própria dinâmica entre os determinantes da doença que impede de traçarmos matematicamente uma relação de causa-efeito.

O que se verifica para os extremos dos dados epidemiológicos e socioeconômicos é que os bairros com piores condições de saneamento registraram as maiores incidências e quantidade de casos, entretanto identificam-se diferenças de tempo na duração da epidemia em função da densidade populacional em cada bairro. Nos bairros com elevada densidade populacional a epidemia durou mais tempo enquanto nos bairros com grandes áreas sem habitação, como na Sabiaguaba, ocorreu o oposto.

As áreas pouco ocupadas nos bairros ou os vazios demográficos da cidade funcionam como barreiras naturais que dificultam a propagação da doença. É o que se verifica para o bairro Salinas cuja maior parte da área é constituída pelo Parque Ecológico do Cocó, entretanto, dependendo da localização geográfica e configuração dessas barreiras, suas margens podem constituir potenciais criadouros do vetor da dengue.

Os bairros onde há margens de rios densamente povoadas, com precária cobertura de saneamento e população de baixa renda, tiveram uma rápida propagação da dengue e a epidemia foi mais prolongada. É o que se observa para o bairro Canidezinho, quando em janeiro foram confirmados 2 casos, aumentando para 104 em fevereiro, evidenciando o rápido avanço da

doença naquele bairro. O mesmo ocorre com o bairro Planalto Airton Senna quando são registrados 2 casos em janeiro e 104, 171 e 124 em fevereiro, março e abril respectivamente. Os bairros Bom Jardim e Parque São José, que possuem perfis socioeconômicos similares aos bairros Canidezinho e Planalto Airton Senna, já apresentavam elevado número de casos em janeiro, evidenciando a propagação da doença em território contíguo (Figura 3).

Um conjunto de bairros no qual o Rio Maranguapinho é o divisor político-administrativo registraram elevados números de casos, principalmente a partir de fevereiro. Em janeiro somente os bairros João XXIII, Dom Lustosa e Parque São José tiveram quantidade expressiva de casos, enquanto em fevereiro os bairros Canidezinho, Bom Jardim, Parque São José, João XXIII, Dom Lustosa, Genibaú, Antônio Bezerra, Henrrique Jorge, Conjunto Ceará I, Granja Portugal e Bom Sucesso configuravam um conjunto de bairros com rápido aumento de casos já no início da epidemia.

Os rios e córregos urbanos de Fortaleza, como consequência da ausência de políticas de controle urbano e ambiental para as margens dos rios, passaram a orientar o processo de favelização através da proliferação de áreas de ocupação como resposta da população excluída à redução das ofertas de moradia (PEQUENO, 2009).

A multiplicidade de fatores que influenciam na propagação da dengue reflete as correlações com nível de significância válido, porém com resultados baixos, o que na figura 3 visualiza-se através dos bairros intermediários em relação às variáveis socioeconômicas, mas que, possuem grande quantidade de casos e elevadas incidências de dengue. Como exemplo os bairros São João do Tauape, Jardim das Oliveiras e Luciano Cavalcante, localizados na porção centro-leste da cidade. Neles percebe-se a contínua evolução da epidemia com o pico epidêmico em abril, a partir desse mês a quantidade de casos começa a diminuir (Figura 06). O aumento exponencial de casos nesses bairros evidencia que quanto maior foi a quantidade de casos existentes, mais rápido ela se propagou espacialmente.

Na figura 2 e 6 é possível observar que os bairros supracitados possuem elevada quantidade de casos de dengue, formando um “arco” ao redor do aeroporto, que vai se

expandido com o avanço da epidemia. Nesses bairros há uma elevada porcentagem de domicílios com renda per capita de até meio salário mínimo.

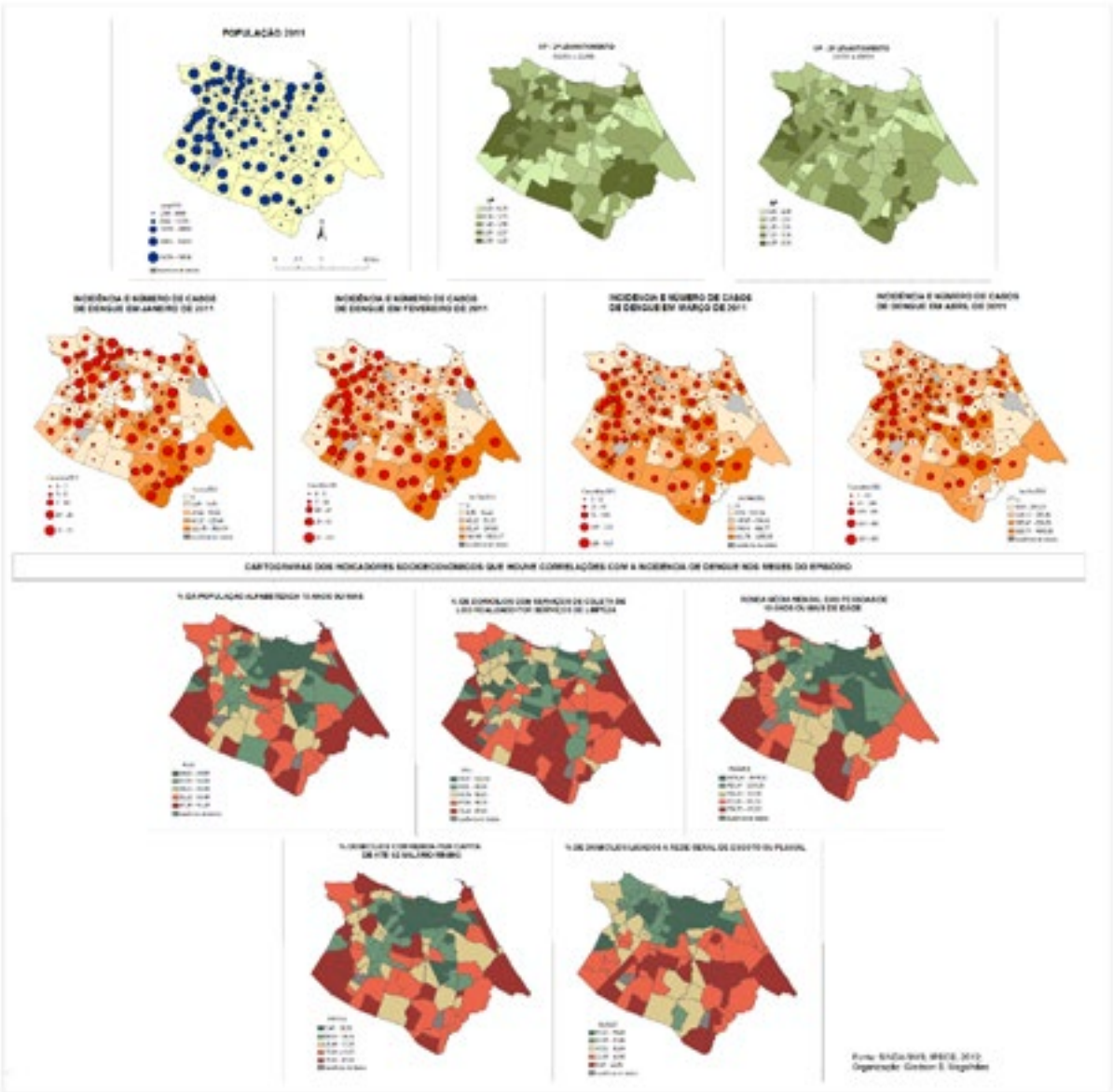


Figura 3 – Cartogramas episódio 2011

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na epidemia de 2011 foi possível identificar agrupamentos de bairros com características semelhantes em relação à concentração de casos de dengue. Não foram encontrados estudos sobre os padrões de difusão de dengue com o qual podem ser feitas comparações. Diferentes hipóteses podem ser levantadas, sendo um deles que as condições atmosféricas favoráveis no epicentro da epidemia constituíram um fator determinante, que impulsionou a intensidade da transmissão do vírus.

A magnitude das epidemias que têm ocorrido em alguns dos grandes centros urbanos do Brasil é prova de que o padrão de comportamento do vírus da dengue é uma consequência das condições de vida prevalentes nas cidades modernas. Em Fortaleza, as características da epidemia de 2011 não foi diferente daquelas em outras cidades brasileiras como verificado nos estudos de Teixeira et al (2002) e Barbosa et al (2002).

Estas constatações permitem supormos que, em cada complexo urbano deve haver um ou mais áreas que são mais receptivas à circulação do vírus da dengue, e da qual o vírus se espalha. Cada cidade pode ter seu próprio epicentro. Em Fortaleza as correlações apontam estatisticamente a associação entre a incidência de dengue e as variáveis socioeconômicas. A espacialização dessas variáveis mostra que os primeiros casos do episódio de 2011 foram registrados nos bairros que detinham as piores condições socioeconômicas e/ou de saneamento.

Presume-se que se houvesse um instrumento de controle mais ágil, que fosse capaz de diminuir rapidamente a população do vetor, ou de aumentar a imunidade de grupo na população por meio de uma vacina, uma ação de controle rápido poderia, teoricamente, ser erguido ao redor dos epicentros da epidemia e, consequentemente, reduzir a intensidade da doença na cidade.

As estratégias de controle da dengue exigem mudanças nas relações do homem com o meio ambiente, o que envolve mudanças nas relações dos homens entre si, pressupõe também a preservação ambiental, complexos programas de tratamento, eliminação dos vetores, intensa vigilância dos casos e programas de educação críticos à realidade geopolítica da região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J.; SIQUEIRA, J.B.; COELHO, G.E.; VILARINHOS, P.T.R.; PIMENTA, F. G. Jr. Dengue in Brazil: current situation and prevention and con-trol activities. **Epidemiological Bulletin**. n.23, v.1, p.2-8, 2002.

CEARÁ, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil Socioeconômico de Fortaleza.** v.1. Fortaleza: IPECE, 2012.

CEARÁ, Governo do Estado; CEARÁ, Secretaria da Saúde. **Informe Semanal: Dengue – 17/01/2018**. Ceará: Secretaria da Saúde, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo 2010**. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em 20 de Janeiro de 2016.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Módulos de Princípios de Epidemiologia para o Controle de Enfermidades. Módulo 5: pesquisa epidemiológica de campo – aplicação ao estudo de surtos.** Ministério da Saúde. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2010.

PEQUENO, L. R. B.; MOLINA, A. **Análise socio-ocupacional da estrutura intra-urbana da Região Metropolitana de Fortaleza.** In.: PEQUENO, Luis Renato Bezerra (Org.). **Como anda Fortaleza**. Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Metrópoles, 2009.

TEIXEIRA, M.G.; COSTA, M.C.N.; GUERRA, Z.; BARRETO, M.L. Dengue in Brazil: situation-2001 and Trends. **Dengue Bulletin**, n.26, p.70-76, 2002.

ZANELLA, M. E. Eventos pluviométricos intensos em ambiente urbano: Fortaleza, episódio do dia 29/01/2004. In.: SILVA, J. B. da, et al (orgs). **Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANALISE ESPAÇO TEMPORAL DO NDVI NO AÇUDE ALGODÕES-PE ATRAVÉS DA CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA EM LINGUAGEM LEGAL

Juarez Antônio da Silva Junior [(1)], Fábio Vinicius Marley Santos Lima [(2)], Ubiratan Joaquim da Silva Junior [(3)]

[(1)] Graduando em Engenharia Cartográfica UFPE, e-mail: juarez.ufpe@gmail.com.
[(2)] Mestrando em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação UFPE, e-mail: fabiomarley.v@gmail.com;
[(3)] Mestrando em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação UFPE, e-mail: ubiratanjoaquim@yahoo.com.br.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O açude Algodões, localizada no município de Ouricuri em Pernambuco, vem apresentando uma queda considerável em seu volume, onde em 2016 foi declarado em situação de emergência. Fazendo uso de ferramentas de geoprocessamento e cenas do sensor MUX do Satélite sino-brasileiro CBERS-4, objetivou-se analisar a dinâmica da vegetação através do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index)* entorno do Açude Algodões. Utilizou-se o *sofware* livre (SPRING 5.3) para o processamento de imagens digitais através do uso da programação em linguagem LEGAL. O algoritmo implementado pelos autores, foi eficiente para a análise da variabilidade das áreas verdes e secas no local de estudo no período de 2015 a 2018.

Palavras chave: Açude Algodões, CBERS-4, Classificação, LEGAL, NDVI.

1. Introdução

A melhor maneira de monitorar essas mudanças é através da utilização de produtos multi-temporais de sensoriamento remoto (GAO et al., 2001), que fornecem dados importantes sobre as características ambientais. Quando utilizadas concomitantemente com Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), proporcionam informações valiosas sobre os mecanismos de degradação (GHOSH, 1993) e auxiliam no estudo espacial em açudes e reservatórios do semiárido. A classificação de imagens de satélite é o processo de extração de informação para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse.

O processo de classificação pode ser implementado em linguagem LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico), que é uma linguagem de consulta e manipulação espacial que realiza operações sobre dados dos tipos mapa temático, modelo numérico de terreno e imagem no software nacional Spring. Com o objetivo de identificar ou extrair informações biofísicas da vegetação, faz-se necessária uma análise temporal que requer conhecimentos específicos sobre os ciclos fenológicos, os quais obedecem a uma sazonalidade anual (JENSEN, 2009).

Nesse sentido, os índices de vegetação têm sido largamente utilizados na determinação e estimativa do índice de área foliar, biomassa e radiação fotossintética ativa. Apesar de inúmeros índices de vegetação, o índice mais utilizado é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN), cuja sigla em inglês é NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Rocha et. al (2013) também utilizaram o NDVI no intuito de identificar classes de uso do solo, para uma região pertencente ao norte de Minas Gerais, e apontaram o método como otimizador no processo de identificação de classes da cobertura vegetal.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho analisar as condições da vegetação utilizando a classificação não supervisionada do NDVI, em linguagem LEGAL, com base em dados orbitais e pluviométricos referentes ao período de estiagem no semiárido pernambucano.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e métodos

O açude Algodões situa-se no município de Ouricuri, que se encontra a e distante cerca de 630 km da capital Pernambucana, Recife. Limita-se ao norte com os municípios de Araripina, Trindade e Ipubi, ao Sul, com Santa Cruz e Santa Filomena, a leste com Parnamirim e Bodocó e a oeste com o Estado do Piauí. O clima é do tipo tropical quente semiárido, enquadrando-se na classificação climática de Köppen e Geiger como BSh. Na Figura 1 pode-se observar a localização do município de Ouricuri e o açude Algodões, juntamente com o local de estudo.

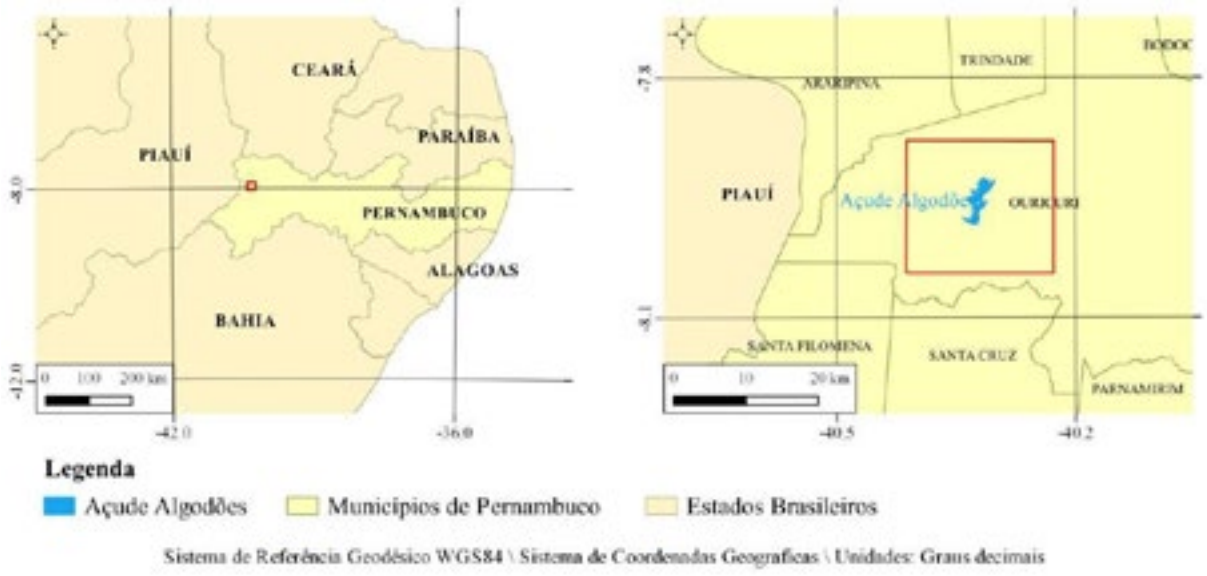


Figura 1: Localização do Açude Algodões em Ouricuri, Pernambuco. Fonte: Autores, 2019.

Para a elaboração deste artigo foram utilizadas duas cenas do Satélite CBERS-4 sensor MUX, com resolução espacial de 20m nas datas de 01/10/2017 e 04/09/2018. As imagens são disponibilizadas gratuitamente pelo Catalogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), disponível no site http://www.dgi.inpe.br/catalogo/. A realização do processamento das imagens foi no software livre Spring 5.3, em sua plataforma de programação LEGAL (linguagem de geoprocessamento algébrico). Esta plataforma possibilita inúmeras

aplicações para sensoriamento remoto, tais como: Georreferenciamento de Imagens, Registro de Imagens, Geração de Índices de Vegetação e Construção Automática de Máscaras de Nuvens e Sombras de Nuvens.

Com isso, foi realizado a calibração radiométrica através da conversão das imagens em números digitais em radiância e reflectância. Nesse trabalho a calibração radiométrica foi realizada a partir do cálculo da reflectância no topo da atmosfera pelas equações 1 e 2.

$$\rho\lambda = \pi \cdot L\lambda \cdot d^2 \, ESUN\lambda \cdot \cos(\theta) \quad (1)$$

$$L\lambda = Gain\,\lambda \cdot DN + Offset\lambda \quad (2)$$

As equações 1 e 2 representam o cálculo da reflectância ($\rho\lambda$) [$W/(m2 \cdot sr \cdot \mu\text{m})$] para cada banda espectral para o CBERS-4/MUX. Nas expressões, π representa a constante matemática, $L\lambda$ a radiância espectral [$W/(m2 \cdot sr \cdot \mu\text{m})$], $"d\,"$ representa a distância Sol-Terra em unidades astronômicas [UA], θ corresponde ao ângulo zenital solar [rad] e DN o nível digital do pixel de cada imagem. $ESUN\lambda$, $Gain\lambda$ e $Offset\lambda$ são constantes pré-definidas para cada sensor, onde $ESUN\lambda$ representa a irradiância solar exoatmosférica média no topo da atmosfera [$W/(m2 \cdot \mu\text{m})$].Tais constantes foram utilizadas de acordo com a calibração radiométrica feita por Pinto (2016). Já a distância Sol - Terra e o ângulo zenital solar são variáveis em função do tempo, portanto elas mudam de acordo com a data em que cada imagem foi adquirida.

O NDVI, medi a biomassa ou o vigor vegetativo com base nos valores de brilho digital, variando entre -1 e 1.É calculado a partir da reflectância da faixa (0.63 µm – 0.69µm) na faixa (0.76 µm – 0.90 µm). O NDVI é obtido aplicando a Equação 3 (ROUSE et al., 1974).

$$NDVI = \frac{(0.76\ \mu\text{m} - 0.90\ \mu\text{m}) - (0.63\ \mu\text{m} - 0.69\mu\text{m})}{(0.76\ \mu\text{m} - 0.90\ \mu\text{m}) + (0.63\ \mu\text{m} - 0.69\mu\text{m})} \quad (3)$$

ISBN: 978-85-7282-778-2

Conforme Ponzoni, Shimabukuro & Kuplich (2012), valores negativos de NDVI correspondem a água; valores muito próximos de 0 correspondem a superfície sem vegetação; e quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação.

Através das imagens NDVI foi realizada uma classificação, a qual identificou a região em áreas com vegetação rala, esparsa, em transição e solo exposto e corpos hídricos. O limiar de classificação das áreas foi fatiado segundo Chagas et al. (2008), onde a densidade da cobertura vegetal foi dividida em quatro fitofisionomias como mostra a tabela I.

Tabela I: Valores de NDVI utilizados na seleção de classes de cobertura vegetal.

Classe	NDVI
Água	-1,0 a -0,1
Solo Exposto	0,01 a 0,1
Vegetação rala	0,1 a 0,2
Vegetação esparsa	0,2 a 0,4
Vegetação de transição	0,4 a 0,6
Vegetação Densa	0,6 a 1,0

Fonte: (Chagas et al., 2008).

3. Resultados

Através desta metodologia foi gerado mapas de NDVI, contemplando espacialmente a área do Açude Algodões e seu entorno, com do fatiamento de classes proposto por (Chagas et al., 2008). Na figura 02 a) é possível observar que no ano de 2015 houve mais feições com valores de NDVI negativos referente a classe água, em relação a 2016.

Esse aparecimento de água no açude em 2015 se deve ao fato que neste ano, houve um aumento de 40% de precipitação média em relação ao ano anterior. Segundo a DNOCS, em outubro de 2015, o açude Algodões estava com volume de 16,59% e reduziu-se para 1,35% no mesmo período no ano anterior. Em 2016 houve um aumento de área de 71% da classe solo exposto e quase não houve diferença entre as classes de vegetação rala e vegetação densa em relação a 2015.

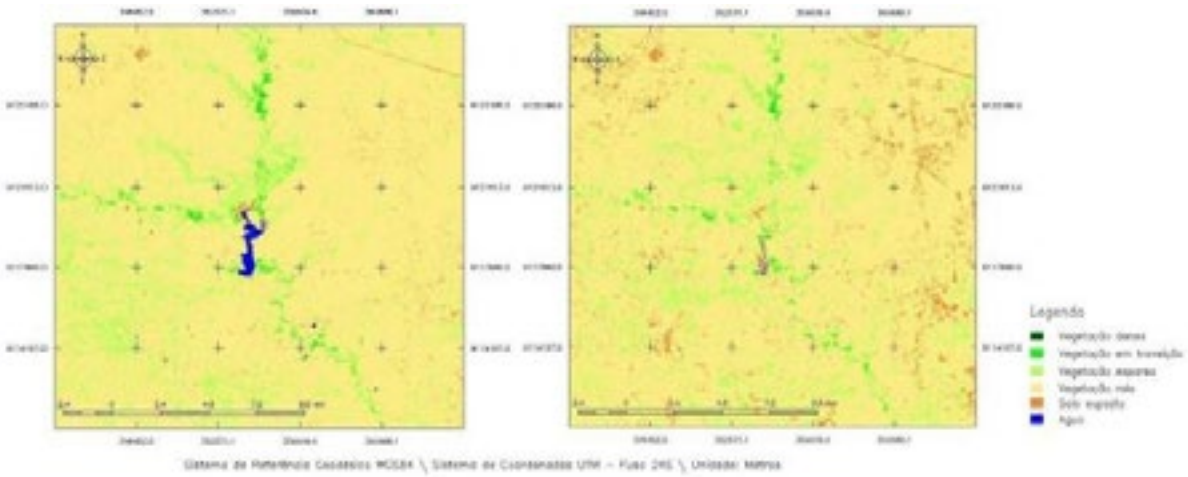


Figura 2: a) NDVI da data 04/10/2015 e b) NDVI na data 02/10/2016. Fonte: Autores, 2019.

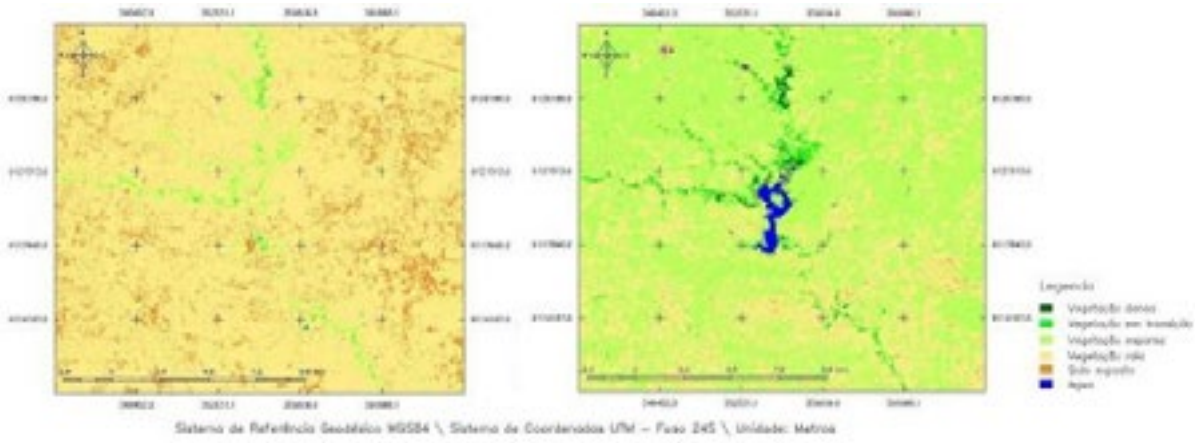


Figura 3: a) NDVI da data 04/10/2017 e b) NDVI na data 02/10/2018. Fonte: Autores, 2019.

As classes de vegetação esparsa e vegetação de transição, também não houve diferença significativa espacial, em comparação com o ano anterior, manteve-se quase que inalterada nas regiões que restaram de mata ciliar dos rios secundários e terciários do Rio Brigida. No geral, é possível observar que a diminuição de precipitação em 2016, foi suficiente para mudanças significativas no volume de água do açude e o aumento de áreas com solo exposto no entorno.

ISBN: 978-85-7282-778-2

De 2016 para 2017 houve diminuição espacial de 61% para classes água, levando o açude a extrema seca, um aumento de 60% para a classe de solo exposto e diminuição de 66% e 50% para as classes vegetação esparsa e vegetação de transição respectivamente. Houve poucas mudanças espaciais para a classe de vegetação rala e vegetação densa que em 2017 não foi detectado presença na ordem de km² como mostra a tabela 01. Em 2017 houve diferenças bastantes significativas em todas as classes e em relação a todos os anos em estudo.

Neste ano houve apenas 0.05 km² de feições de água, referentes a pequenos corpos hídricos presentes na área de estudo. O ano de 2017 se mostrou com maior aparecimento de feições da classe solo exposto e vegetação rala, houve diminuição de feições de vegetação esparsa e de transição e sem presença de vegetação densa em relação a todos os anos em estudo. Já o ano de 2018, houve menor presença de feição da classe solo exposto e maior presença de feições de água, vegetação rala, vegetação esparsa e vegetação densa em relação a todos os anos em estudo. Segunda a ANA o açude Algodões terminou o ano de 2017 com um volume de água no açude de 0,2% e passou a ter em 2018 um no volume de 20.15%.

O aumento da área verde e o aparecimento de água mostra a sensibilidade do NDVI na região do semiárido que já é naturalmente seca, tem com o volume de chuvas. Apesar do ano de 2017 ter uma precipitação média maior que em 2016 como mostra a figura 03, o NDVI de setembro de 2017 apresentou valores de NDVI próximos do 0. Isso se deve ao fato que as chuvas em 2017 ficarem concentradas nos meses de janeiro e fevereiro enquanto nos demais anos, as chuvas também se concentraram nos primeiros semestres, porém com maior distribuição em todos os meses do ano.

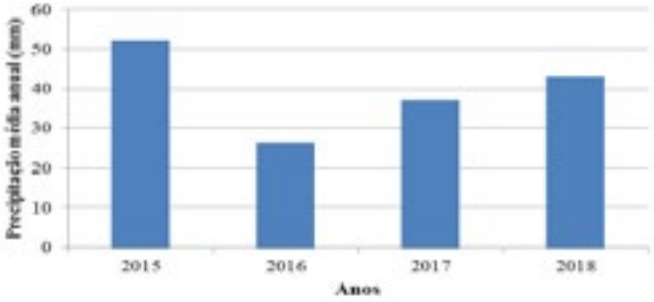


Figura 4: Gráfico de precipitação média anual (mm) para os anos de 2015,2016,2017 e 2018. Fonte: INMET

A figura 5 mostra o algoritmo utilizado em linguagem LEGAL, implementado para este trabalho.

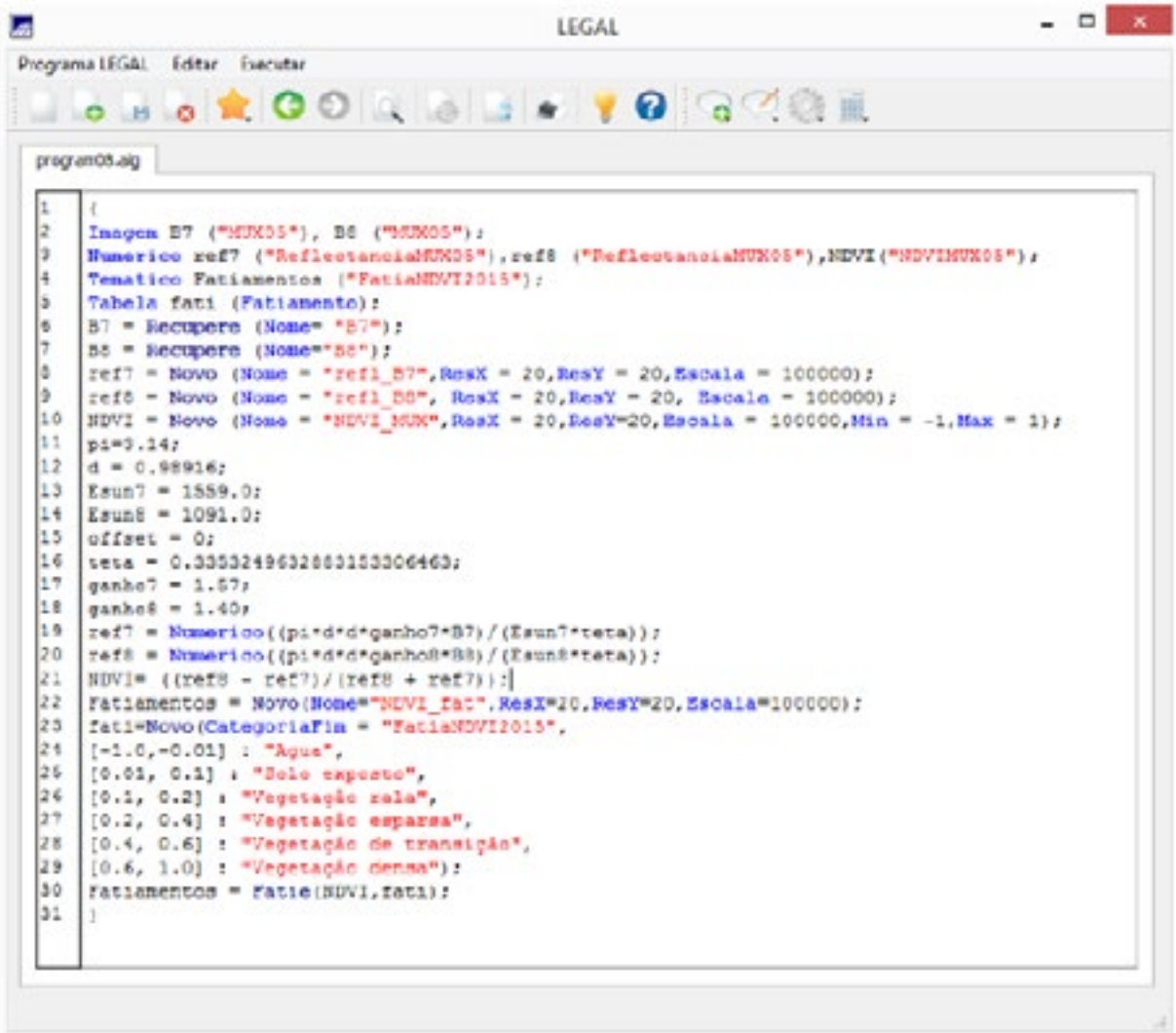


Figura 5: Programação em LEGAL para classificação não supervisionada. Fonte: Autores, 2019.

Com os dados obtidos da classificação, foi possível o cálculo de área para cada classe, sendo mostrado na tabela II.

Tabela II: Distribuição de áreas para cada ano em km².

Classe	NDVI 04/10/2015	NDVI 02/10/2016	NDVI 01/10/2017	NDVI 04/09/2018
Água	1,44	0,13	0,05	2,94
Solo Exposto	3,84	13,71	33,86	2,00
Vegetação rala	310,35	305,68	320,59	120,71
Vegetação esparsa	54,45	51,25	16,92	238,69
Vegetação de transição	1,96	1,36	0,69	6,30
Vegetação Densa	0,04	0,03	0,00	1,52

Fonte: Autores, 2019.

4. Conclusão

A classificação não supervisionada em linguagem LEGAL, implementada pelos autores, demonstrou ser promissora no mapeamento de classes do NDVI, visto que nos anos analisados, obteve eficiência na identificação de cada classe correspondente a espacialização da dinâmica da vegetação na região em estudo. Este trabalho teve como um dos objetos o uso de dados e geotecnologia nacional para o monitoramento de temporal de reservatórios hídricos.

A partir dos mapas gerados há uma divergência considerável entre a capacidade de armazenamento d'água no açude e o volume de água atual dos açudes em sangria. Esta é a realidade na região do semiárido. Fatores impactos climáticos e má administração de recursos hídricos, dentre outros fatores, apontam para a urgência de se rever o modo como os recursos naturais são conservados e para a necessidade de uma política de distribuição de água que não acentue ainda mais a desigualdade social tal como vem ocorrendo no Brasil.

De maneira geral, as informações da configuração espacial da seca e remanescente da cobertura vegetal nativa, são de grande contribuição científica. Assim, poderão contribuir para iniciativas de proteção da cobertura vegetal, principalmente da mata ciliar, auxiliando o poder

público no âmbito das políticas ambientais e na tomada de decisão, bem como conscientizando a população sobre a necessidade de conservação dos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

PINTO, C. T. **Uncertainty evaluation for in-flight radiometric calibration of earth observation sensors**. Tese (Doutorado) — Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2016.

JR, J. R. et al. **Monitoring vegetation systems in the great plains with erts**. 1974

CHAGAS, M. DAS G. S. DAS.; GALVÍNCIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. DE M. 2008. **Avaliação da dinâmica espectral da vegetação de Caatinga em Arcoverde, Pernambuco**. Revista de Geografia, v. 25, n. 2, p. 45-60.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais.** São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

Gao, J.; Zha, Y.; Ni, S. **Assessment of the effectiveness of desertification rehabilitation measures in Yulin, northwestern China using remote sensing**. International Journal of Remote Sensing, v.22, p.3783-3795, 2001.

Ghosh, T. K. **Environmental impacts analysis of desertification through remote sensing and land based information system**. Journal of Arid Environments, v.25, p.141-150, 1993. IBSN: 0000.0000.000 Página 11

ROCHA, A. S.; MEIRELES, T.A.V; ANDRADE JÚNIOR, I.O.; **Uso do NDVI na Identificação de Classes de Uso do Solo**. In: XIV Seminário de Pesquisa e Pós- Graduação, XII Seminário de Iniciação Científica, IV Seminário PIBID, 25 a 28 de setembro de 2013. Campus Universitário Professor Darcy Ribeiro, Montes Claros- MG. Disponível in: www.fepeg.unimontes.br.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE COMPARATIVA DE CLASSIFICAÇÕES SUPERVISIONADAS APLICADAS A ZONA DE AMORTECIMENTO DE UM PARQUE NACIONAL NO BIOMA CAATINGA

Francisco Hiályson Fidelis Medeiros [(a)], Paulo Cesar Moura da Silva [(b)], Diana Gonçalves Lunardi [(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), hiálysonfidelis@gmail.com.
[(b)] Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), lunardi.diana@ufersa.edu.br
[(c)] Departamento de Engenharia e Ciências ambientais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), paulo.moura@ufersa.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

O presente artigo objetivou realizar uma análise comparativa entre diferentes algoritmos de classificação em uso de diferentes imagens de satélite, tendo como área de estudo a zona de amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, localizado no bioma Caatinga, Nordeste do Brasil. Para tanto, foram realizadas 12 classificações supervisionadas em ambiente SIG (Quantum GIS versão 2.18.26), usando três diferentes algoritmos (Minimum Distance, Maximum Likelihood e Spectral Angle Mapping) e imagens de satélite do Landsat 8 e do Sentinel 2-A. O processamento dos dados foi realizado no complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Os resultados deste estudo indicaram que para as imagens do Landsat 8, o algoritmo Minimum Distance apresentou os melhores resultados, enquanto que, para o Sentinel 2-A, o uso do Maximum Likelihood parece ser mais adequado.

Palavras chave: Sensoriamento remoto, uso e ocupação da terra, Landsat-8, Sentinel 2A, Unidade de Conservação.

1. Introdução

Sensoriamento Remoto é uma das mais bem-sucedidas tecnologias de coleta de dados para o levantamento e monitoramento dos recursos terrestres em escala global. O Sensoriamento Remoto ocorre por meio da extração de informações contidas nas imagens de

satélite e a sua codificação em diferentes documentos (MENESES; ALMEIDA, 2012). Desde o seu surgimento até os dias atuais, o Sensoriamento Remoto sofreu evoluções consideráveis. A resolução espectral das imagens obtidas pelos sensores já ultrapassa centenas de bandas, e a resolução espacial de muitas imagens já é maior que 1 m (MENESES; ALMEIDA, 2012).

O Sensoriamento Remoto tem ampla aplicação em diferentes áreas, como a verificação da quantidade e da qualidade de produções agrícolas (BELGIU; CSILLIK, 2018; PULLANAGARI; KERESZTURI; YULE, 2018), o monitoramento e detecção de incêndios (SCHROEDER et al., 2016), o monitoramento da biodiversidade aquática (LIMA et al., 2017; HEDLEY et al., 2018), o licenciamento e controle de obras públicas (Junior; Gomes; Guimarães, 2016), caracterização e monitoramento da vegetação (MAGALHAES; JUNIOR; SANTOS, 2017; VRIELING et al., 2018; ZHANG et al., 2018) e a avaliação do uso e ocupação da terra, que se torna uma variável fundamental para o planejamento ambiental, possibilitando o estudo e a compreensão das dinâmicas entre o ser humano e o uso dos recursos naturais. Em particular, este tópico tornou-se um elemento-chave na maioria dos mapas de estudos e monitoramento de fenômenos ambientais (SANTOS, 2004; NICULESCU; LENCO; HANGANU, 2018).

As análises do uso e ocupação da terra, no contexto do Sensoriamento Remoto, estão relacionadas principalmente à classificação das imagens de satélite, tendo seu precursor as metodologias para fotointerpretação, que considera a visão e interpretação do especialista (BIGING; CONGALTON, 1989; CONGALTON, 1991; MENESES; ALMEIDA, 2012). Já na classificação supervisionada, há a necessidade de conhecimento prévio dos alvos, com o intuito de classificar as imagens nas classes de interesse pré-fixadas pelo analista. Nessa classificação, o algoritmo necessita ser preparado para distinguir as diferentes classes (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Quando consideramos qualquer tipo de classificação de imagens em aplicações de observação da terra, é preciso ter em mente a necessidade de lidar com uma enorme quantidade de fontes de dados heterogêneas e complexas (MORALES-ALVAREZ, 2018). Essa riqueza de

procedimentos levanta questões importantes sobre o melhor método para classificação e obtenção dos dados espaciais, que possa subsidiar a tomada de decisão.

Diante do exposto, este estudo objetivou realizar uma análise comparativa entre diferentes métodos de classificação e uso de diferentes imagens de satélite, tendo como área de estudo a zona de amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, localizado no bioma Caatinga, Nordeste do Brasil.

2. Procedimentos Metodológicos

2.1 Área de Estudo

A área de estudo (Figura 1) compreende a Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia (Parna Furna Feia) e está situada no estado do Rio Grande do Norte, entre os municípios de Baraúna e Mossoró (05°11′17″S, 37°20′39″O). O Parna Furna Feia foi criado pelo Decreto Presidencial S/N, de 05 junho de 2012, e tem por objetivos a preservação do complexo espeleológico da caverna Furna Feia, bem como a biodiversidade do bioma Caatinga existente em seus limites. A área do Parna Furna Feia (Figura 1) compreende 8.493,28 ha e mais 25.323,13 ha em sua Zona de Amortecimento, totalizando 33.816,41 ha (BRASIL, 2012).

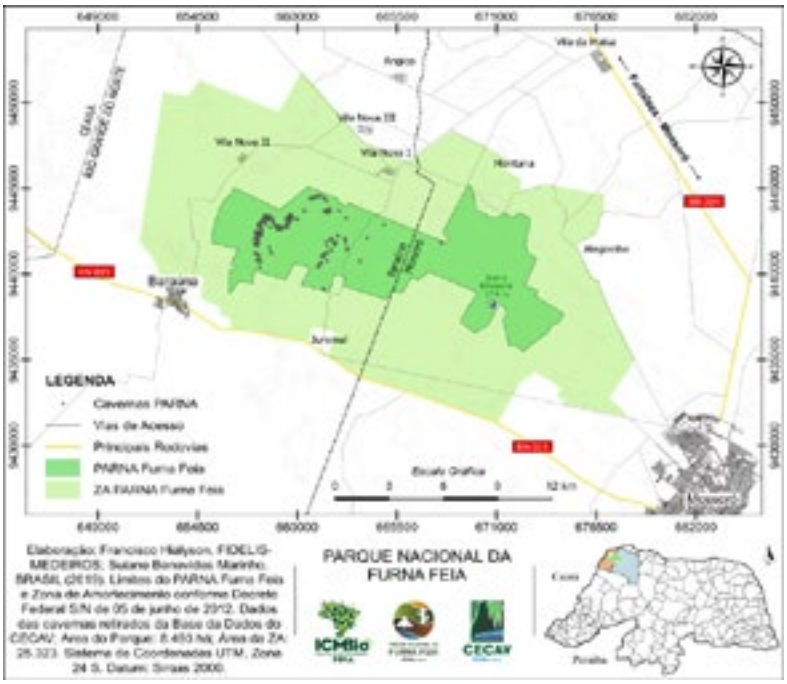


Figura 1 – Localização da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, entre os municípios de Baraúna e Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil.

De acordo com a classificação de Koppen, a região apresenta um clima do tipo BSh, com precipitação média anual entre 250 e 900 mm, e temperatura média anual ligeiramente superior a 26,5°C. O Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento contam com um remanescente de Caatinga com fauna e flora bem representativas, além de solos rasos de origem cristalina e afloramentos calcários cársticos. Neste contexto, a exploração humana na área decorre principalmente de atividades agrícolas, com uso predominante de irrigação, e da exploração de calcário (CRUZ *et al.*, 2010; ALVARES *et al.*, 2013; BENTO *et al.*, 2016).

2.2 Levantamento e Análise dos Dados

Para a realização do tratamento, classificação e análises dos dados foi utilizado o Software livre Quantum GIS na sua versão 2.18.26. Para se alcançar os objetivos desse estudo, os procedimentos metodológicos foram organizados em três etapas distintas, compreendendo: (i) a aquisição e tratamento de imagens de satélite, (ii) classificação das imagens em ambiente SIG e (iii) análise comparativa e estatística dos dados. Estas três etapas são detalhadas a seguir:

2.2.1 Aquisição e tratamento das imagens de satélite

Para este estudo, utilizou-se imagens dos Satélites Landsat-8 e Sentinel-2, adquiridas pelo site da United States Geological Survey (USGS). O sentinel-2 está inserido no programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security), tendo sua administração conjugada com a Comunidade Europeia e a European Space Agency. As imagens adquiridas correspondem ao produto Level-1C. Para este produto, foi realizado uma correção atmosférica com o auxílio do Semi-Automatic Classification Plugin (SCP).

Para este estudo, foram utilizadas quatro bandas das 13 disponíveis, a banda 02 (azul: comprimento de onda central de 490 nm), banda 03 (verde: comprimento de onda central de 560 nm), banda 04 (vermelho: comprimento de onda central de 665 nm) e banda 08 (NIR – Infravermelho Próximo: comprimento de onda central de 842 nm). Estas bandas, após a correção aplicada e o recorte da área de estudo, foram reunidas em duas composições, uma RGB-TrueColor 04/03/02, com aplicação de realce (alteração do contraste), com desvio padrão de 2% na opção estender para MinMax e uma FalseColor 08/04/03, com desvio padrão de 3% na opção estender para MinMax (Figura 2). A utilização das duas composições objetivou facilitar a interpretação das classes na etapa de classificação.

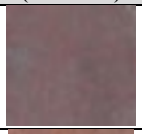
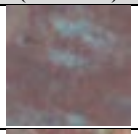
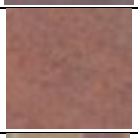
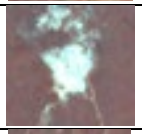
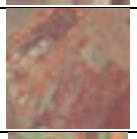
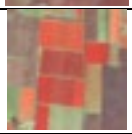
Para o Landsat-8, realizou-se uma correção atmosférica no SCP, seguido pelo recorte, e posteriormente aplicou-se uma composição FalseColor com as bandas 05 (infravermelho próximo: 0.851-0.879), 04 (vermelho: 0.636-0.673 μm) e 03 (verde: 0.533-0.590 μm). Finalmente, incorporou-se um realce com desvio padrão de 2% na opção estender para MinMax.

2.2.2 Classificação do uso e ocupação da terra

Para auxiliar a classificação do uso e ocupação da terra na área de estudo, foi realizado um levantamento das possíveis classes existentes. Com o auxílio das duas composições de bandas do Sentinel 2-A e de imagens disponibilizadas pela Google, por meio do Google Earth-Mapas, foi elaborado uma chave de interpretação para auxiliar a coleta das amostras para estas

classificações. No quadro 1, é apresentada a chave de interpretação construída com base nos tipos de uso registrados para a área de estudo, com suas respectivas descrições e amostras de resposta espectral para cada tipo de classe.

Quadro 1 – Chave de interpretação para mapeamento e classificação do uso e ocupação da terra da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

CLASSES	DESCRIÇÃO	SENTINEL 2-A (RGB-843)	CLASSES	DESCRIÇÃO	SENTINEL 2-A (RGB-843)
Caatinga Arbórea/ Arbustiva	Vegetação densa com predominância de fragmentos arbóreos.		Afloramentos	Corresponde às exposições de rochas em superfície.	
Caatinga Arbustiva Aberta/Arbórea	Vegetação rala com predominância de fragmentos arbustivos e herbáceos.		Solo Exposto	Envolve áreas desnudas desprovidas de vegetação ou com pouca vegetação herbácea, rala e aberta.	
Cultura de Sequeiro	Compreende lavouras agrícolas que só são implantadas no período chuvoso.		Extração	Refere-se à áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.	
Cultura Permanente	Compreende o cultivo de plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração.		Loteamentos	Arruamentos bem definidos voltados à futura ocupação humana.	
Cultura Irrigada	Áreas agrícolas onde o uso de técnicas de irrigação ocorre independentemente do período do ano.		Núcleos Rurais	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.	
Recursos Hídricos	Recursos hídricos em geral (como: lagos, lagoas e rios).				

Após o levantamento de dados, foram identificadas 11 possíveis classes de uso e ocupação da terra. Como na classificação supervisionada não foi possível trabalhar com muitas classes, em decorrência de semelhanças nas respostas espectrais, realizou-se uma junção, com o objetivo de maximizar a eficácia de classificação. Desta maneira, para a classificação supervisionada, foram consideradas apenas cinco macro classes, conforme ilustrado no quadro 2. Cada uma dessas macro classes representam uma classe ou um conjunto de classes delimitadas na chave de interpretação.

Quadro 2 – Relação das classes levantadas para a Zona de Amortecimento e as cinco macroclasses adotadas para a classificação supervisionada.

CLASSES LEVANTADAS	CLASSES ADOTADAS
Cultura Irrigada	Classe 1
Cultura de Sequeiro	Classe 2
Extração	Classe 3
Afloramentos	
Loteamentos	
Recursos Hídricos	
Núcleos Rurais	
Solo Exposto	
Caatinga Arbórea/Arbustiva	Classe 4
Caatinga Arbustiva Aberta/Herbácea	Classe 5
Cultura Permanente	

Com a definição das cinco classes de uso e ocupação da terra, pode-se iniciar a sua classificação. Para este estudo, utilizou-se o SCP, no qual é possível criar áreas amostrais de forma rápida, denominadas de regiões de interesse ou ROIs (Regions of Interest), as quais são salvas em formato shape, e utilizadas para realização de classificação pixel a pixel (CONGEDO, 2016).

Dentre as duas opções de composição realizadas para as imagens do Sentinel 2-A, preferiu-se a imagem com composição FalseColor 08/04/03, com desvio padrão de 3% na opção estender para MinMax. Essa composição em particular evidencia as áreas agrícolas irrigadas. Em relação a imagem do Landsat, utilizou-se a composição descrita na etapa de tratamento das imagens. Foram realizados 12 testes de classificação, seis para cada imagem, afim de obter a melhor classificação, usando as três opções de algoritmos do SCP e o limiar de classificação (Threshold). Dessa forma, após a coleta de amostras, aplicou-se, igualmente, um limiar de 0 e 100 para o “Minimum Distance”, o “Maximum Likelihood” e o “Spectral Angle Mapping”.

O algoritmo “Minimum Distance” calcula a distância euclidiana $d\ (x,\ y)$ entre as assinaturas espectrais dos pixels da imagem e treinamento de assinaturas espectrais, de acordo com a seguinte equação (CONGEDO, 2016):

$$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2}$$

Onde, x é o vetor de assinatura espectral de um pixel de imagem; y o vetor de assinatura espectral de uma área de treinamento; e n é o número de bandas de imagem. Portanto, a distância é calculada para cada pixel na imagem, atribuindo a classe da assinatura espectral que está mais próxima, de acordo com a seguinte função discriminante (CONGEDO, 2016 *apud* RICHARDS; JIA, 2006):

$$x \in C_k \iff d(x, y_k) < d(x, y_j) \forall k \neq j$$

Onde, Ck é a classe de cobertura do solo k; yk é a assinatura espectral da classe k e yj é a assinatura espectral da classe j.

O algoritmo "Maximum Likelihood" calcula as distribuições de probabilidade para as classes, relacionadas ao teorema de Bayes, estimando se um pixel pertence a uma classe de cobertura territorial. A função descrita por Congedo (2016) *apud* Richards e Jia (2006), é calculada para cada pixel como:

$$g_k(x) = \ln p(C_k) - \frac{1}{2}\ln|\Sigma_k| - \frac{1}{2}(x - y_k)^t \Sigma_k^{-1}(x - y_k)$$

Onde, Ck é a classe de cobertura do solo k; x é o vetor de assinatura espectral de um pixel de imagem; p (Ck) é a probabilidade de que a classe correta seja Ck; $|\Sigma k|$ é o determinante da matriz de covariância dos dados da classe Ck; Σ_k^{-1} é o inverso da matriz de covariância e yk é o vetor de assinatura espectral da classe k. Dessa forma,

$$x \in C_k \iff g_k(x) > g_j(x) \forall k \neq j$$

O último algoritmo, "Spectral Angle Mapping", calcula o ângulo espectral entre as assinaturas espectrais dos pixels da imagem e as assinaturas espectrais de treinamento. O ângulo espectral θ é definido como (CONGEDO, 2016 *apud* KRUSE et al., 1993):

$$\theta(x,y) = \cos^{-1}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{(\sum_{i=1}^{n} x_i^2)^{\frac{1}{2}} * (\sum_{i=1}^{n} y_i^2)^{\frac{1}{2}}}\right)$$

Onde, x é o vetor de assinatura espectral de um pixel de imagem; y é o vetor de assinatura espectral de uma área de treinamento e n é o número de bandas de imagem. Portanto, um pixel pertence à classe que possui o menor ângulo, ou seja:

$$x \in C_k \iff \theta(x, y_k) < \theta(x, y_j) \forall k \neq j$$

Onde, Ck é a classe de cobertura do solo k, yk é a assinatura espectral da classe k, e yj é a assinatura espectral da classe j. Os critérios para avaliação positiva de todos os algoritmos foram a homogeneidade na classificação e a menor ocorrência de erros, analisado pela comparação visual com as imagens de satélite. Após a escolha da melhor classificação para cada imagem de satélite, os dois resultados foram comparados quanto a quantidade de hectares e espacialidade das classes de uso e ocupação da terra.

3. Resultados e Discussão

A aplicação dos testes de classificação resultou em dados satisfatórios para a classificação realizada pelo algoritmo "Minimum Distance" com limiar a zero para a imagem do satélite Landsat 8 e pelo algoritmo "Maximum Likelihood", com limiar a 100 para a imagem do satélite Sentinel 2-A. No contexto do SCP, essas configurações produziram as melhores classificações. A classificação satisfatória do Sentinel 2-A está de acordo com os dados disponíveis na literatura, nos quais os resultados obtidos pelo SCP com o uso do "Maximum Likelihood" sugerem uma adequabilidade para mapear usos da terra com uma especificidade superior ao uso das imagens do Landsat 8. Esta classificação inclusive apresenta índices de concordância, como o de "Kappa", quase perfeitos (CASTILLEJO-GONZÁLEZ *et al*., 2009; SAMEEN *et al*., 2016; PEREIRA; GUIMARÃES, 2018).

A classificação supervisionada (Figura 4) do SCP no Quantum GIS apresentou consideráveis diferenças ao utilizar imagens de diferentes satélites, mesmo com datas de captura próximas (diferença de aproximadamente 26 dias). Em decorrência de alguns fatores, como quantidade de bits das imagens e resolução espacial e espectral, as classificações apresentaram diferenças visíveis. O Landsat 8 apresentou uma maior homogeneidade, principalmente na classe 4, que correspondeu a fragmentos de Caatinga mais densos, enquanto

no Sentinel 2-A, ocorreu uma maior incidência da classe 3, que corresponde a usos e ocupações como, extração, afloramentos, loteamentos, recursos hídricos, núcleos rurais, solo exposto. Isso se deve ao fato, principalmente, da melhor resolução espacial do Sentinel 2-A.

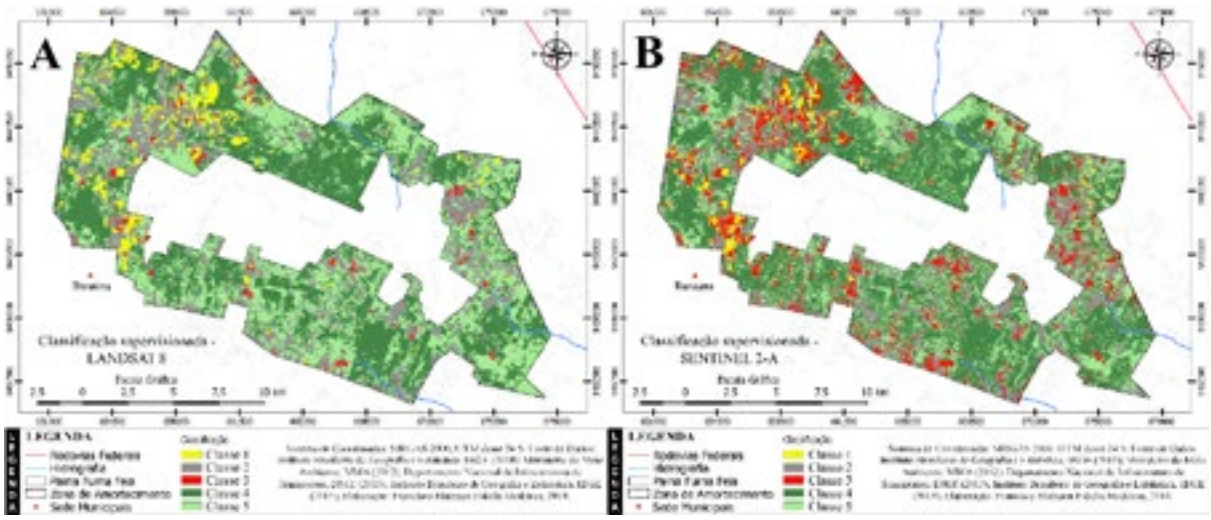


Figura 4 – Classificação supervisionada de imagens de satélite do uso e ocupação da terra da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil. a: Landsat 8; b: Sentinel 2-A.

Tabela 1 – Comparação entre dois procedimentos de classificação de imagens de satélite o Sentinel 2-A e Landsat 8, referentes a Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

	Sentinel 2-A CS (ha)	Landsat 8 – CS (ha)	Variação Absoluta	Variação Percentual (%)
Classe 1	452,59	749,43	296,84	65,6
Classe 2	7546,28	3686,49	3859,79	104,7
Classe 3	2084,83	634,32	1450,51	228,7%
Classe 4	9382,98	7576,83	1806,05	23,8%
Classe 5	5856,45	12676,26	6819,81	116,4%

A partir da análise da quantidade de hectares ocupados por cada classe, verificou-se dados extremamente divergentes, com variações absolutas de 296,84 ha (Classe 1) até 6819,81 ha (Classe 5). Em relação a cultura irrigada, a composição escolhida e os algoritmos utilizados conseguiram delimitar bem essas áreas. Por outro lado, houve uma importante diferença na classe representante de vegetação de Caatinga Arbustiva Aberta/Herbácea (Tabela 1).

Adicionalmente, levando-se em consideração a quantidade de hectares ocupados, verificou-se que a classe 4 (Caatinga Arbórea/Arbustiva) foi a que obteve a maior correspondência.

4. Considerações Finais

O Semi-Automatic Classification Plugin apresentou um ótimo desempenho para mapeamentos de uso e ocupação da terra, considerando à agilidade e resultados obtidos. A classificação de imagens do Landsat 8 também apresentou resultados favoráveis quando utilizou-se o algoritmo Minimum Distance. Já para a classificação de imagens do Sentinel 2-A, o uso do Maximum Likelihood mostrou-se mais adequado.

As comparações de análise de imagens de satélite realizadas neste estudo ainda são preliminares e caracterizam uma pequena parte do conjunto de variáveis possíveis, como a área de estudo, algoritmos, bases de dados, níveis organizacionais, composições RGB e formas de amostragem. Dessa forma, sugere-se que estudos futuros explorem novos conjuntos de variáveis, com o intuito de mensurar o desempenho do SCP, bem como alcançar resultados mais precisos e confiáveis, que possam assim contribuir de forma mais assertiva com a tomada de decisão em levantamentos ambientais.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi realizado com apoio do Programa de Apoio à Pós-Graduação (PROAP) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio de concessão de bolsa de mestrado à Francisco Hiályson Fidelis Medeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Metereologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BENTO, D. M. *et al.* Seasonal variations in cave invertebrate communities in the semiarid Caatinga, Brazil. **Journal of Cave and Karst Studies**, v. 78, n. 2, p. 61, 2016.

BIGING, G.; CONGALTON, R. **Advances in forest inventory using advanced digital imagery**. In: Proceedings of Global Natural Research Monitoring and Assessments, v. 3, Venice: Preparing for the 21st Century, p.1241-1249, 1989.

CASTILLEJO-GONZÁLEZ, I. L. et al. Object-and pixel-based analysis for mapping crops and their agroenvironmental associated measures using QuickBird imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 68, n. 2, p. 207-215, 2009.

CONGALTON, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing Environmental**, n. 37, p. 35-46, 1991.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 5.0.0.1. 3. 2016. DOI: 10.13140/RG.2.1.1219.3524.

CRUZ, J. B. *et al.* Diagnóstico espeleológico do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Espeleologia**, v. 1, n. 1, p. 1-24, 2010.

HEDLEY, J. D. *et al*. Coral reef applications of Sentinel-2: Coverage, characteristics, bathymetry and benthic mapping with comparison to Landsat 8. **Remote Sensing of Environment**, v. 216, p. 598-614, 2018.

JUNIOR, O. A. C.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES R. F. The potential of remote Sensing data in public works audit. **Revista do TCU**, n. 137, p. 80-95, 2016.

LIMA, F. J. O. *et al*. Uso do Sensoriamento remoto no monitoramento de plantas aquáticas. **Conexões - Ciência** e **Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 49-56, 2017.

MAGALHÃES, I. A. L.; JUNIOR, O. A. C.; SANTOS, A. R. Comparative analysis between techniques of remote sensing in measurement of vegetation urban in municipality of Alegre, ES. **Revista Cerrados**, Montes Claros, v. 15, n. 1, p. 156-177, 2017.

MENEZES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. 1ª. ed. Brasília, CNPq, v. 1, 256p, 2012.

MORALES-ALVAREZ, P. *et al*. Remote sensing image classification with large-Scale gaussian processes. **Ieee Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 56, n. 2, p.1103-1114, 2018.

NICULESCU, S.; IENCO, D.; HANGANU, J. Application of deep learning of multi-temporal sentinel-1 images for the classification of coastal vegetation zone of the danube delta. ISPRS - International archives of the photogrammetry, **Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v. 3, p. 1311-1318, 2018.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F. Multicategorical mapping of land use/cover in detailed scales using Semi-Automatic Classification Plugin. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 03, n. 04, p. 379-385, 2018.

PULLANAGARI, R. R.; KERESZTURI, G.; YULE, I. Integrating airborne hyperspectral, topographic, and soil data for estimating pasture quality using recursive feature elimination with random forest regression. **Remote Sensing**, v. 1117, n. 10, 2018.

SAMEEN, M. I. et al. A refined classification approach by integrating Landsat Operational Land Imager (OLI) and RADARSAT-2 imagery for land-use and landcover mapping in a tropical area. **International Journal of Remote Sensing**, v. 37, n. 10, p. 2358- 2375, 2016.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SCHROEDER, W. *et al*. Active fire detection using Landsat-8/OLI data. **Remote Sensing of Environmen**t, v. 185, p. 210-220, 2016.

VRIELING, A. *et al*. Vegetation phenology from Sentinel-2 and field cameras for a Dutch barrier island. **Remote Sensing of Environment**, v. 215, p. 517-529, 2018.

ZHANG, H. K. *et al*. Characterization of Sentinel-2A and Landsat-8 top of atmosphere, surface, and nadir BRDF adjusted reflectance and NDVI differences. **Remote Sensing of Environment**, v. 215, p. 482-494, 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA COMPONENTE SAZONAL E DE IRREGULARIDADE DA SÉRIE TEMPORAL DE TEMPERATURAS MÁXIMAS REGISTRADAS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE UBERLÂNDIA/MG, SÉRIE HISTÓRICA 1990/2015.

Guilherme David Dantas [(a)], Luiz Antõnio Oliveira [(b)]

(a) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, guilhermedd@yahoo.com.br

(b) Instituto de Geografia, Universidade Feredral de Uberlândia, luiz.oliveira@ufu.br

Eixo: 9. Geotecnologias e Modelagem Espacial e Geografia Física

Resumo/abstract

O objetivo deste trabalho é analisar as componentes de sazonalidade e de irregularidade da série temporal de temperaturas máximas registradas na estação convencional da cidade de Uberlândia/MG. A organização e o tratamento dos dados, bem como o desenvolvimento e ajuste dos modelos foram feitos no Microsoft Excel e no SPSS Statistics 17.0. Nos ajustes os modelos com menor erro foram os de médias móveis simples e os de média móveis ponderadas (erro médio quadrático de 1,62 e de percentual absoluto de -0,18). Constata-se influência da sazonalidade na série, onde os índices positivos e negativos mais significativos são de 26 %, mês de outubro e de -31%, mês de junho, respectivamente nesta ordem. Para a componente irregular, a partir de 2009, de modo geral, há aumento nos índices, sendo que no ano de 2012, ocorrem os maiores índices de toda a série histórica, -3,49°C e de 5,15°C em relação às médias mensais.

Palavras chave: Séries temporais, componente irregular, componente sazonal, Uberlândia/MG

1. Introdução

Nas últimas décadas a produção cientifica acerca do clima e das mudanças climáticas são as que mais têm produzido conhecimento na área ambiental. Contudo, mesmo diante da significativa produção científica, de modo geral, algumas considerações não podem ser descartadas, sendo a primeira relacionada à complexidade que é o comportamento do clima e a outra é de que a abordagem sobre o tema ainda está longe de se esgotar.

Na atualidade os estudos na área estão alinhados com as mudanças climáticas globais, bem como as suas causas e suas consequências, Santos, et al (2016); Adilson et al (2013); Ferreira e Cecília (2011); Tucci, (2002). A situação se torna preocupante com a constatação de que as mudanças suscitadas estão se processando a um ritmo muito maior de que aquele da variabilidade natural, impulsionado pelas atividades antrópicas, Painel Intergovernamental Sobre Mudanças Climáticas - IPCC, (2001), principalmente aquelas que geram emissão dos gases CO_2, CH_4 e o N_2O que acentuam o efeito estufa.

Neste contexto de discussões sobre as mudanças climáticas, principalmente da temperatura, assume papel preponderante a produção de dados e conhecimento em escala espaço-temporal com abrangências local e regional, que possibilitem a uma melhor compreensão sobre os cenários e perspectivas acerca da temática, Bessat (2003), Paciornik (2003), dentre outros.

A modelagem climática representa mais uma tentativa de se representar e compreender a realidade do comportamento das variáveis atmosféricas, onde, de modo geral, os produtos desenvolvidos são operacionalizados em função de relações matemáticas (MACIEL, 2017).

Sobre modelagem de dados, há de se destacar que a estatística de séries temporais é de uso consagrado quando se quer analisar comportamentos de elementos do clima e, pode ser entendida como qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo, Morettin e Toloi (2006). Bayer e Souza (2010) descrevem que esta técnica pressupõe a identificação de relação de dependência temporal nos dados, indicando o mecanismo de geração da série visando a extração de periodicidades inerentes às observações, no detalhamento do seu comportamento, bem como na execução de previsões.

Na decomposição clássica de series temporais, os valores da serie são uma função da combinação de quatro componentes (T, C, S, I): tendência que é uma componente de longo prazo; ciclos que representa flutuação de longo prazo; sazonalidade que representa flutuação de

curto prazo e, por último, a componente irregular que representa as ocorrências irregulares ou fatos inesperadas que afetam o resultado da série.

Outra característica importante em estudos de séries temporais é a possibilidade de se extrair tendência ou o comportamento de longo prazo da série. Para tanto, se utilizam de diversos ajustes de modelos de tendência, sejam eles por equação, (linear, exponencial, logaritmo, polinômio de 2º grau e potência) e outras opções referem-se a média móvel simples - MMS, media móvel ponderada e alisamento exponencial. A escolha do melhor modelo para determinação da tendência é feita por análise de medidas de acuracidade, dentre as quais reportam-se as média aritmética simples, erro quadrado médio, erro percentual médio e erro percentual absoluto médio.

Diante de toda a discussão, o objetivo deste trabalho é analisar as componentes de sazonalidade e de irregularidade das temperaturas máximas das máximas registradas na estação meteorológica convencional de Uberlândia/MG, série histórica 1990/2015.

2. Métodos

Neste trabalho foram utilizados dados de temperaturas máximas das máximas provenientes do Banco de Dados Metrológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação convencional Uberlândia/MG (código 83527), período de 1990 a 2015.

A organização e o tratamento dos dados foram feitos no Microsoft Excel e no SPSS Statistics 17.0. Os gráficos, quadros e tabelas apresentados, bem como o desenvolvimento e ajuste dos modelos matemáticos foram elaborados em planilhas do Microsoft Office Excel 2007.

Na determinação da tendência de longo prazo serão utilizados modelos baseados em equações de regressão (modelo linear ou modelo de reta**,** polinômio de segundo grau, logaritmo, potencia e modelo exponencial) e ainda as opções de modelo, que não necessitam de suposições ou de utilização de equações de regressão, como as médias móveis, médias móveis ponderadas, e alisamento exponencial.

As medidas de acuracidade permitem escolher qual dos modelos ajustados aos dados é o mais apropriado para descrever as tendências de longo prazo da série. As medidas de acuracidade resultam de cálculos de médias: média aritmética simples dos erros absolutos - EAM; erro quadrático médio - EQM; erro percentual médio - EPM; erro percentual absoluto médio – EPAM, onde quanto mais próximo zero for o resulado, menor é o erro.

A componente sazonal foi obtida pelo modelo aditivo (diferença entre o valor observado e a média móvel simples, cuja formulação matemática é dada por S = Y - MMS), onde a soma dos índices deve retornar zero "0", sendo que o excesso, resultados diferentes de zero, será corrigido.

A componente cíclica irregular foi obtida pelo modelo aditivo (diferença entre o valor observado, a componente sazonal corrigida e a média móvel simples, cuja formulação matemática é dada por I = Y - MMS - S),

3. Resultados

Uberlândia/MG está localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, no estado de Minas Gerais. Possui tipo climático Aw, apresentando uma primavera com elevadas temperaturas e verão chuvoso. De outro modo, condições mais amenas de temperaturas, bem como de baixos índices pluviométricos ocorrem no outono/ inverno.

Síntese dos valores médios de temperatura e totais de precipitação para a cidade de Uberlândia/MG pode ser conferida na tabela 1 e gráfico 1.

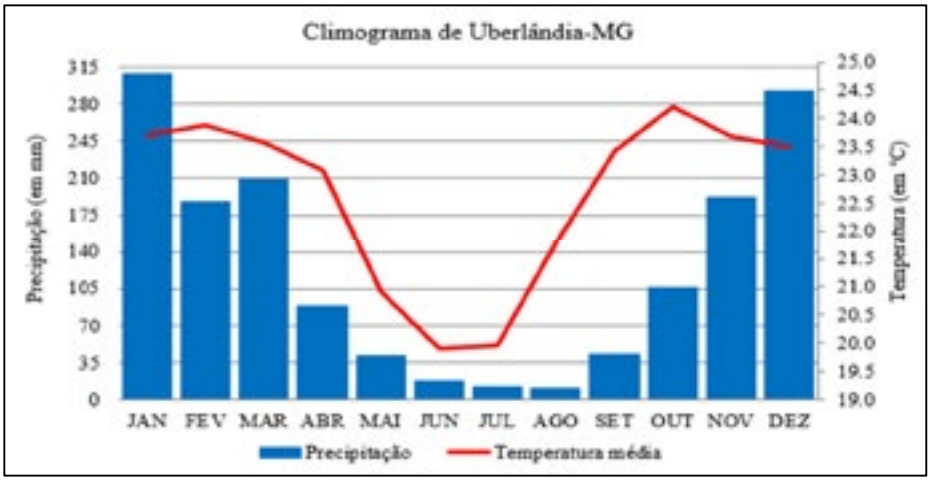
Tabela 1: Temperatura e precipitação média de Uberlândia-MG de 1981-2015.

Meses	**Jan**	**Fev**	**Mar**	**Abr**	**Mai**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Set**	**Out**	**Nov**	**Dez**	**Média**
Prec. (mm)	309	187	210	88	41	17	11	10	43	105	192	292	1507

Temp. (°C)	23.7	23.9	23.6	23.1	20.9	19.9	20.0	21.8	23.4	24.2	23.7	23.5	22.6

Fonte: Petrucci, (2017)

Gráfico 1: Climograma da cidade de Uberlândia-MG, série histórica de 1981 a 2015.



Fonte: Petrucci, (2017).

Análise da tabela 1 e do gráfico 1, indicam que o período chuvoso se concentra no período de outubro a abril, com picos ocorrendo nos meses de janeiro e dezembro, sendo estes de 309 mm e 292 mm, respectivamente. A estiagem que ocorre entre os meses de maio a setembro, sendo os meses de julho e agosto com os menores valores médios de precipitação, com 10 mm e 11 mm, respectivamente. De acordo com Petrucci (2017), a precipitação média anual da cidade é de 1.507 mm. Análise para temperaturas médias indica que o interstício de setembro a abril, é o que concentra maiores valores médios, superiores a 23 °C, com destaque para os meses de outubro e fevereiro, com 24,2 °C e 23,9 °C, respectivamente. As temperaturas mais amenas ocorrem no período que se estende de maio a agosto, com destaque para os meses de junho e julho, com 19,9 °C e 20,0 °C, respectivamente. A precipitação média anual é de 1.507 mm e a temperatura média anual é de 22,6 °C (PETRUCCI, 2017).

Teste de normalidade Shapiro-Wilk da série de dados retornou d = 0,42, onde $p > 0,05$, indicando normalidade da série.

No Quadro 1 estão sintetizados os resultados do processamento da estatística básica dos valores da temperatura máxima das máximas.

Quadro 1: Estatística descritiva (temperaturas máximas das máximas).

N	Amplitude	Mínimo	Maximo	Média	Desvio	Mediana	Variância	Skewness	Curtose
310	12	27,2	39,2	32,8	2,20	32,8	4,84	,243	-,346
Percentis									
5	**10**	**25**	**50**	**75**	**90**	**95**			
29,6	30	31	32,8	34,2	36	36,5			

Analisando o quadro 1 observa-se que a série contempla 310 dados, onde as temperaturas variam de 27,2 a 39,2 ºC, com média 32,8 ºC, mediana de 32,8 ºC, desvio padrão de 2,2 e variância de 4,84. O coeficiente de assimetria de Skewness apresenta valor positivo 0,243, indicando assimetria a direita. Curtose platicúrtica com valor de -0,346, indica curva mais achatada que a da distribuição normal

O resultado dos testes de acurácia e respectivos modelos testados estão sumariados no quadro 2.

Para a série de dados de temperaturas máxima de máximas da estação de Uberlândia/MG as medidas de acurácia que mais se aproximaram de zero e respectivos modelos foram:

- No cálculo do erro médio absoluto, os modelos de melhores ajustes aos dados foram os de média móvel ponderada e média móvel simples, ambos com erros de 1,62;
- Para o erro médio quadrático, o modelo de melhor ajuste foi o de alisamento exponencial, com erro de 1,63;
- Para o erro percentual médio, os modelos de média móvel ponderada e média móvel simples tornam-se a ser os de melhor ajuste, ambos com erros de -0,42;

- Para o erro percentual absoluto médio, o modelo de melhor ajuste foi o exponencial, com erro de -0,18.

Quadro 2– Testes de acurácia e respectivos modelos matemáticos.

Modelo	**Testes de acurácia**			
	Erro Médio Absoluto – EAM	Erro Quadrático Médio – EQM	Erro Percentual Médio – EPM	Erro Percentual Absoluto Médio - EPAM
Reta ou linear	23.0	5.35	1.24	5.28
Logaritmo	1.78	1.96	4.71	-0.43
Polinômio de 2º grau	14.16	1.78	4.81	-0.75
Potencia	2.10	14.16	8.48	4.60
Exponencial	1.81	2.10	4.74	-0.18
Alisamento exponencial	19.28	1.63	4.04	-0.45
Média Móvel Simples - MMS	1.62	4.01	-0.42	4.98
Média Móvel Ponderada - MMP	1.62	4.01	-0.42	4.98

Nota-se que nos resultados que os modelos de média móvel simples e média móvel ponderada (pesos calculados pela ferramenta *solver* do excel) os resultados apresentam os mesmos valores de erros.

Na decomposição de séries temporais pelo Modelo aditivo os índices sazonais flutuam em torno de zero, sendo este valor representativo da neutralidade para este modelo. Em termos percentuais, 5% é o valor estabelecido como limite, sendo que variações inferiores ao limite indicam pouca influencia ou inexistência de sazonalidade, enquanto que, valores superiores indicam influencia de sazonalidade e, esta deve ser considerada no cálculo da previsão.

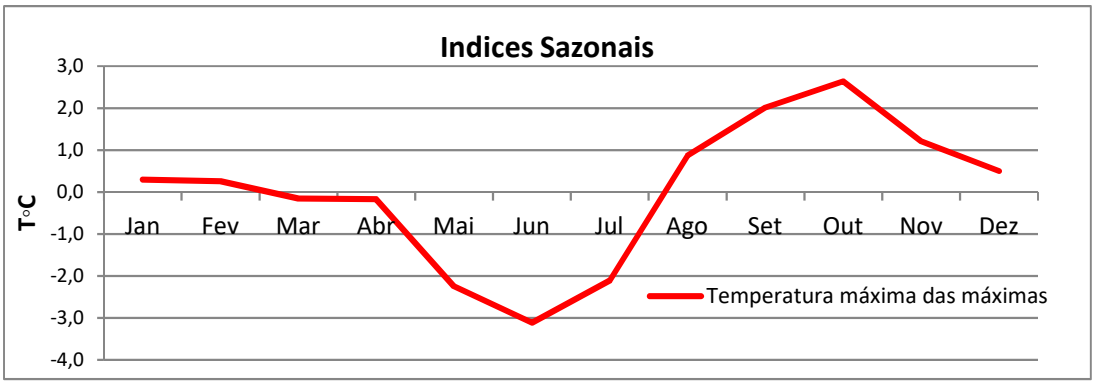
No quadro 3 estão sintetizados os resultados dos cálculos para obtenção das componente sazonal pelo modelo aditivo.

Quadro3 – Resultados dos cálculos para obtenção da componente sazonal.

Indice sazonal modelo aditivo		
MÊS	**Médias internas dos índices**	**Variação percentual**
janeiro	0.2979	3%
fevereiro	0.2607	3%
março	-0.1581	-2%
abril	-0.1701	-2%
maio	-2.2411	-22%
junho	-3.1128	-31%
julho	-2.1056	-21%
agosto	0.8642	9%
setembro	2.0141	20%
outubro	2.6367	26%
novembro	1.2121	12%
dezembro	0.5022	5%

Na análise do quadro 3 observa-se variação de índices iguais ou superiores (positivos e negativos) a 5% no período de maio a dezembro, indicando o efeito da sazonalidade na série. Os valores positivos de agosto a fevereiro indicam aumento das temperaturas em relação às médias dos respectivos meses, sendo este mais significativo nos meses de outubro, onde os valores superam em 26 % à media para este mês. De outro modo, desvios negativos indicam uma retração dos valores, sendo que a mais significativa ocorre nos meses de junho com percentual de -31%. Comportamento dos índices pode ser observado no gráfico 1.

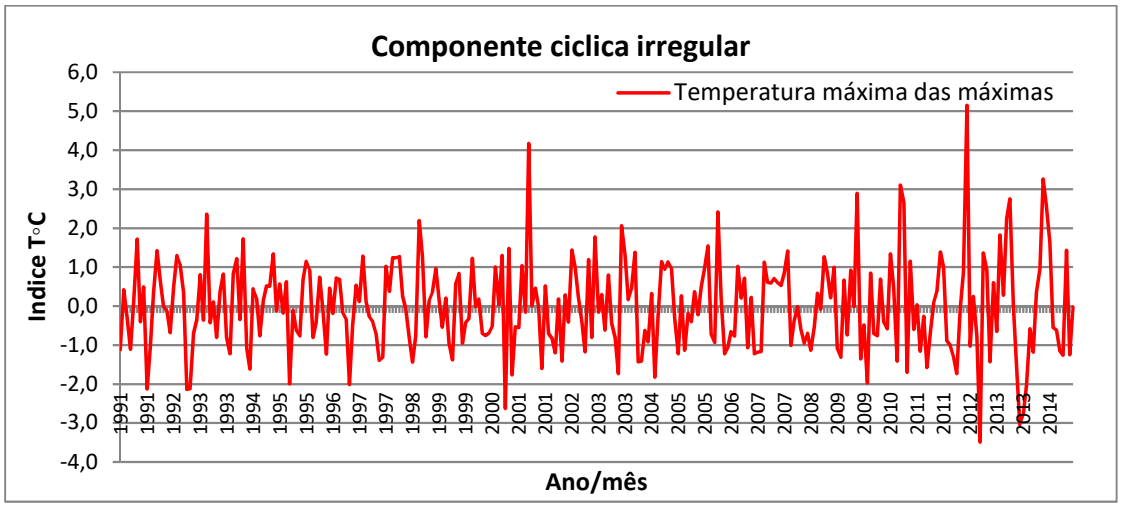
Gráfico 1 – Índices da componente sazonal.



Na análise da componente irregular, nota-se que a partir de 2009, de modo geral, há um aumento dos índices da componente irregular com concomitante acentuação de valores, sendo que no ano de 2012, ocorrem os maiores índices de toda a série histórica, com valores de -3,49°C e de 5,15°C, gráfico 2.

Neste caso, a estrutura com alternância sistemática com valores altos e baixos de duração superior a 1 ano, é indicativa de ciclos na série e que devem ser incluídos na previsão. Assim, o modelo de previsão adotado contemplara junto com a tendência às sazonalidades e os ciclos.

Gráfico 2 – Índices da componente cíclica irregular.



4. Considerações finais

A modelagem de dados ambientais constitui importante ferramenta na análise de dados ambientais, cujos resultados permitem o entendimento do comportamento das variáveis em análise, sendo de fundamental importância nas estratégias de gestão, bem como na mitigação dos impactos.

Em análise de séries temporais é imprescindível verificar a normalidade dos dados, e assim, determinar o teste estatístico mais apropriado, dentre as opções citam-se os paramétricos ou os não-paramétricos.

De modo geral, os resultados demonstraram a existência de sazonalidade na série, ou seja, há uma repetição de comportamento dos valores de temperaturas máximas das máximas ao longo do ano, sendo que os maiores desvios, negativos e positivos, em relação às respectivas médias mensais, ocorrem nos meses de junho e outubro, respectivamente nesta ordem.

Na análise da componente cíclica irregular nota-se uma tendência do aumento das temperaturas máximas das máximas a partir de 2009. O desvio de mais de 5 ºC ocorrido no ano de 2012 foi o maior registrado em toda a série histórica. Este comportamento aponta para um cenário de aumento considerável das temperaturas máximas, que, de certa maneira, vem de encontro à teoria do aquecimento global em larga escala.

5. Referências

BAYER, Fabio Mariano. Wavelets e modelos tradicionais de previsão: um estudo comparativo.. **Revista Brasileira de Biometria,** São Paulo, v. 28, n. 2, p.40-61, 2010. Disponível em: <http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v28/v28_n2/A3_Fabio_Adriano.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2016.

BESSAT, F. A. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Terra livre**. São Paulo. Ano 19, v. 1, n. 20. 2003.

FERREIRA, W. P. M.; CECÍLIA, F. S. Caracterização climática das séries temporais de temperatura e precipitação pluvial em Sete Lagoas, MG. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nr. 35. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas 2011, 34 pp.

FARIA, E. L.; ALBUQUERQUE, M. P.; ALFONSO, J. L.G.; ALBUQUERQUE, M. P.; CAVALCANTE, J. T. P. Previsão de Séries Temporais utilizando Métodos Estatísticos. Rio de Janeiro, 2008.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate Change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability: contributions of the working group II to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Disponível em: . Acesso em: 25 ago. 2005.

LEMOS, F. O. Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

MACIEL, Samuel Alves. Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, Brasil. 2017. 213 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

MORETTIN, Pedro A.; TOLOI, Cléia M. C. **Análise de séries temporais.** 2. ed. São Paulo: Egard Blucher, 2006. 538 p.

PACIORNICK, N., MACHADO FILHO, H. Política e Instrumentos Legais e Internacionais da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima In: MOREIRA, A. e SCHWARTZMAN, S. (ed.) **As Mudanças Climáticas Globais e os Ecossistemas Brasileiros**. Brasília, IPAA, 2000. .

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018, 245 p.

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.3, 281 - 290, 2013.

SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; FARIAS, M. H. C. S.; AIRES, U. R. V.; SERRÃO, E. A. O. Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo. **HOLOS**, Ano 32, Vol. 7, pp 179-193.

TUCCI, C. E. M. Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. Brasília: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas, p. 150, 2002.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA CONTINUIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO FRANCISCO EM SUA ÁREA DE OCORRÊNCIA NO ESTADO DE MINAS GERAIS-BRASIL, SÉRIE HISTÓRICA 2004 A 2017

Guilherme David Dantas [(a)], Luiz Antônio Oliveira [(b)]

(a) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, guilhermedd@yahoo.com.br

(b) Instituto de Geografia, Universidade Feredral de Uberlândia, luiz.oliveira@ufu.br

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Espacial e Geografia Física

Resumo/

O objetivo deste trabalho é analisar o comportamento da continuidade espacial da precipitação na bacia do Rio São Francisco em sua área de ocorrência no estado de Minas Gerais, série histórica 2004 a 2017. Os dados de precipitação, oriundos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, foram organizados e tratados em planilha do Microsoft Excel. A análise geoestatística utilizando as técnicas do semivariograma, krigagem ordinária e validação cruzada foi desenvolvida no software SGEMs. O tratamento no semivariograma resultou como parâmetros ótimos: lag de 44; distância h de 20.000m; efeito pepita de 3.000; sill de 30.000 e alcance variográfico de 210Km. A Krigagem Ordinária foi configurada com os parâmetros resultantes do semivariogama sobre uma malha regular de células de 10x10Km. Estatisticas dos dados validados e dos erros apresentaram médias de 1.223,24mm e 0,31mm e variâncias de 83.547,7 e 13.383,5, respectivamente nesta ordem. Foi confeccionado o mapa da precipitação estimada.

Palavras chave: Geoestatística, Precipitação, Krigagem, Semivariograma

1. Introdução

No Brasil, a variedade climática é responsável pela formação de um diversificado conjunto de paisagens naturais com aspectos singulares, seja de precipitação, de vegetação, geomorfologia, solos, entre outros (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

A precipitação pluviométrica é uma variável climática que possui uma distribuição aleatória no espaço e no tempo, exercendo forte influência nas condições ambientais. Para a compreensão e o entendimento do comportamento dessa variável climática são necessários estudos e pesquisas a partir da análise de registros pluviométricos, (Tucci, 2001; Moulin, 2005; Caram, 2007). Sobre esta mesma temática, Mello (2016) descreve:

> "A série temporal de dados de chuva geradas pelos pluviômetros e pluviógrafos será homogênea se as variações forem causadas pelo tempo e clima, uma vez que a homogeneidade é representada por uma série de dados climáticos que tenham variações causadas por características físicas. Porém, não é uma tarefa simples ao pesquisador determinar a homogeneidade da série, o acesso ao metadado é um instrumento que possibilita verificar se o equipamento foi transferido de local, as mudanças na paisagem e manutenção. Sendo um exemplo de dificuldade na análise, pois os fatores não climáticos interferem na homogeneidade, gerando uma tendência gradual dos dados e/ou descontinuidade na variância." (Tucci, 2001; Caram, 2007).

Ainda com base ao exposto por Mello (2016), quando se realiza o mapeamento de uma variável climática a partir de estações de superfície tem-se a problemática de generalizar o resultado para uma área a partir de amostras pontuais.

A precipitação apresenta certo grau de dependência espacial, desta forma a geoestatística ou teoria das variáveis regionalizadas é uma alternativa na análise amostral, pois permite definir o raio de dependência entre os exemplares. No conceito fundamental da geoestatística tem-se que as amostras mais próximas no tempo e no espaço sejam mais similares entre si (Baú et al., 2006; Caram, 2007).

No Brasil, uma das principais fontes de dados meteorológicos disponíveis para consulta pública, principalmente dados de precipitação, provém do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esta instituição disponibiliza séries históricas de precipitação obtidas de 262 estações meteorológicas/climatológicas distribuídas ao longo do território nacional, tendo como atribuição o fornecimento de dados meteorológicos e configurando-se como base de dados indispensável das pesquisas na área meteorológica ou climatológica. Contudo, os dados de precipitação das estações são pontuais e sua distribuição ao longo do território é irregular, sendo mais densa nas regiões de maior ocupação populacional: Nordeste, Sudeste e Sul. Sob a condição de que a manifestação deste fenômeno meteorológico não é homogênea ao longo do espaço, algumas regiões dependem diretamente de estimativas para determinação dos valores de precipitação locais.

Dentre as técnicas estatísticas de estimativa, a krigagem é um método univariado de inferência espacial que usa a dependência no espaço expressa no semivariograma/variograma entre amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição da área de estudo, sem tendência e com variância mínima, tornando-se um ótimo estimador. A utilização da krigagem possibilita o cálculo de uma medida do erro de estimação para cada valor e de um intervalo de confiança (Mello, 2004; Moulin, 2005; Baú et al., 2006; Carvalho et al., 2004).

Assim, diante do que foi exposto, o objetivo desta pesquisa é analisar a continuidade espacial da precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em seu trecho no estado de Minas Gerais, utilizando técnicas geoestatisticas que incluem semivariograma/variograma, Krigagem e validação.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo delimita-se pela Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais, que abrange uma área de 235.635 Km², é delimitada pelas coordenadas Latitudinais de 14°11'S e 21°03'S e de Longitude 42°29'O e 47°21'O, regiões do alto e médio curso da referida bacia (Figura 1).

Neste trabalho utilizou-se dos dados de precipitação de 39 estações pluviométricas do INMET, da série histórica de 2004 e 2017, conforme Quadro 1. Os dados encontram-se disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), no endereço eletrônico do INMET: *www.inmet.gov.br*.

No programa SGEM's utilizou-se do recurso metodológico do semivariograma/variograma relativo aos dados de precipitação total anual média referente á serie histórica adotada. O semivariograma ou variograma é a ferramenta básica, pois permite analisar quantitativamente a variação de um fenômeno. As propriedades típicas de um variograma analisadas foram: alcance (a); efeito pepita (C0); variância estrutural (C) e patamar (C0 + C). Destaca-se que utilizou-se das 39 estações pluviométricas para geração do modelo.

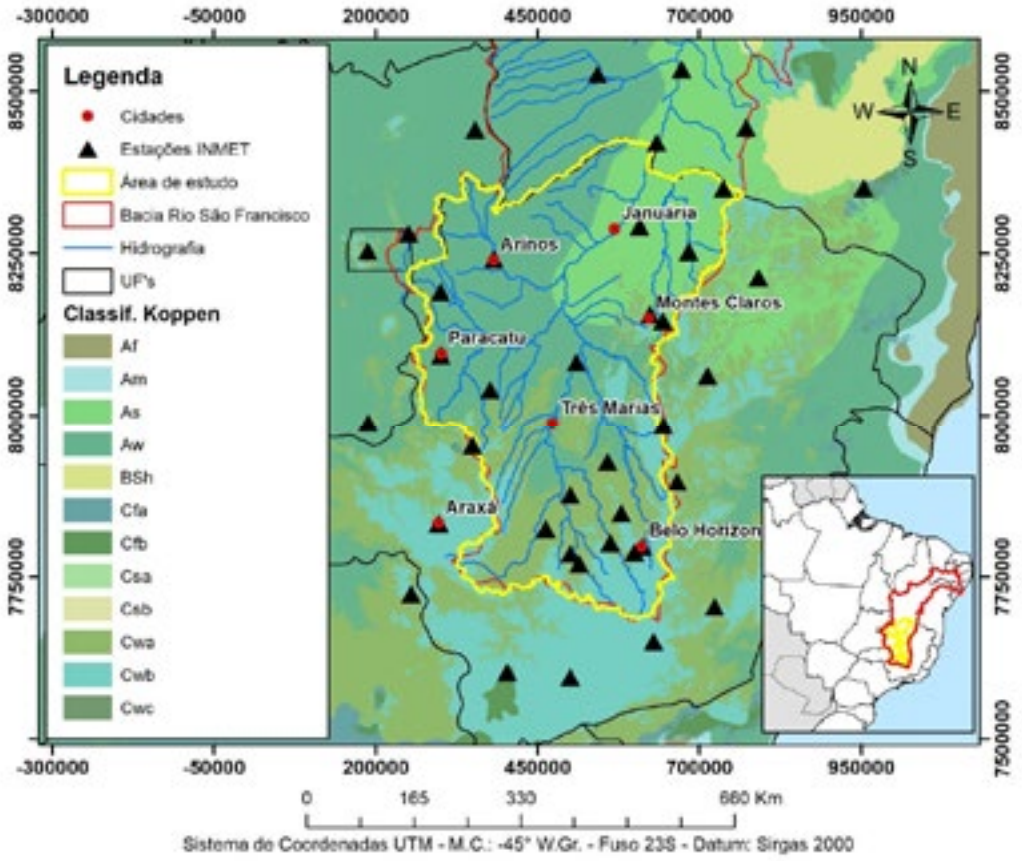


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais

Quadro 1 – Lista das estações pluviométricas do INMET. Coordenadas na projeção UTM, fuso 23 Sul.

Código	Nome	Coord. E (m)	Coord. N (m)	Código	Nome	Coord. E (m)	Coord. N (m)
83579	Araxa	296528	7831626	83630	Franca	253996	7722552
83384	Arinos	382251	8240710	83632	Ibirite	599372	7787130
83582	Bambui	500000	7785199	83395	Janauba	683160	8252443
83689	Barbacena	628663	7649679	83386	Januaria	607284	8291652
83587	Belo Horizonte	611982	7795908	83481	Joao Pinheiro	375947	8039300
83533	Bom Despacho	462266	7823889	83452	Juramento	642818	8145406
83288	Bom Jesus Da Lapa	672260	8533563	83687	Lavras	500000	7594844
83377	Brasilia	187129	8253230	83683	Machado	402753	7602297

83589	C do Mato Dentro	665239	7896222	83437	Montes Claros	623689	8155485
83339	Caetite	772144	8444183	83479	Paracatu	300113	8092922
83485	Carbonita	712315	8060696	83531	Patos de Minas	349045	7952790
83408	Carinhanha	633754	8420950	83483	Pirapora	509562	8081723
83526	Catalao	187912	7987391	83570	Pompeu	500000	7875936
83286	Correntina	542236	8526337	83441	Salinas	790892	8212551
83536	Curvelo	557974	7926745	83586	Sete Lagoas	578720	7848102
83538	Diamantina	643796	7983834	83428	Unai	299189	8190315
83635	Divinopolis	513584	7769701	83642	Viçosa	722800	7702938
83338	Espinosa	736666	8350459	83344	Vitoria da Conquista	953214	8350665
83581	Florestal	561765	7801690	83332	Posse	353184	8440790
83379	Formosa	250088	8280584				

.

A função variograma, denominada 2γ(h), é definida, conforme Journel et.al. (1978); Santos et. al. (2014) com a esperança matemática do quadrado da diferença entre pares de pontos separados por uma distância *h*:

$$2\gamma(h) = E\{[Z(x) - Z(x+h)]^2\}$$

Como consequência, define a função semivariograma como sendo a metade da função variograma, ou seja:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

Onde:

γ*(h) = valor experimental do semivariograma para o intervalo da distância *h*;

N(h) = número de pares de pontos amostrais separados pela distância maior de *h*

z(xi) = valor da variável de interesse em um ponto amostral xi z(xi+h) = valor da variável de interesse no ponto amostral *xi+ h*.

Foram utilizados nesta pesquisa quatro variações de modelos teóricos de variogramas para a série de dados, diferenciando-os em relação valor de *h*. Este parâmetro, ao ser alterado, resulta em diferentes valores no alcance, efeito pepita, variância estrutural e patamar. O critério utilizado para avaliação do melhor modelo de semivariograma baseou-se na aplicação da técnica de Validação

Cruzada, ao qual comparou-se as médias dos resultados estimados de precipitação, o coeficiente de correlação dos dados estimados em relação dos dados originais e o erro médio quadrático de cada modelo. Tal comparação tem finalidade qualitativa e não quantitativa, sendo apenas utilizada para comparar os modelos de variograma e assim, definir o melhor parâmetro para interpolação.

Após verificar a dependência espacial da amostra através dos semivariogramas e definir qual modelo apresentou melhor ajuste em relação aos dados, foi possível aplicar a técnica de krigagem. Estimativas geoestatísticas são muitas vezes superiores aos demais métodos de interpolação justamente pela utilização da função variograma, que depende da existência ou não do efeito pepita, da amplitude e da presença de anisotropia. (Alvares,2011; Wanderley et al., 2012; Yamamoto et al., 2013).

Foi selecionada para esta pesquisa a Krigagem Ordinária, por ser o método mais utilizado devido a sua simplicidade e os resultados que proporciona. Estimou-se valores de precipitação para os locais não amostrados dentro da área de análise, ao qual adotou-se os parâmetros obtidos através do semivariograma.

Conforme Goovaerts (1997); Kim et. al. (2004) o valor previsto, kriging estimador Z (u), é baseado na combinação de regressões lineares básicas definidas como:

$$Z(u) = \sum_{i=1}^{n(u)} \lambda_i Z(u_i)$$

Onde:

u e ui = indicam respectivamente os vetores de localização para ponto de estimativa e pontos de dados vizinhos no número de pontos de dados, n (u);

λi = são pesos de krigagem que são estimados como soluções do sistema de krigagem para minimizar a variância do estimador;

Os parâmetros utilizados na krigagem, aplicada sobre os valores de precipitação anual média das 39 estações pluviométricas, foram definidos a partir do semivariograma adotado. O dado matricial referente ao resultado da interpolação foi exportado em formato de texto (.csv) e convertido em formato de tabela para carregamento no programa SIG ArcGis 10.2.2. em formato vetorial.

No ArcGIS, o dado importado em formato vetorial foi recortado (delimitado) dentro do perímetro da área de estudo, sendo possível a partir das ferramentas disponíveis do programa,

determinar os valores estatísticos do resultantes da Krigagem. Também, confeccionou-se o Mapa da Precipitação Anual Média da bacia do Rio São Francisco dentro do estado de Minas Gerais.

3. Resultados e discussões

Na bacia hidrográfica do alto e médio rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais, no período histórico de 2004 a 2017, a média anual de precipitação variou entre 1903 mm no Alto São Francisco e 566 mm no Médio São Francisco (INMET 2018) (Figura 2).

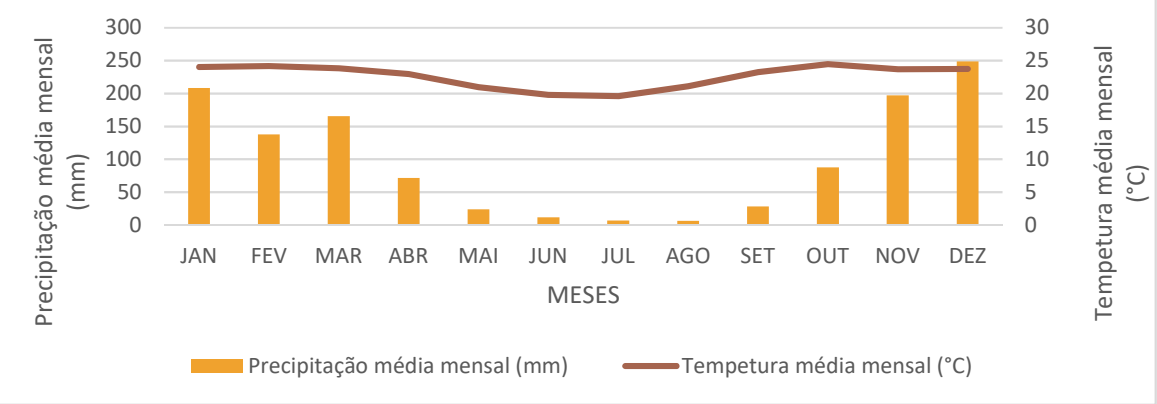


Figura 2 – Climograma da área de estudo para a série histórica de 2004 a 2017

O quadro 2 apresenta o sumário da estatística exploratória dos dados das médias dos totais anuais de precipitação. A amostra representada por 39 dados de precipitação (médias dos totais anuais), apresentou valores que variam de 594 a 1730 mm, média de 1223 mm, desvio padrão de 310 e variância de 98668. O coeficiente de Skewness, com valor negativo, indica assimetria negativa. A curtose, com valor negativo, platicúrtica, indica que a forma da distribuição é mais "achatada" que a distribuição normal.

Uma das condições para aplicação do teste geoestatístico é de os dados apresentem uma distribuição normal. Portanto foi aplicado teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, d = 0,124, p > 0,05, indicativo de normalidade.

Quadro 2 - Estatística descritiva dos dados originais e do resultado da krigagem (médias dos totais anuais de precipitação mm)

Estatística exploratória		**Precipitação média anual (mm) - Dados das estações pluviométricas**	**Precipitação média anual (mm) - Dados da Krigagem**
Medidas de tendência central	Média	1222,93	1236,42
	Mediana	1306,35	1237,72
	Moda	1375	1075,00
Medidas de dispersão	Mínimo	594,02	613,49
	Máximo	1729,91	1718,59
	Amplitude	1135,89	1105,1
	Variância	96134,94	69299,50
	Desvio padrão	310,06	263,25
	Quantil 25%	971,52	1055,52
	Quantil 75%	1460,94	1457,32
Medidas de distribuição	Skewness	-0,35	-0,23
	Curtose	-1,03	-0,69

Foram testados semivarioramas com valores *h* iguais a 20, 30, 40 e 60 km para um fenômeno é isotrópico com alcance variográfico de 210 Km. Dos semivariogramas testados (Quadro 3 e Figura 3), o de número 1 retornou os melhores resultados com média do erro de 0,31 mm e coeficiente de correlação de 0,93, relativo aos dados estimados em relação aos dados originais.

Quadro 3 – Parâmetros dos modelos dos semivariogramas e resultados da Validação Cruzada

Parâmetros do Semivariograma	**Modelo 1**	**Modelo 2**	**Modelo 3**	**Modelo 4**
Número de Lags	**44**	30	22	15
Lag Separation (Espaçamento)	**20000**	30000	40000	60000
Lag Tolerance (Tolerância)	**10000**	15000	20000	30000
Isotropia/Anisotrpia	**Isotrópico**	Isotrópico	Isotrópico	Isotrópico
Bandwidth (Largura da Banda)	**100000**	100000	100000	100000
Nugget (Efeito Pepita)	**3000**	10000	10000	10000
Sill (Patamar)	**30000**	20000	25000	20000
Type (Modelo)	**Gaussian**	Exponencial	Gaussian	Exponencial
Range (Amplitude)	**210000**	198000	230000	225000
Resultados da Validação Cruzada	**Modelo 1**	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Média	**1223,24**	1209,23	1218,14	1219,41

Diferença em Relação ao Dado Bruto	**0,31**	-13,7	-4,79	-3,52
Variância	**83547,7**	113449	78999,8	73807,1
Diferença em Relação ao Dado Bruto	**-12587,24**	17314,06	-17135,14	-22327,84
Erro Médio Quadrático	**13040,5**	28958,3	14136,7	16676,7
Variância do Erro	**13040,38**	28770,49	14113,69	16664,25
Diferença do Erro Médio Quadrático e Variância	**0,1**	187,8	23,0	12,4
Scaterplot Real X Xval	**Modelo 1**	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Coef. Correl	**0,929758**	0,862894	0,924151	0,910346
Spearman	**0,896154**	0,84332	0,884413	0,856073

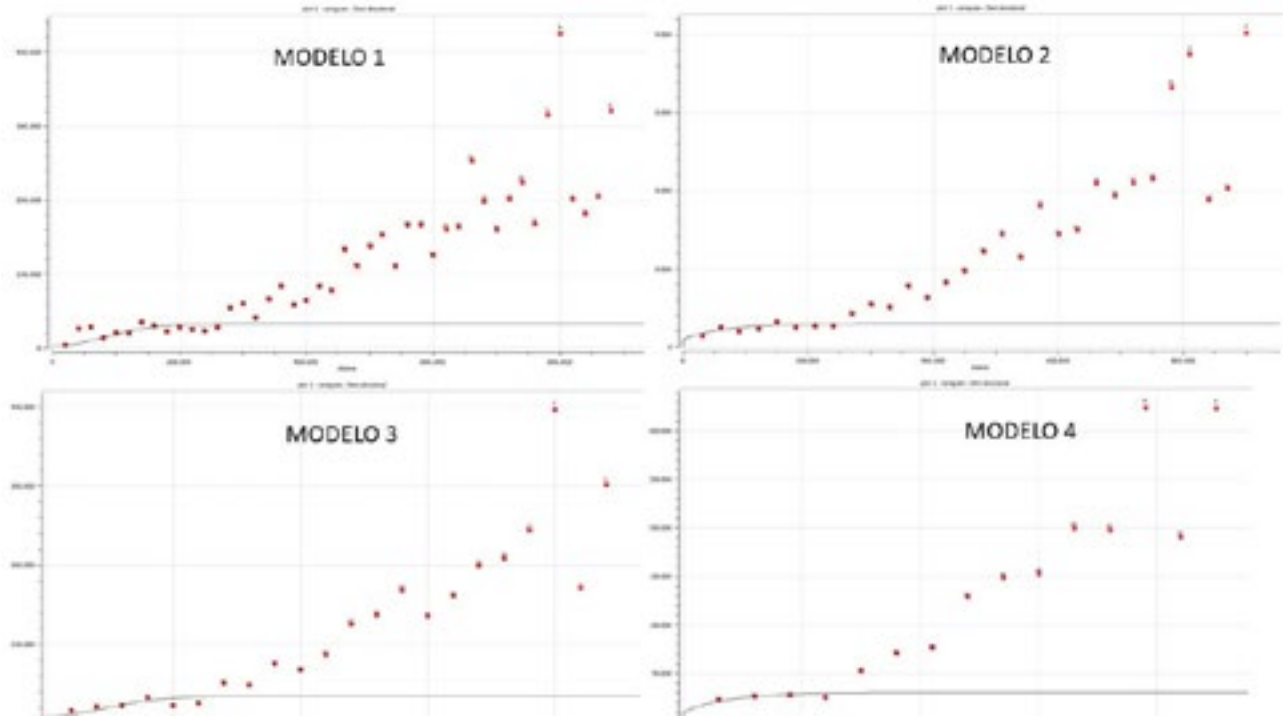


Figura 3 – Modelos testados de semivariogramas

A etapa final consistiu na importação dos dados resultantes do processo de krigagem pelo software ArcGIS, onde foi possível confeccionar o mapa representativo do comportamento espacial da precipitação (Figura 4).

A interpolação foi desenvolvida sobre uma malha regular (*grid*) de dimensão de 540x759 Km e células de 10x10 Km.

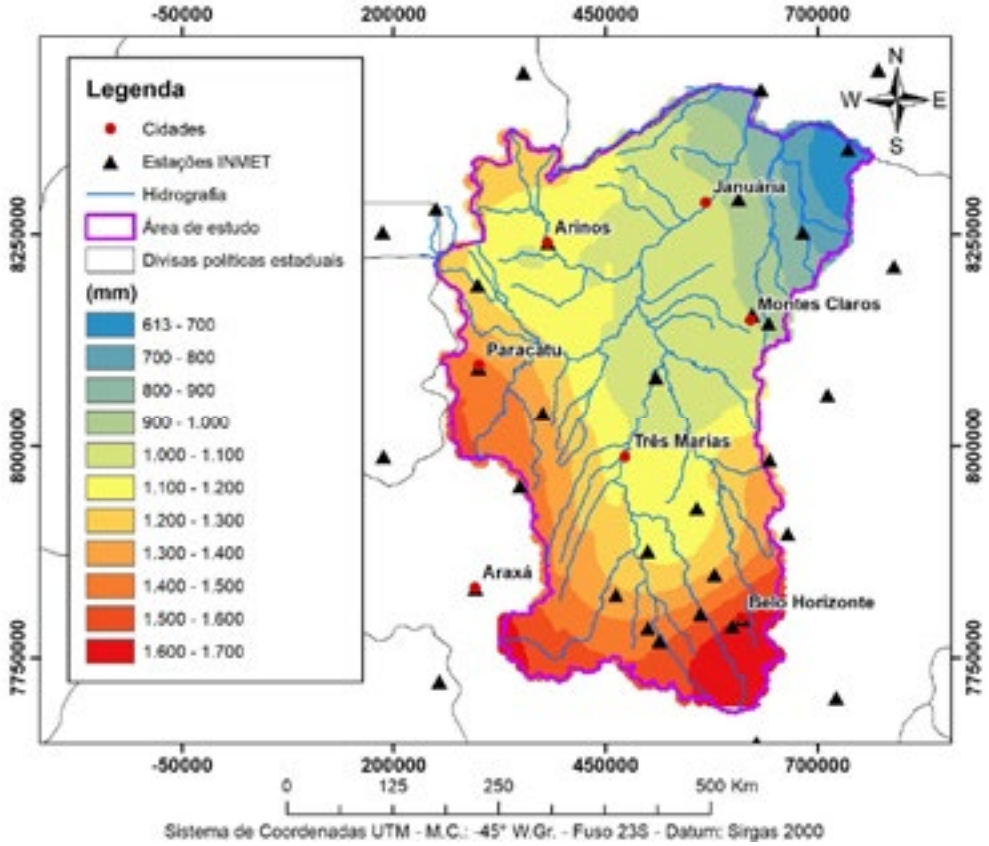


Figura 4 – Mapa da Precipitação Anual Média da área de estudo obtido pela técnica da Krigagem.

4. Considerações finais

A análise da continuidade espacial do fenômeno de precipitação representa um método de grande relevância no contexto dos estudos climatológicos e principamente, no processo de estimativa em regiões onde não há registros primários de dados pluviométricos. Neste cenário, a geoestatistica demonstra-se bastante eficiente na aplicação de análise espacial sobre amostras de dados de diversos fenômenos.

O processo de krigagem permite estimar valores para áreas onde não há dados, aos quais é possível adequar parâmetros específicos para o fenômeno analisado. O programa SGEMS enquadra-se como uma ferramenta de grande utilidade, ao qual é possível gerar semivariogramas cujos resultados modelam o processo de interpolação e geração de estimativas de valores, ou seja, a krigagem. No caso

da precipitação, esse processo de estimativa é determinado em função da quantidade e distribuição espacial dos pontos de amostra (estações pluviométricas).

A bacia do Rio São Francisco dentro do Estado de Minas Gerais apresenta relevante heterogenidade em relação à distribuição espacial de pluviosodade, com maiores valores ao sul e região central e menores valores ao norte, enquadrando-se como uma área de estudo representativa na aplicação da análise da continuidade espacial do fenômeno de precipitação.

Ressalta-se finalmente a importância de estudos que objetivam melhorar os processos de estimativa, visto que sua aplicação de forma eficiente vêm a suprir os "vazios" de informações resultantes do número reduzido de estações pluviométricas no Brasil.

5. Referências bibliográficas

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES, G.; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologische Zeitschrift, n. 22, v. 6, 711-728, 2013.

BAÚ, A.L.; GOMES, B.M.; QUEIROZ, M.M.F. de.; OPAZO, M.A.U.; SAMPAIO, S.C. Comportamento espacial da precipitação pluvial mensal provável da mesorregião oeste do Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n .2, p. 150-168, abril-junho, 2006.

CARAM, R. de O. **Reconstrução de séries e análise geoestatística da precipitação no Estado de Minas Gerais.** Dissertação (Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

CARVALHO, J.R.P. de; VIEIRA, S.R. **Validação de modelos geoestatísticos usando teste de Filliben**: aplicação em agroclimatologia. Campinas: **Embrapa Informática Agropecuária**. Comunicado Técnico, 4 p., 2004.

GOOVAERTS, P. **Geostatistics for natural resources evaluation**. New York, Oxford University Press, 1997. 483p.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 09 de novembro de 2018.

JOURNEL, A. G.; HUIJBREGTS, C. J. **Mining geostatistics**. London**:** Academic Press, 1978.

KIM, K.R. et. al. Kriging interpolation method for laser induced breakdown spectroscopy (LIBS) analysis of Zn in various soils. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**. 01 January 2014, Issue 1

MELLO, J.M. de. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal.** Tese (Doutor em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/ Universidade de São Paulo, 2004.

MELLO, Y. R.; OLIVEIRA, T.M.N Análise Estatística e Geoestatística da Precipitação Média para o Município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 2, 229-239, 2016.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 206p

MOULIN, G.D.. **Técnicas de entropia e de geoestatística no dimensionamento de redes pluviométricas.** Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, 2005.

SANTOS, Paulo Cerqueira dos et al . Estimação volumétrica de resíduos lenhosos de madeira em uma floresta tropical através da Krigagem Ordinária, Paragominas, Estado do Pará. **Ciênc. Florest., Santa Maria** , v. 24, n. 4, p. 959-968, Dec. 2014 . Available from<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198050982014000400959&lng=en&nrm=iso>. access on 12 July 2018. http://dx.doi.org/10.1590/1980-509820142404015.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed.; 2. reimpr. – Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS: ABRH, 2001.

YAMAMOTO, J., & Landim, P. **Geoestatística: Conceitos e Aplicações** São Paulo, Oficina de Textos. (2013)

WANDERLEY, H.S.; AMORIM, R.F.C.; CARVALHO, F.O. de. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 3, p. 347-354, 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE OCUPAÇÃO URBANA E COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE ANANINDEUA – PA

Débora Cristina de Lima Miranda [(a)], Fernanda Batista Ferreira [(b)], Osmar Guedes da Silva Junior [(c)], Igor Fransua Silva Macedo [(d)], Jessica Cristina Carneiro de Sousa [(e)]

[(a)] Faculdade de Geologia/IG, UFPA, deborramiranda@gmail.com
[(b)] Faculdade de Geologia/IG, UFPA, fernandabast.ferreira@gmail.com
[(c)] Faculdade de Geologia/IG, UFPA, osmar.guedes@gmail.com
[(d)] Faculdade de Geologia/IG, UFPA, hfransuar@gmail.com
[(e)] Faculdade de Geologia/IG, UFPA, jessycacristyna@gmail.com

Eixo: **Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais**

Resumo

No trabalho foram realizadas análises quantitativa e qualitativa de imagens de satélite *Landsat*, S*entinel* e *Alos,* analisadas com base nos critérios de menor interferência dos fatores naturais, empregadas no município de Ananindeua-PA, nos anos de 1995, 2006, 2015, 2017. Essas imagens foram obtidas através dos portais da Earth Explorer (USGS), Copernicus (ESA) e Vertex (NASA), sendo processas no *software ArcMap* 10.5 e classificadas segundo o NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index),* nas classes água, área de uso e vegetação. Assim, observa-se que entre os anos de 1995 e 2017 (cerca de 22 anos) a expansão da área urbana ocorreu de forma acelerada, principalmente nos dois últimos anos. Em reflexo a isso, ocorre a diminuição da área de cobertura vegetal original da área total do Município. Desta forma, vários impactos ambientais podem estar ocorrendo na região, como aumento da permeabilidade nas áreas de recarga, poluição e assoreamento das bacias hidrográficas da região.

Palavras chave: Satélite, Ananindeua-PA, Água, Área de Uso, Vegetação.

1. Introdução

O emprego das geotecnologias permite utilizar ferramentas de Sensoriamento Remoto, que possibilita a obtenção de informações sobre alvos na superfície terrestre (objetos, áreas, fenômenos, entre outros), através do registro da interação da radiação eletromagnética com a superfície, realizado por instrumentos denominados de sensores. Desta forma o presente trabalho conta com análises quantitativa e qualitativa de imagens *Landsat*, S*entinel* e *Alos,* analisadas com base nos critérios de menor interferência dos fatores naturais.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, o município de Ananindeua, situado no nordeste do estado do Pará, na região metropolitana da Grande Belém.

A área estudada corresponde ao município de Ananindeua, localizado na Região Metropolitana da Grande Belém, no estado do Pará (Figura 1). Esse Município foi criado no ano de 1944, sendo o segundo mais populoso do Estado segundo IBGE, com cerca de 2.477,55 hab/km² de acordo com o Censo Demográfico de 2010, e a 40° do Brasil. Ele

está localizado a uma latitude 01º21'56" sul e a uma longitude 48º22'20" oeste, apresentando uma área total de 191,42,9 km².

2. Matérias e Métodos

Os materiais utilizados para a confecção dos mapas de temas foram imagens dos satélites *Landsat* TM 5 de 1995, bandas 3(V) e 4(IR), *Landsat* ETM 7 de 2006, bandas 3(V) e 4(IR) e *Landsat* 8 de 2015, bandas 4(V) e 5(IR), todas da órbita/ponto 223/061, S*entinel* e *Alos* de 2017. Essas imagens foram obtidas através dos portais da Earth Explorer (USGS), Copernicus (ESA) e Vertex (NASA). Essas imagens foram escolhidas com base no critério de menor interferência por fatores atmosféricos na área de interesse.

Posteriormente, através do uso do *software ArcGis 10.5* foram realizados o recorte da área de interesse, o município de Ananindeua (PA), a correção topográfica das imagens, além da delimitação da rede de drenagem da área com o auxílio das curvas de nível e imagens do próprio *software.*

Após as imagens serem pré-processadas, foi realizado a geração das imagens NDVI *(Normalized Difference Vegetation Index),* técnica que é utilizada principalmente em estudos de cunho ambiental, que permite realizar análises sobre a cobertura vegetal de determinada região (WEIER & HERRING, 2000). Aplicou-se o índice de vegetação, utilizando o NDVI nas bandas do vermelho e infravermelho, variando de -1 e +1, onde quando maior o valor, maior a presença de vegetação. Assim os valores negativos são devidos a nuvens e água, os valores próximos de zero são provenientes de rochas, solo exposto e áreas urbanizadas.

Ao utilizar a função *image Analysis* do *software ArcGis 10.5*, as imagens NDVI foram então classificadas em três classes:

1. Vegetação – abrange toda a cobertura vegetal original da área, tipicamente tropical;

2. Área de Uso – corresponde a toda área urbanizada do Município, além das áreas desmatadas para a plantação de cultivos e criação de animais, e outras atividades que envolvam a retirada da vegetação original; e

3. Água – é caracterizada pelas bacias hidrográficas da área do Município.

Posteriormente essas imagens foram convertidas em vetores, proporcionando assim o cálculo da área de cada uma das classes definidas, para a posterior análise e interpretação dos valores obtidos.

3. Resultados e Discursões

A área analisada corresponde a 113,63 km², área total do município de Ananindeua - PA. Os resultados correspondentes as áreas das classes (cobertura vegetal natural, área de uso e bacias hidrográficas) definidas nos anos de 1995, 2006, 2015 e 2017 estão representados nos mapas da Figura 2, respectivamente.

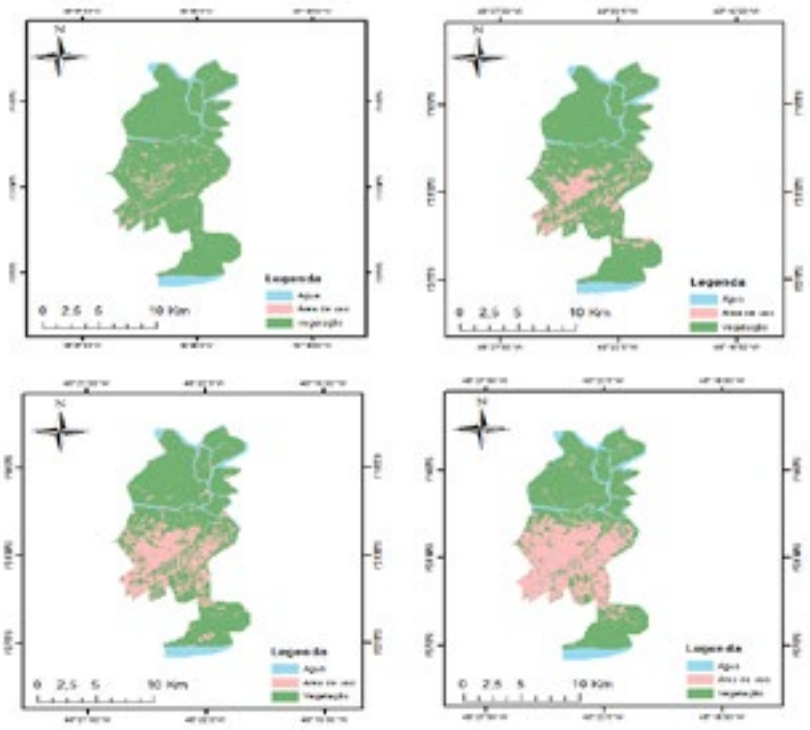


Figura 1. Mapa das classes Água, Área de Uso e Vegetação identificadas no município de Ananindeua (PA) nos anos de 1995, 2006, 2015 e 2017 (de cima para baixo; da esquerda para direita).

3.1 Estudo Comparativo das Fisionomias Observadas

Os resultados apresentados na Tabela I demonstram os valores de área verificados para os três temas escolhidos: área de uso, água e vegetação; no município de Ananindeua no intervalo de 22 anos, calculados com base no mapa de classificação de temas da Figura 2.

Tabela I. Valores absolutos e percentuais das fisionomias presentes no Município de Ananindeua, PA, em 1995, 2006, 2015 e 2017

Classes	1995		2006		2015		2017	
	Área*	%	Área*	%	Área*	%	Área*	%
Área de Uso	11,0814	6,00	26,1020	14,13	46,5920	25,21	64,48607	34,90
Água	12,8134	6,93	12,6017	6,82	13,34777	7,22	16,6450	9,01
Vegetação	160,8933	87,07	146,0845	79,06	124,8483	67,56	103,6571	56,10
TOTAL	184,7881	100	184,7881	100	184,7881	100	184,7881	100

** Em quilômetros quadrados (km²)*

A partir desses dados, pode-se afirmar que cerca de 87,07% da área total do Município em 1995 era composta por vegetação original, enquanto que 6 % era de área de uso e 6,93% de água. Já no ano de 2006, a área composta por vegetação era de 146,0845 km², cerca de 79,06%, seguida da área de uso com 26,1020 km² (14,13%) e água com 12,6017 km² (6,82%).

Em 2015, nota-se o crescimento da área de uso para 46,5920 km² (25,21%), e também da classe água para 13,34777 km² (7,22%), enquanto que a cobertura vegetal decresceu para 124,8483 km² (67,56%). No ano de 2017, a classe vegetação continuou decrescendo, com 103,6571 km² (56,10%), e as demais classes prosseguiram com o aumento da área; área de uso para 34,9% e água para 9,01% da área total.

Podemos observar que ao longo dos anos ocorreu um aumento mais significativo da área de uso do município de Ananindeua, enquanto que a área de cobertura vegetal sofreu um considerável decréscimo, como mostra a Figura 3.

ISBN: 978-85-7282-778-2

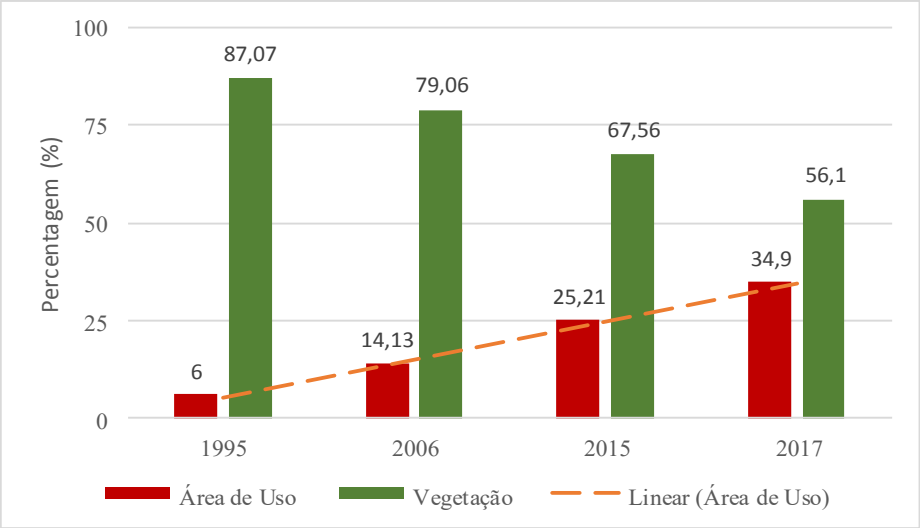


Figura 3. Gráfico do percentual de área de uso e cobertura vegetal em Ananindeua –PA nos anos de 1995, 2006, 2015 e 2017.

O mesmo é notado na área ocupada pelas bacias hidrográficas do município, entretanto de forma mais irrelevante comparada com o crescimento da área de uso, como é mostra na Figura 4.

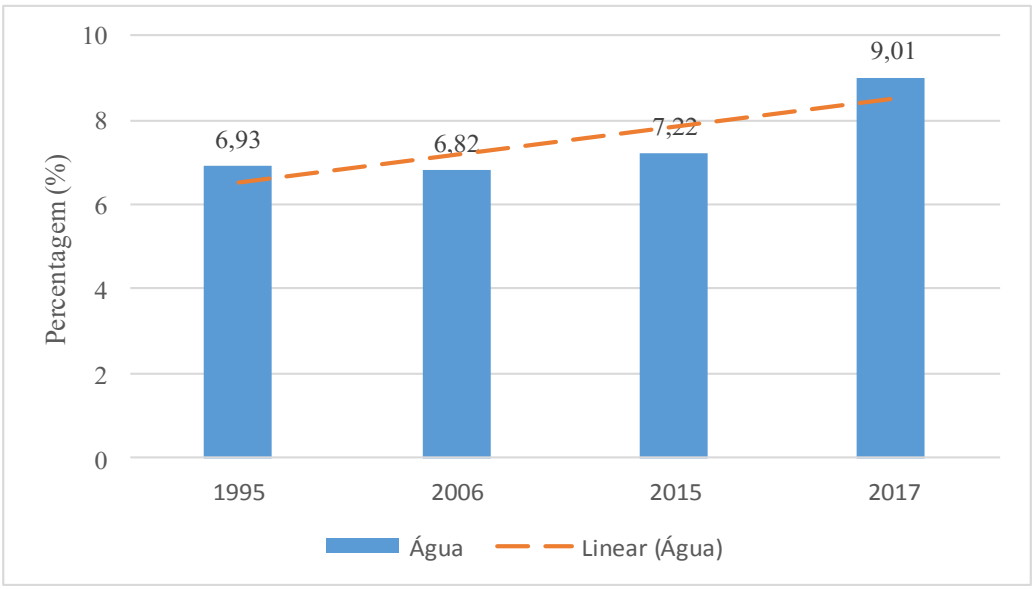


Figura 4. Gráfico do percentual de área de água em Ananindeua –PA nos anos de 1995, 2006, 2015 e 2017.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3.2 Interpretação dos Dados

Como descrito anteriormente, foi observado o crescimento das classes área de uso e água, enquanto que a classe vegetação sofreu um decréscimo ao longo dos anos analisados. Entretanto, observado os intervalos entre os anos analisados, pode-se concluir que a taxa de crescimento/decrescimento se comportou de forma distinta, como mostra a Figura 5.

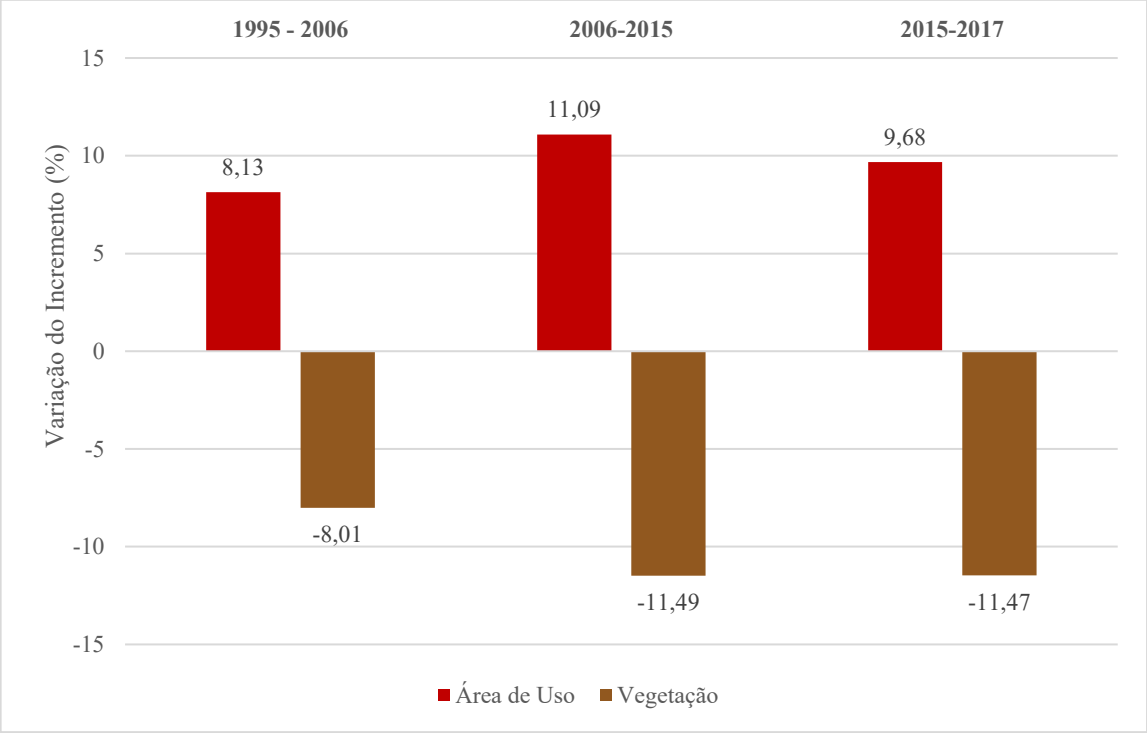


Figura 5. Gráfico de variação (em percentual) da área de uso e cobertura vegetal em Ananindeua –PA nos intervalos de 1995-2006, 2006-2015 e 2015-2017.

Observa-se que no intervalo de onze anos em 1995-2006, a taxa de variação foi de 8,13% positiva para a área de uso e 8,01% negativa para vegetação. Já no intervalo de 2006-2015, cerca de nove anos, os valores são positivos para área de uso (11,09%) e negativos para vegetação (-11,49%) novamente. Já no intervalo de dois anos (2015-2017), a taxa de variação foi de 9,68 % positiva para a área de uso e 11,47% negativa para vegetação.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

Pode-se concluir que o crescimento da área de uso no Município foi muito maior nos dois últimos anos, que se comparado aos intervalos anteriores. Em média o crescimento anual dado no intervalo de 1995-2006 foi de 0,74%, enquanto que no intervalo de 2006-2015 foi de 1,23%. Esses valores são baixos se comparados com a média de crescimento anual do intervalo de 2015-2017, que chega ao valor de 4,84%.

Isso é uma evidência que o processo de crescimento urbano desse Município está ocorrendo de forma mais acelerada nesses últimos anos em comparação aos anos de 1995-2006. Por influência dessa expansão da área urbana, a área de cobertura vegetal teve um decréscimo, devido ao desmatamento da vegetação original e a ocupação da área. O mesmo ocorre na classe área de uso, o decrescimento da área de vegetação foi maior no intervalo de 2015-2017 com uma média anual de -5,74%. Enquanto que no intervalo de 2006-2015 foi de -1,28% a média anual, e de -0,73% no intervalo de 1995-2006.

Já com relação a área das bacias hidrográficas dessa Região Municipal (a classe água), foi se verificado o crescimento ao longo dos anos também foi mais significativo no intervalo de 2015-2017 com uma variação de 1,79%, com uma média anual de 0,9%. Pode-se considerar como uma das principais causas do aumento nessa classe o assoreamento dos rios, principalmente do Rio Maguari.

Portanto, observa-se que entre os anos de 1995 e 2017 (cerca de 22 anos) a expansão da área urbana ocorreu de forma acelerada (com um aumento de cerca de 28,9%), principalmente nos dois últimos anos. Em reflexo a isso, ocorre a diminuição da área de cobertura vegetal original, que teve um decréscimo de 30,97% na área total do município. Vários impactos ambientais podem estar ocorrendo na região devido a esse crescimento acelerado, como o aumento da permeabilidade nas áreas de recarga, poluição e assoreamento dos rios das bacias hidrográficas da região, como se é notado pelo aumento de 2,08% na classe água.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Referências Bibliográficas

BARBOSA, I. do S.; ANDRADE, L. A; ALMEIDA, J. A. P. Evolução da Cobertura Vegetal e Uso Agrícola do Solo no Município de Lagoa Seca, PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n.5, p.614-622, 2009;

IBGE. Brasil, Pará, Ananindeua. Disponível em: <cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/ananindeua/panorama>;

PREFEITURA DE ANANINDEUA. Sobre o Município. Disponível em: <www.ananindeua.pa.gov.br/#page.index.view?pg=oMunicipioPrefeitura>;

WEIER, J. & HERRING, D. Measuring Vegetation (NDVI & EVI) – Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). NASA. 30 de agosto de 2000. Disponível em: <earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_1.php>;

-PARA DOWNLOAD DAS IMAGENS:

Earth Explorer (USGS), para download de imagens dos programas Landsat, SRTM e outros: <earthexplorer.usgs.gov/>;

Copernicus (ESA), para downloads de imagens Sentinel-1 e 2: <scihub.copernicus.eu/dhus/>;

Vertex (NASA), para download de imagens ALOS-PALSAR de alta resolução (Radar e DEM), e outros: <vertex.daac.asf.alaska.edu/>.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTE E ENERGIA NO USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE JATAÍ – GOIÁS

Ana Paula Matos e Silva [(a)], Pâmela Camila Assis [(b)] Matheus Cardoso Gomes [(c)]
Natalia Barbosa Mateus [(d)]

[(a)] Universidade Federal de Goiás – UFG, Instituto de Estudos Socioambientais – IESA, Caixa Postal 131 – 74001-970 – Goiânia – GO, Brasil, annapaulamatos@hotmail.com
[(b)] Universidade Federal de Goiás – UFG, Instituto de Estudos Socioambientais – IESA, Caixa Postal 131 – 74001-970 – Goiânia – GO, Brasil, pamela.assis1994@gmail.com.
[(c)] Universidade Federal de Goiás – UFG. Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais – CIAMB. matheuscardoso545@gmail.com
[(d)] Universidade Federal de Goiás – UFG, Instituto de Estudos Socioambientais – IESA, Caixa Postal 131 – 74001-970 – Goiânia – GO, Brasil, nataliabarbosamateus@hotmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O município de Jataí apresenta intensas modificações de uso da terra e na paisagem, desde a década de 80, através da expansão da fronteira agrícola. Analisou-se para o município as mudanças do uso e cobertura da terra de acordo com a implementação de infraestruturas, uma vez que, o município representa o reflexo dos investimentos de infraestrutura, com uma tendência no aumento do agronegócio, principalmente em commodities, a partir das infraestruturas como, aumento e melhoria nas rodovias federais e estaduais, implementação de subestação de energia e linhas de transmissão, além das pequenas centrais hidrelétricas, aeródromos e usina de etanol. Nesse sentido, observou-se um acréscimo em 16% das áreas destinadas a agricultura anual e perene, representado hoje cerca de (2741 km^2), além do surgimento de áreas de mineração e cultivo de cana de açúcar, a medida que esses investimentos em infraestruturas foram surgindo.

Palavras-chave: Mudança no uso do solo, infraestruturas urbanas, série temporal

1. INTRODUÇÃO

O Cerrado está localizado essencialmente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma do país em área (KLINK; MACHADO, 2005), mesmo com a diminuição de metade de sua área original desde a década de 1970, (RIBEIRO; WALTER, 2008). Desde a década 1930, com a Marcha para o Oeste do Brasil, de Getúlio Vargas e o Plano de Metas de Juscelino Kubitscheck (1950 – 1960), com a implementação na nova

capital federal, Brasília, o cerrado, principalmente no Centro – Oeste, vem passando por intensas modificações de uso da terra e na paisagem, devido a expansão da fronteira agrícola, sobretudo para commodities,

com altos investimentos financeiros e técnicos, principalmente na década de 1970, com o II Plano Nacional de Desenvolvimento, ou II PND (1975-1979), que denominou-se Modernização da Agricultura e de Expansão da Fronteira Agrícola (MIZIARA, 2005).

Com a implementação dessas políticas públicas, houve assim, a mudança da pecuária bovina, com pastagens plantadas, para agricultura intensiva, com infraestrutura que viabilizaram o aumento das áreas de cultivo e a produção/produtividade, focada principalmente na produção de grãos, com destaque para a soja, milho, além de carne, algodão, arroz, milheto e sorgo, dentre outras (TENAGLIA, 2012).

Além das mudanças no uso da terra, sobretudo no Sul e Sudeste Goiano, ocorreu também um rápido investimento e implantação no sistema viário, energético e na produção de etanol, tanto em termos de financiamento como de isenções fiscais, para atrair produtores e também como facilitador de produção e exportação das safras, visando à exportação nacional e internacional, tornando-se em cidades que cresceram demasiadamente, transformando-se no que hoje se denomina de cidades do agronegócio (GOMES e TEIXEIRA NETO, 1993), como por exemplo, Rio Verde, Jataí, dentre outras.

Portanto, este trabalho visa, analisar as mudanças do uso e cobertura da terra do munícipio de Jataí de acordo com a implementação de infraestruturas como: subestação de energia, linhas de transmissão, rodovias, pequenas centrais hidrelétricas, aeródromos e usina de etanol. O município de Jataí apresenta uma área de 7174 km^2 e uma população de 88.006 (IBGE, 2010) e com municípios limítrofes de Caiapônia, Mineiros, Itarumã, Aparecida do Rio Doce, Caçu, Cachoeira Alta, Rio Verde, Serranópolis e Perolândia.

2. METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado a partir dos dados gerados e disponibilizados pelo Mapbiomas, uma plataforma desenvolvida com base na tecnologia do Google Earth Engine, com todos os dados trabalhados no datum SIRGAS 2000, atualmente vigente no Brasil e foram projetados para o sistema de coordenadas planas UTM zona 22S. Para a

análises foram utilizadas o banco de dados de infraestruturas (subestação de energia, linhas de transmissão, rodovias federais e estaduais pavimentadas, pequenas centrais hidrelétricas, aeródromos e usina de etanol) e uso e cobertura da terra para o município de Jataí – Goiás. A partir dessas informações, esse trabalho pretende-se analisar e correlacionar a dinâmica de implementação das infraestruturas de acordo com a mudança de uso e ocupação da terra, ou vice e versa.

Para analisar a dinâmica de uso e ocupação da terra optou-se pela escolha dos anos de 1985, 1999, 2010, 2013 e 2017 para representação da mudança de uso e cobertura da terra, iniciando-se no ano seguinte à implantação das seguintes infraestruturas. As classes analisadas foram: Vegetação Nativa (junção de formação florestal, savânica e campestre), Silvicultura (floresta plantada), Pastagem, Agricultura anual e perene (junção de agricultura anual e perene com mosaico pastagem e agricultura), Agricultura semi-perene, Urbano, Mineração e Água. Para os dados que não haviam informações, foram amostrados os dados desde o início da série temporal (1985), como por exemplo, algumas rodovias estaduais e federais.

3. Resultados e Discussões

Em 1985, o município de Jataí (Figura 01) apresentava infraestruturas como o Aeródromo Jataí, criado em 1982 localizado na BR 158, a Central de Geração Hidrelétrica Agropecuária Rio Paraíso sob o ribeirão do paraíso em funcionamento desde 1978. E malha viária as rodovias federais BR 060, BR-158 e BR-364 e as estaduais pavimentadas GO-050 e GO-184.

Figura 01: Gráfico da mudança no uso do solo em Jataí - Goiás

O uso e cobertura apresentava em maior porcentagem de área destinada a atividade de pecuária (45%), seguido de vegetação remanescente (34%) e 20% destinada a agricultura. Apenas com investimentos na conclusão dos trechos da BR-158 e BR-364 e da GO-184 em 1998/99, houve aumento da agricultura na região centro-nordeste, devido a facilitação da logística da comercialização dos produtos agrícolas que dependem do sistema rodoviário. Consequentemente, há a conversão de cerca de 9% de vegetação nativa para a pecuária na região sul, resultado da pressão agro - agrícola sobre a pecuária.

A finalização de outro trecho da BR-158, impulsionou ainda mais o comércio agrícola da região, apresentando um acréscimo em 16% das áreas destinadas a agricultura anual e perene, além do surgimento da agricultura semi-perene, plantio de cana-de-açúcar, devido a construção da usina de etanol RAIZEN - Jataí em 2009, e a silvicultura nas regiões próximas a rodovia federal BR-364. Nesta perspectiva, as áreas de pastagem sucederam em queda de aproximadamente de 14%, e a vegetação nativa, em 3%. Estes aumentos em produção agrícola requereram maior disponibilidade de energia, sendo então implantadas no ano de 2008 duas Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH): a Iarara sobre o rio doce e a Jataí sobre o rio claro (Figura 02).

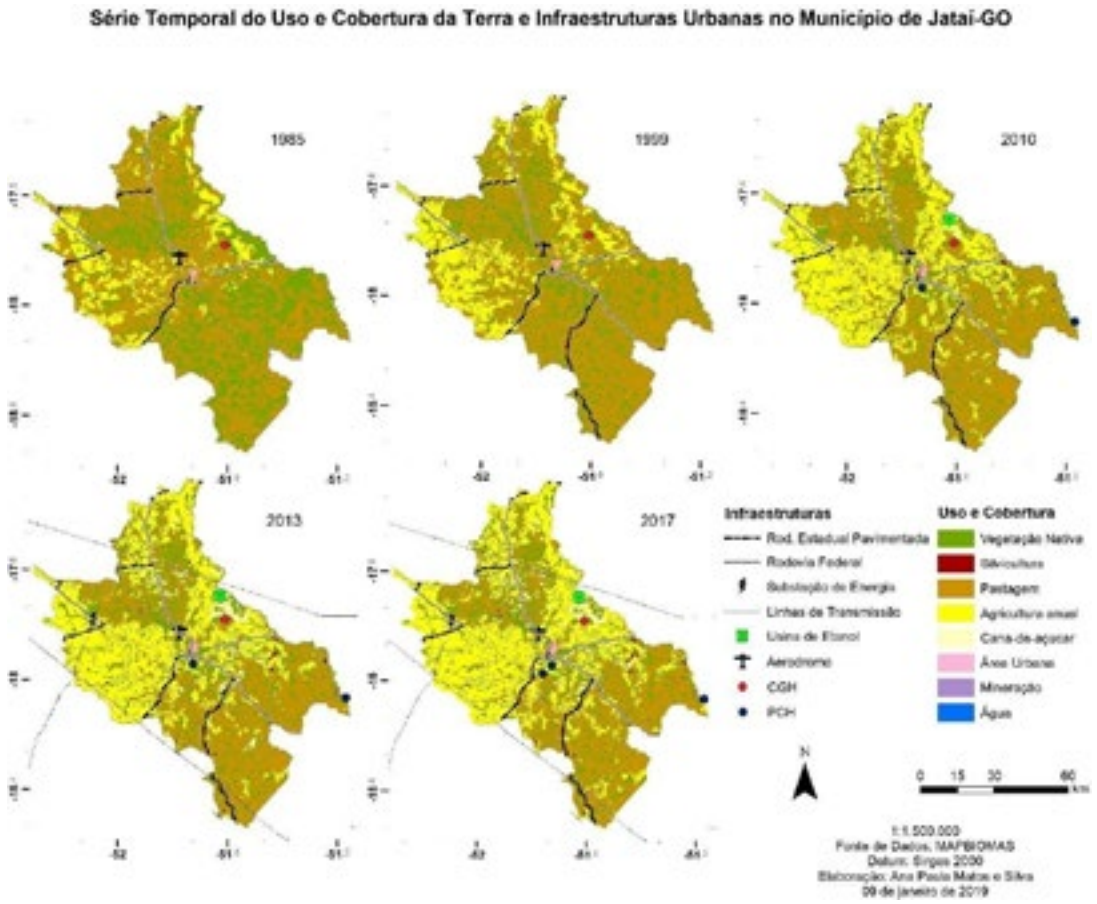


Figura 02: Série Temporal do Uso e Cobertura da Terra e Infraestruturas Urbanas no Município de Jataí – Go.

O aumento na geração de energia levou à criação em 2012, de uma subestação de energia, SE Jataí de categoria 4 e linhas de transmissão em sentido noroeste para sudoeste, para a distribuição da energia, favorecendo ainda mais para a crescente produção agrícola e decadência da atividade de pecuária. Consequentemente, o aumento de produção requer maior quantidade de energia e o aumento da geração de energia estimula o aumento de produção, instaurando então em 2016 outra PCH, a Fazenda Velha sobre o rio ariranha em proximidade com o perímetro urbano. Estes investimentos em infraestruturas de transporte e energia resulta na promoção de outras atividades para região como a mineração, que surge no município de Jataí em 2017.

4. CONCLUSÕES

O Centro – Oeste desde a década de 70 vem passando por intensas modificações de uso da terra e na paisagem. Com este trabalho observa-se que essas alterações relacionam-se com os investimentos em infraestruturas, implementadas principalmente, no sudoeste goiano. O município de Jataí representa o reflexo desses investimentos, com uma tendência no aumento do agronegócio, principalmente em commodities, a partir das infraestruturas como, aumento e melhoria nas rodovias federais e estaduais, implementação de subestação de energia e linhas de transmissão, além das pequenas centrais hidrelétricas, aeródromos e usina de etanol, consequentemente, com um acréscimo em 16% das áreas destinadas a agricultura anual e perene, apresentando hoje cerca de (2741 km^2).

5. REFERÊNCIAS

MIZIARA, F. Expansão da lavoura de cana em Goiás e impactos ambientais. In: Congresso Brasileiro de Sociologia, 14., 2009, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFRJ, 2009. p. 1.

MIZIARA , F. Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no Cerrado: o caso de Goiás. In: DANIEL, M. A.; DAL'LARA, L.; ANACLETO, T. C. S. (Orgs.). Natureza viva Cerrado.
Goiânia: Ed. da UCG, 2005. p. 169-196.

TENAGLIA, G. Processo de Fragmentação e Caracterização dos Remanescentes de Cerrado: Análise Ecológica da Paisagem da Bacia do Rio do Peixes (GO). Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2012.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B., T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. IN: SANO, S.M;ALMEIDA, S.P. Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA - CPAC. 1998. Cap.3 p.88-166.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DE DADOS DE ARP COMO SUBSIDIO AO DESENVOLVIMENTO DE UM SIG APLICADO A SAÚDE DO MUNICÍPIO DE PALMEIRINA – PE

Fernando da Silva Alexandre [(a)], Lays Cristhine Santos Barbosa [(b)], Gabriella Falcão de Oliveira [(a)], José Barros da Silva Neto [(a)], Jeovanes Lisboa da Silva Filho [(c)], Iaponan Cardins de Sousa Almeida [(a)], Daniel Dantas Moreira Gomes [(a)]

[(a)] Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco, fnando257@gmail.com, gabriella.gfo@outlook.com, netojose498@gmail.com, iaponancardins@gmail.com daniel.gomes@upe.br

[(b)] Centro de Filosofia e Ciências Humanas / CFCH, Universidade Federal de Pernambuco, cristhinelays@gmail.com

[(c)] Centro de Ciências Exatas e da Natureza / CCEN, Universidade Federal da Paraíba, jeovanelisboa@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O planejamento e gestão urbana têm ganhado cada vez mais espaço nos debates, sejam nos órgãos políticos, acadêmicos e órgãos não governamentais, devido à necessidade de gestão dos recursos públicos. O geoprocessamento é um conjunto de conceitos e técnicas, que neste contexto se mostra de grande utilidade para os gestores públicos, visto que irá permitir organizar e manipular uma grande quantidade de informações e dados. Uma das aplicações que carecem de maiores estudos é a utilização do geoprocessamento aplicado a saúde, que vai desde o combate a epidemias até a distribuição de medicamentos, assim as aeronaves remotamente pilotadas propiciam a obtenção de imagens que pós processadas permitirão a sua vetorização e a realização da cartografia dos imóveis urbanos em escala de detalhe.

Palavras chave: aerofotogrametria; aeronave remotamente pilotada; Palmeirina-PE

1. Introdução

O planejamento e gestão urbana têm ganhado cada vez mais espaço nos debates, sejam nos órgãos políticos, acadêmicos e órgãos não governamentais, já que com o crescimento urbano a necessidade de gerir melhor os recursos aumentam, para tanto é de grande importância que se tenha dados georreferenciados que propiciem a melhor distribuição dos recursos humanos e monetários. Um dos recursos que melhor precisam ser geridos são aqueles destinados à saúde, para combater e/ou regular epidemias, doenças virais, doenças crônicas e outras (Pina & Santos, 2006).

Com o surgimento do geoprocessamento, o manejo de dados georreferenciados tornou-se mais acessível as instituições, já que o geoprocessamento irá permitir organizar e manipular uma grande quantidade de dados e informações.

E uma das aplicações do Geoprocessamento é a gestão de dados voltados a saúde, portanto, o setor público poderá obter os dados referentes a epidemias e/ou doenças para munir um Sistema de Informação Geográfica (SIG), para uma distribuição dos recursos públicos mais eficiente, visto que um SIG, é uma importante ferramenta para apoiar a tomada de decisão, já que ela permite visualizar e analisar os dados espacializados (FITZ, 2008, PINA & SANTOS, 2006).

A incorporação de dados georreferenciados pelos serviços de saúde era impossibilitado devido ao alto custo de aquisição das imagens e pelas dificuldades na montagem das bases e edição de dados cartográficos. Visto que para se iniciar o SIG voltado a saúde, é necessário se ter a cartografia básica da cidade em grande escala cartográfica, com seus arruamentos e imóveis, e para se conseguir realizar a cartografia, é indispensável cenas de sensoriamento remoto de alta resolução espacial, portanto o meio mais viável de se obter tais imagens é através da aerofotogrametria de pequeno formato com as aeronaves remotamente pilotadas (ARP) (ALEXANDRE *et al.,* 2017).

As ARP são equipadas com sensores óticos capazes de gerar imagens georreferenciadas e através do processamento digital de imagem (PDI) obter ortomosaicos e modelos digitais de superfície. E devido ao baixo custo operacional, é uma tecnologia que viabiliza a geração de dados cartográficos com grande resolução temporal e espacial, permitindo o mapeamento em escala de detalhe, o que irá influenciar diretamente na fotointerpretação e nos resultados (ALEXANDRE *et al.,* 2017).

Assim com a vetorização dos imóveis urbanos, há a possibilidade de criação e alteração da tabela de atributos de cada um dos polígonos, o que permite adicionar novas informações sobre os moradores e suas necessidades farmacológicas, então este trabalho tem

como principal objetivo apresentar técnicas que englobem desde a obtenção das imagens com uma ARP até a realização do geoprocessamento para a criação de um SIG pelos órgãos municipais competentes.

1.1. Objeto de estudo

Tem-se como objeto de estudo a mancha urbana do município de Palmeirina, que localiza-se na mesorregião do agreste pernambucano, o município espacializa-se entre as coordenadas 8°93’ e 9°05’ de latitude sul e 36°37’ e 36°11’ de longitude oeste, conforme a figura 1.

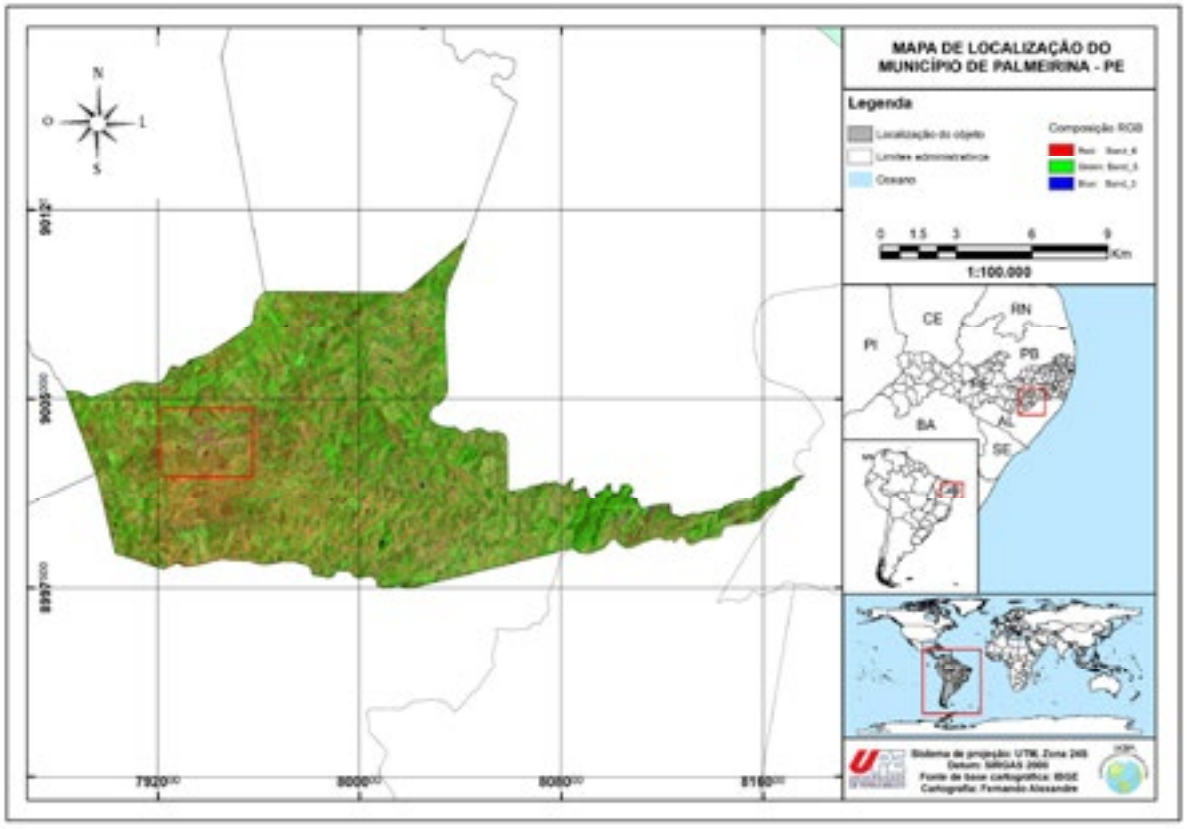


Figura 1 – Mapa de localização do município de Palmeirina – PE

2. Materiais e Métodos

Para se ter o fomento teórico e técnico da pesquisa, foi realizado inicialmente o levantamento bibliográfico, se consultou livros, artigos, monografias, dissertações e teses. Em seguida realizou-se o levantamento cartográfico dos limites municipais no site do IBGE.

A aeronave remotamente pilotada utilizada neste trabalho foi o Phantom 3 *advanced*, contendo o sistema *global positioning system* (*GPS*) e *Glonass*.

2.1. Planejamento para a execução do voo

Nesta etapa inicialmente é definido o alvo a ser sobrevoado, a rota, velocidade da aeronave durante o voo e a sobreposição entre as imagens. A mancha urbana de Palmeirina tem uma variação altimétrica em torno de 57 metros em relação ao solo, apresentando a altitude de 531 metros nas áreas mais baixas e 588 nas áreas mais altas, em relação ao nível do mar.

Para definir a rota de voo do ARP, utilizou-se o aplicativo DroneDeploy, que permite de forma gratuita definir as preferencias para a realização do voo. Seguiu-se as recomendações de Fitz (2008), que ressalta a necessidade de haver uma sobreposição longitudinal de 60% e lateral de 30% entre as cenas, mas visando a qualidade cartográfica foi decidido que todos os voos teriam um recobrimento longitudinal de 85% e lateral de 75%, para a definição desses valores, foram levados em consideração a possibilidade de fortes ventos durante o voo, o que pode alterar a rota da aeronave. Definiu-se a altitude de 100 metros cima do nível do solo como padrão para a realização de todos os voos, em decorrência de que a orientação legal vigente limita os voos a 120 metros de altitude em relação ao nível do solo (SILVA *et al.,* 2015).

Posteriormente se tem a necessidade de sinalização dos pontos de controle (PC), para melhorar a precisão do ortomosaico, os PC foram georreferenciados com um GPS de navegação Garmin *Etrex Vista H,* com erro médio de 3 metros, foram coletados 24 pontos de controle em posições variadas. Decidiu-se que os pontos de controles seriam obtidos nos vértices dos imóveis locais, assim não iria se precisar realizar as marcações no solo.

2.2. Realização do voo

O Phantom 3 *Advanced* é uma aeronave multirotor, assim, para sua decolagem há apenas a necessidade de um espaço plano com 1,5 metros de raio, já que não precisa de catapulta ou de pista de voo. Logo após a aeronave ser analisada em solo, para não ocasionar acidentes, o piloto automático é acionado, quanto atinge a distância vertical do ponto de decolagem de 100 metros, se inicia o plano de voo e a captura das cenas, para a cobrir toda a área da mancha urbana foram necessários 11 voos.

O tempo médio de cada voo foi definido para ter duração de no máximo 15 minutos. Foram necessários 11 voos para a obtenção de imagens de toda a cidade, totalizando 784 imagens.

2.3. Pós voo

Finalizado o voo, é verificado se houve algum erro na captura das imagens e/ou a rota que a ARP realizou, caso houvesse o desvio da rota, o voo era realizado novamente.

As imagens foram armazenadas em um Notebook Dell *Inspiron* 5000, equipado com um processador Core I7 5500U, placa gráfica AMD Radeon R7 M260 de 2 GB dedicados e 10 GB de memória RAM, utilizou-se o *software Agisoft PhotoScan Professional,* para gerar o modelo digital de superfície e o ortomosaico.

Para o processamento dos dados coletados pela ARP, foram elaboradas cinco etapas básicas do processamento com o software Agisoft Photoscan: (1) calibração automática da câmera – com base nos dados do EXIF das fotografias; (2) alinhamento das fotos – a partir dos pontos em comum entre as fotografias; (3) geração da nuvem de pontos – com base nas posições estimadas das fotografias são identificadas as coordenadas x, y e z; (4) criação de um modelo digital de Superfície (MDS) da malha triangular – usando a nuvem de pontos como nós, é gerada uma estrutura do tipo vetorial com topologia do tipo nó-arco que representa a superfície através de um conjunto de faces triangulares interligadas; (5) geração do ortomosaico – gerado a partir da texturização da geometria construída pela malha triangular (ALEXANDRE *et al*., 2017).

2.4. Criação da base cartográfica

Após exportar o ortomosaico do *Argisoft Photoscan*, no formato *GeoTiff (*.tif), fez-se uso do *software* QGIS 2.18 para vetorização de todos os imóveis urbanos, ruas, áreas verdes e recursos hídricos, todo o processo de fotointerpretação e cartografização foi realizada na escala de 1:500 para a representação final nos mapas em 1.7000 (Silva *et al.*, 2015). O ortomosaico gerado pode ser visto na figura 2.

Figura 2 – Ortomosaico da cidade de Palmeirina – PE

3. Resultados e Discussões

A aerofotogrametria através das aeronaves remotamente pilotadas se mostrou de grande utilidade e qualidade, o ortomosaico e o modelo digital de superfície gerados tem resoluções

espaciais de 4,76 cm/pix e 38,1 cm/pix, respectivamente, mostrando assim a grande resolução espacial.

A presença dos pontos de controle foi um fator de grande importância para o produto final, visto que reduziu significativamente o erro de deslocamento médio da câmera, que era de 21,08 m em XY para 4,39 m em XY. Não foi considerado o erro de altitude, visto que neste trabalho o foco é a vetorização das feições a partir do ortomosaico, e este não necessita da altitude de cada *pixel*.

Para a realização da vetorização das feições foi imprescindível a imagem com altíssima resolução espacial, percebe-se na figura 3 o mapa final com a cartografia básica da mancha urbana da cidade de Palmeirina, abrangendo todos os imóveis urbanos, ruas, áreas verdes e os recursos hídricos.

Posteriormente os dados de endemias e de distribuição dos medicamentos poderão ser incluídos no SIG, aumentando assim sua robustez, já que espacializando os dados, haverá maior diminuição nos gastos públicos e maior eficácia na sua distribuição.

4. Considerações finais

A aerofotogrametria propiciou a realização da cartografia básica da cidade de Palmeirina, com grande qualidade cartográfica, mostrando uma das grandes possibilidades de aplicação das ARP. Os dados da aerofotogrametria em conjunto com o Geoprocessamento é uma poderosa ferramenta para a gestão pública.

A metodologia adotada possibilitou desde a definição do objeto de estudo até realização da cartografia básica, que é o primeiro passo para a consolidação de um SIG voltado para a saúde, mas que carece de mais dados, dados estes, que precisam ser coletados e manipulados pelos órgãos públicos.

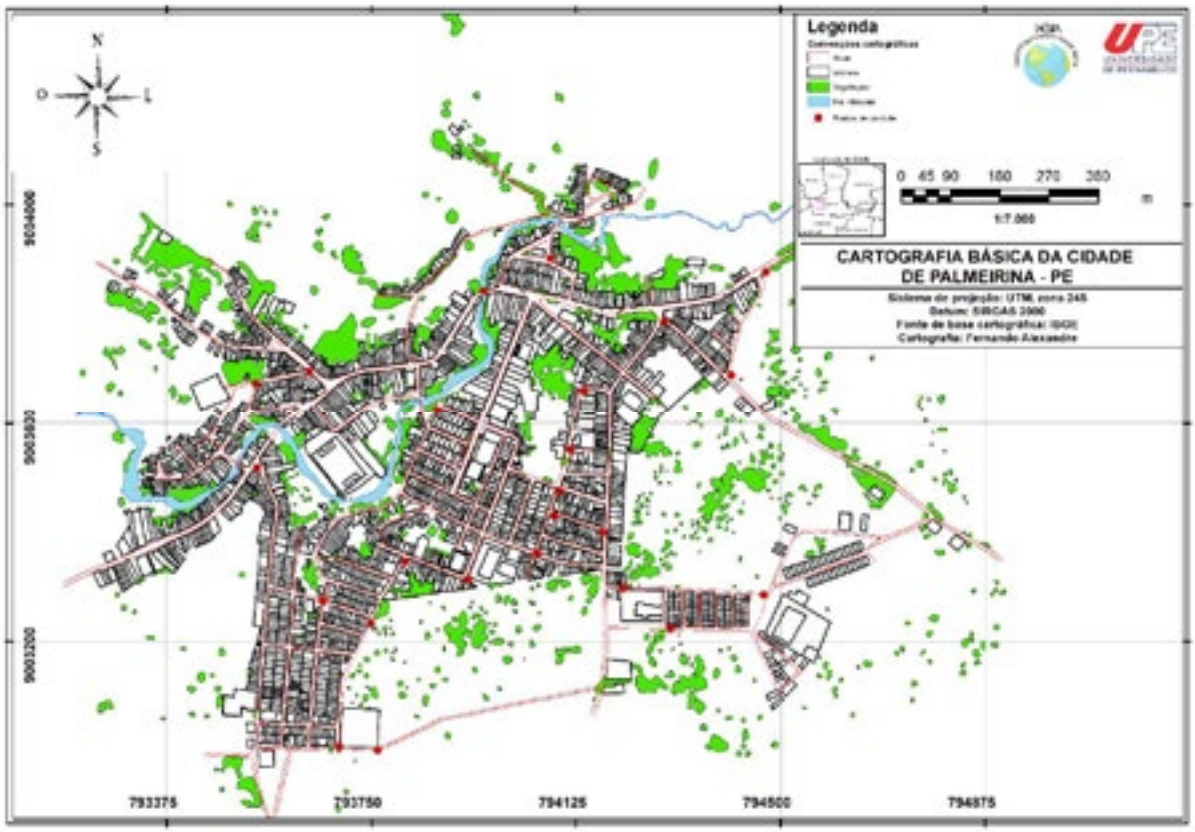


Figura 3 – Cartografia básica da cidade de Palmeirina – PE

Com os dados gerados já é possível a realização de um SIG básico, mas que carece de mais informações, mas o conhecimento do espaço da cidade já permitirá a tomara de decisões e a organização e distribuição dos recursos.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade de Pernambuco (UPE) pelo financiamento dos recursos do projeto de pesquisa "Análise De Riscos Socioambientais em Bacias Hidrográficas Através da Utilização de Ferramentas de Geoprocessamento e Aerofotogrametria De Pequeno Formato", junto ao Programa de Fortalecimento Acadêmico (PFA/IC) e ao Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Ambiental pelo apoio em todo o decorrer do trabalho.

Referências Bibliográficas

Alexandre, F. S; Ramos, R. P. S; Deus, R. A. S. G & Gomes, D. D. M. 2017. Aerofotogrametria de pequeno formato aplicada a realização da cartografia básica da cidade de Palmeirina-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17, CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. Instituto de Geociências, UNICAMP, p. 5565- 5572.

Alexandre, F. S; Ramos, R. P. S; Deus, R. A. S. G & Gomes, D. D. M. 2017. Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado como facilitador para a realização do Cadastro Ambiental Rural-CAR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17, CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. Instituto de Geociências, UNICAMP, p. 5534-5542.

Fitz, P.R. 2008. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo, Oficina de Textos. 160p.

Pina, M.F. Santos, S.M. 2006. Conceitos básicos de Sistemas de Informação Geográfica e Cartografia aplicados à saúde. Brasília, OPAS. 121p.

Silva, C. A.; Duarte. C. R.; Souto. M. V. S & Sabadia. J. A. B. 2015: Utilização de VANT para geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 17. João Pessoa, Anais de evento, João Pessoa, INPE. P. 1137-1144.

Souza. G.C. 2001. Análise de metodologias no levantamento de dados espaciais para cadastro urbano. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Dissertação de mestrado. São Carlos. 122p.

Rosa. R. 2009. Introdução ao sensoriamento remoto. São Paulo: UDUFU. 264 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DE DESMATAMENTO UTILIZANDO DADOS DE PRODES DOS ANOS DE 2015 E 2016 NA RESEX MESTRE LUCINDO NO MUNICÍPIO DE MARAPANIM – PA

Leonardo Nascimento dos Santos Junior [(a)], Serena D Elizete Silva de Oliveira[(b)]

[(a)] Faculdade EDUCARE / Instituto de Pós-Graduação e Cursos – (IPGC), email: leonardojr.sema@gmail.com

[(b)] Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG), Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Ananindeua, e-mail: serenadoliveira@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As geotecnologias, seus modelos e ferramentas, tem sido de grande relevância em instituições ligadas aos estudos ambientais, como elementos de apoio ao surgimento de ações e políticas públicas. Com o decréscimo da problemática do desmatamento da Amazônia e o crescimento acentuado em outros, surge à dúvida de como se conseguir níveis iguais de redução, contribuindo assim para a queda dos índices no Estado do Pará como um todo. Diante disso o presente trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento do desmatamento no município de Marapanim, nordeste do Estado do Pará, nos anos de 2015 a 2016, através da análise dos dados do Programa PRODES de desmatamento, ressaltando a existência da Reserva Extrativista Mestre Lucindo dentro da área de estudo, possibilitando um diagnóstico da condição ambiental após a criação desta RESEX em 13 de outubro de 2014, com base na vetorização do desmatamento disponibilizada pelo Programa PRODES.

Palavras chave: Geotecnologias, PRODES, Politicas Publicas, RESEX.

1. Introdução

As modernas técnicas de análise de dados espaciais, seus modelos e ferramentas, tem sido de grande relevância entre as instituições ligadas aos estudos do desmatamento e de desenvolvimento rural, como elementos de apoio ao surgimento de ações e políticas públicas para a sociedade como um todo.

Com o decréscimo da problemática do desmatamento da Amazônia em alguns municípios do Pará e o crescimento acentuado em outros, surge à dúvida de como se conseguir níveis iguais de redução, contribuindo assim para a queda dos índices no Estado do Pará como um todo.

Diante disso o presente trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento do desmatamento no município de Marapanim, nordeste do Estado do Pará, nos anos de 2015 e 2016, através da análise dos dados do Programa PRODES de desmatamento, ressaltando a existência da Reserva Extrativista Mestre Lucindo dentro da área de estudo, possibilitando um diagnóstico da condição ambiental após a criação desta RESEX em 13 de outubro de 2014, com base na vetorização do desmatamento disponibilizada pelo Programa PRODES.

2. Materiais e Métodos

2.1 Aspectos gerais sobre o município de Marapanim e a RESEX

O município de Marapanim está localizado a cerca de 120 km de Belém, com latitude de 00°43'03"S e longitude de 47°41'59"W. Possui uma população estimada de 27.471 habitantes (IBGE, 2018), distribuídos entre zona rural (62%) e urbana (38%). Ocupa uma área de 795,987 km². Possui clima quente e úmido, distinguindo-se duas estações bem marcantes ao longo do ano: o inverno (chuvoso) e o verão. A vegetação é caracterizada por capoeira de diferentes idades e manguezais. A figura 1 apresenta o mapa de localização do município de Marapanim.

Figura 1. Mapa de Localização do Município de Marapanim e da Resex

A RESEX Mestre Lucindo Foi criada a partir do Decreto Federal S/N (sem número) de 10 de outubro de 2014, e está localizada no município de Marapanim no estado do Pará, sobre a administração do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio que adota medidas para o devido controle, proteção e implementação, a reserva conta com 26.464,88 hectares de extensão.

2.2 Projeto PRODES

O projeto PRODES realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento na região, que são usadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas. As taxas anuais são estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados em cada imagem de satélite que cobre a Amazônia Legal. (INPE, 2018).

2.3 Uso do Software Quatum GIS

O Quantum GIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de Código Aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU. O software é um projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Funciona em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e suporta inúmeros formatos de vetores, rasters e bases de dados e funcionalidades.

Para uso do mesmo, basta o usuário baixar o plugin de instalação do programa para uso livre sem licença. Tal funcionalidade é bem vinda para confecção de trabalhos academicos devido o programa não requerer uma licença, além da boa confiabilidade de seus processamentos e funçoes. Por esta razão, foi selecionado para o manuseio dos dados vetoriais em formato *shapefile* do PRODES, o programa QGIS, pela facilidade de acesso ao mesmo sem de uma assinatura de licença como ocorre com outros programas semelhantes.

3. Resultados e Discussão

O presente trabalho técnico prezou por utilizar os polígonos vetoriais do Programa PRODES como ferramenta para o monitoramento do desmatamento no município de Marapanim inseridos no software de SIG Quantum Gis (QGIS), versão 2.18.13 ‘Las Palmas’, lançado em 15 de setembro de 2017, o que possibilitou verificar as regiões dentro do município de estudo, onde ocorreram desmatamentos entre os anos de 2015 e 2016.

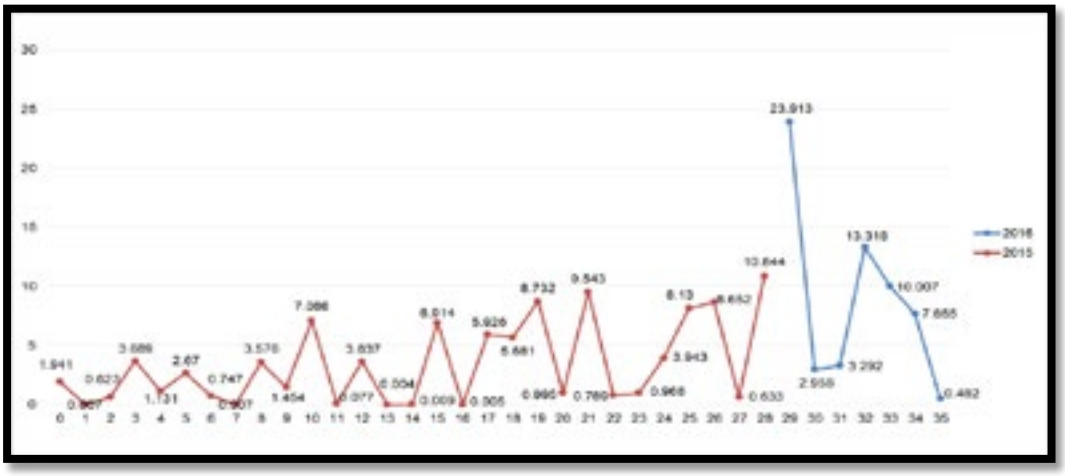


Figura 1. Gráfico da ocorrência de desmatamento no município de Marapanim entre os anos de 2015 e 2016.

Através da elaboração da tabela acima, pode-se perceber a variação de desmatamento entre os anos de 2015 e 2016, onde foram detectados 35 eventos, sendo registrados 29 no ano de 2015 e somente 7 eventos detectados no ano de 2016. Fato que pode ser explicado pela criação da RESEX Mestre Lucindo em outubro de 2014, ressaltando que com a criação da RESEX foi possível constatar que ainda houve muitas áreas desmatadas no ano subsequente de 2015, diminuindo significativamente somente no ano 2016.

5. Considerações Finais

A política adotada pelo município de Marapanim deverá ser a mesma sugerida para os municípios de que compõem o Programa Municípios Verdes e difusão do Cadastro Ambiental Rural - CAR e conscientizar os donos das propriedades rurais alocadas nesse município a fazer o mesmo e facilitar o acesso desse a essa ferramenta que norteia a conservação da Floresta aos moldes do Novo Código Florestal Brasileiro.

Posteriormente poderão ser apresentadas as situações ambientais identificadas no município (áreas com incidência de PRODES) para uma restauração florestal. A caracterização das áreas alvo de restauração deverá ser foco de outros projetos ecologicamente sustentáveis dirigidos por empresas privadas, ONG's ou o próprio governo.

6. Referências Bibliográficas

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Classificação de Imagens: O que é classificação? Tutorial de Geoprocessamento. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>. Acesso em: 24 nov. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em 22 de setembro de 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DE MUDANÇA DO USO E COBRTURA DO SOLO A PARTIR DAS IMAGENS DE LANDSAT 8 NO MUNICÍPIO DE BATALHA-PI NOS ANOS DE 2014, 2017 E 2018

Juliana Gonçalves de Sousa [(a)], Eliethe Gonçalves de Sousa [(b)], Abílio Gomes Figueredo Neto[(c)], Carlos André Carvalho da Silva [(d)], Igor de Castro Sousa [(e)]

[a)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, julianasousah2013@gmail.com

[(b)] Universidade Federal do Piauí, Campus Petrônio Portela, eliethegonçalves@outlook.com

[(c)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, abiliotleo@hotmail.com

[(d)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, karlosandre777@gmail.com

[(e)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, igor258.castro@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O trabalho tem como objetivo analisar o uso e cobertura do solo através das geotecnologias no município de Batalha-PI. O estudo foi realizado utilizando o Sensoriamento Remoto e o Processamento Digital de Imagens (PDI). A análise foi executada com as imagens do sensor OLI/TIRS do LANDSAT-8 disponíveis no United States Geological Survey (USGS) nos anos de 2018, 2017 e 2014. Para o melhoramento das imagens de satélites foram aplicadas técnicas de Processamento Digital de Imagem (PDI), que vão desde de correção atmosférica até a classificação dos pixels da imagem, com a utilização do *software* QGIS 2.14.18 que atua na classificação NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) e Reclassificação e Fatiamento, além do complemento SemiAutomatic Classification Plugin (SCP). O sistema de classificação das imagens gerou resultados satisfatórios para o trabalho, pois as imagens do LANDSAT-8 trazem uma análise precisa e atual do município de Batalha-PI evidenciando as mudanças ocorridas nesse período de tempo.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Palavras chave: sensoriamento remoto, geotecnologias, processamento digital de imagens.

1. Introdução

O Sensoriamento Remoto é utilizado para adquirir remotamente dados em um espaço de tempo, através da detecção da radiação que vem proveniente dos alvos e transformação dessa radiação em registro. Segundo Meneses (2012, p. 03), "Sensoriamento Remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto".

As imagens de sensoriamento remoto, neste caso, foram utilizadas como um meio para gerar classificação e reclassificação dos diversos estágios da ocupação do solo sobre a cobertura vegetal na região do município. De acordo com Lobão (2005, p. 01), "as imagens derivadas de produtos de sensoriamento remoto são excelentes fontes para produzir mapas de uso e cobertura da terra".

Com o Processamento Digital de Imagens (PDI), foram utilizados os processos matemáticos de correção da imagem de satélite, trazendo uma melhor qualidade para que possa ser possível a detecção dos alvos, aplicando nela processos tais como: realce, cálculo de NDVI, classificação e reclassificação que são realizados no software QGIS 2.14.18 e com *plugin* SCP.

A utilização do *plugin* SCP cria áreas amostrais chamadas de *Regions of Interest* (ROIs), para cada amostra sendo possível classificar determinado alvo de acordo com o pixel vizinho. Segundo Moraes (1999), nos métodos clássicos, cada "pixel" é classificado tomando- se em consideração as informações contidas no "pixel". A situação se repete nos contextuais, já que, também é levado em conta as informações dos "pixels" da vizinhança para a classificação.

Conforme Bernardes (2007), duas abordagens distintas são adotadas na classificação

automática de imagens digitais: a classificação supervisionada e classificação não supervisionada. Particularmente, a classificação não-supervisionada baseia-se no princípio de que o algoritmo computacional é capaz de identificar, por si só, as classes, dentro de um conjunto de dados (GONÇALVES, 2008.). Na classificação supervisionada, o usuário define, em primeiro lugar, as assinaturas espectrais das categorias classificadas. A título de exemplificação, têm-se: urbano, florestal ou recurso hídrico (OLIVEIRA, 2014).

Por tanto o objetivo do trabalho foi realizar uma análise do uso e cobertura do solo, através do complemento SCP, classificação e reclassificação, que utiliza as imagens do satélite LANDSAT-8, tendo como objeto de estudo o município de Batalha-PI, e gerar dados para uma análise do uso e cobertura do solo, visando as mudanças e fragilidades ocorridas, ocasionada pela ação natural e antrópica.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

Batalha é um município do estado do Piauí, região nordeste do Brasil. Possui latitude de 04° 01’ 30” sul e uma longitude 42º04'30" oeste (Figura 1). Segundo dados censitários do Instituto Nacional de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010 a população da cidade tinha 25.774 habitantes, com sua Densidade demográfica de 16,22 hab./km².

A cidade está a 160 km da capital Teresina. O município de Batalha está situado em uma região de clima tropical e sub-úmido, compreendida por duas estações bem definidas pelo regime sazonal de chuvas, porém com a distribuição bastante irregular (IBGE, 2010). É banhada pelos rios Longá e dos Matos. Historicamente, teve origem das batalhas entre os portugueses e os indígenas.

ISBN: 978-85-7282-778-2

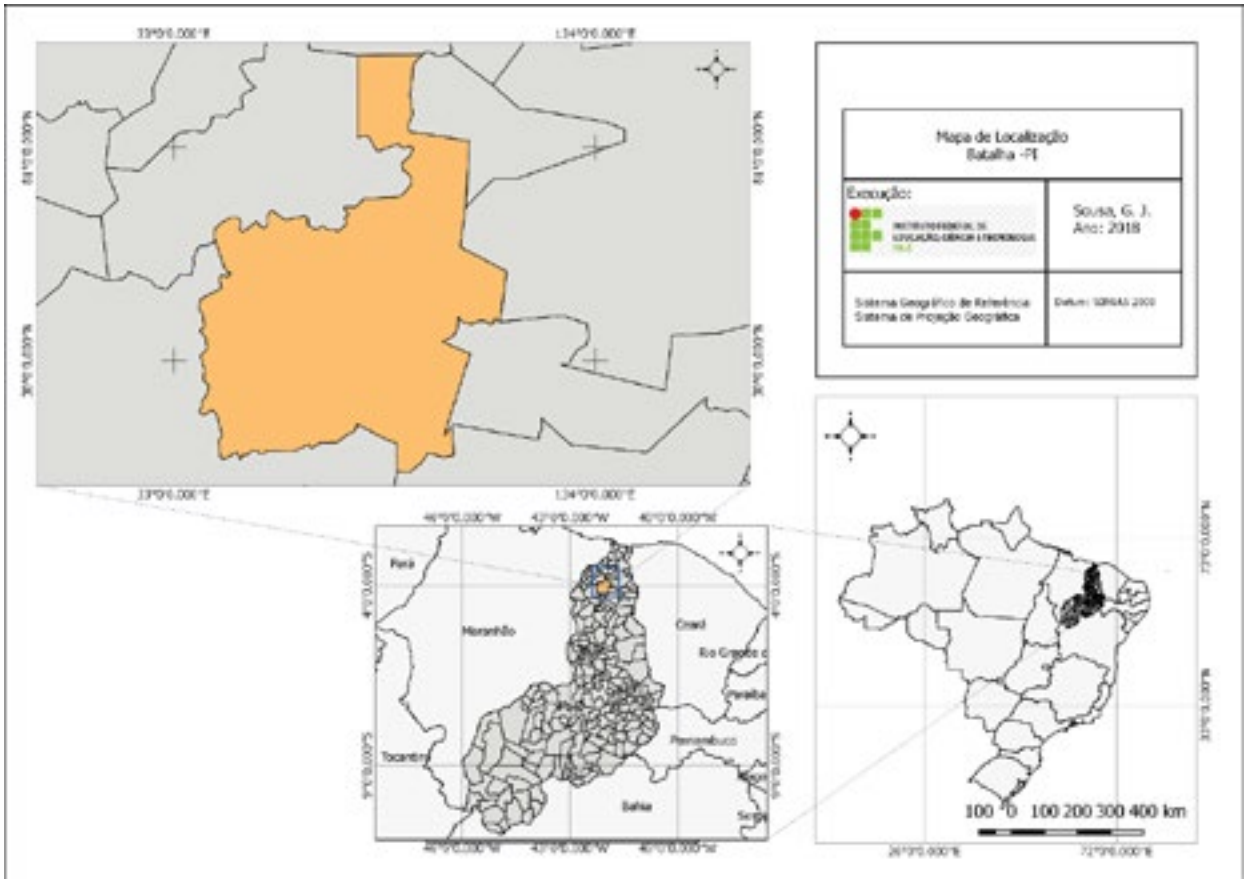


Figura 1 – Mapa de localização do município de Batalha – PI.

2.2 Características das imagens do Satélite Landsat 8

Além da aquisição das imagens, foram feitos os processos de melhoramento das mesmas, com a correção atmosférica, correção geométrica, classificação do NDVI, reclassificação e fatiamento, usando o Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), complemento contido no *software* QGIS 2.14.18, para identificar os alvos contido na área.

As imagens utilizadas foram do satélite LANDSAT-8 sensor OLI/TIRS ano 2014, 2017 e 2018. "O programa Landsat contou com o lançamento de 8 satélites. Atualmente, encontra-se em operação o Landsat-7 (em condições precárias), sendo o Landsat-8, o mais

moderno da família Landsat". (ALVARENGA, 2014, p. 05).

O Landsat-8 possui dois sensores: o sensor OLI (Operacional Land Imager) e o sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor). Estes foram lançados nos Estados Unidos, estando até o presente momento ativo e possuem a altitude de 705 Km, e inclinação de 98,2º, com período de revisita de 16 dias, com a "[...] resolução espacial de 30m para as bandas do visível, 15m para banda pancromática e 100m para as bandas termais (TIRS) " (ALVARENGA, 2014).

2.3 Coleta e manipulação de dados

No trabalho foram utilizadas imagens de satélite Landsat-8 com resolução espacial de 30m do sensor OLI, com as bandas 2, 3, 4, 5, 6 e 7 do ano de 2018 da plataforma (USGS) para a classificação supervisionada, com o SCP *plugin*, no cálculo de NDVI as bandas 4 e 5 do mesmo sensor do ano de 2014 e 2017.

O procedimento primordial foi com a utilização do *plugin* SCP, foi atribuído a correção atmosférica por meio de arquivos em formato *raster*. Após o procedimento foi aplicado uma composição RGB (*Red, Green e Blue*) falsa-cor para uma melhor visualização dos alvos para realizar a classificação das imagens do ano de 2018.

Logo em seguida, foram geradas quatro classes temáticas, para caracterização de cada componente na imagem de uso e cobertura do solo: "Rio", "Vegetação", "Mancha Urbana" e "Solo Exposto".

A primeira etapa foi a classificação supervisionada que irá definir através de uma área amostral, selecionada manualmente cada pixel semelhante ao alvo determinado, entretanto, serão determinados os outros pixels da imagem de acordo com cada componente.

Após definido a classificação supervisionada, foi realizado o cálculo de NDVI, a classificação e reclassificação do município com as imagens do ano de 2014 a 2017. Para

ISBN: 978-85-7282-778-2

o cálculo de NDVI, classificação e fatiamento foram realizados com as etapas a seguir:

Correção radiométrica; Ganho e *Offsets;* Cálculo de NDVI; classificar dados gerados; Reclassificar.

A correção radiométrica é de importância primordial para análises temporais. No trabalho foi utilizado o Método de Uniformização das Médias e Variâncias (UMV), tendo a imagem base de referência do ano de 2017. No Ganho e *Offiset,* foram realizados cálculos de uniformização da imagem para realização da normalização da imagem TM4 (infravermelho- próximo) e TM5 (vermelho). As imagens TM4 e TM5 foram reprojetadas e recortadas de acordo com os limites do município dos anos de 2017 e 2014. Logo em seguida, foram realizados os cálculos para uniformização das imagens de Ganho e *Ofssets*, procedimento realizado na calculadora *raster* no *softwere* QGIS 2.14.18, onde:

$$S' = S \cdot ganho + offset \qquad (1)$$

$$ganho = \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \qquad (2)$$

$$offset = \mu_R - \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \cdot \mu_S \qquad (3)$$

Onde, S' é a imagem uniformizada; S é a imagem de ajuste; 2 σ R a variância da imagem de referência; 2 σ S a variância da imagem de ajuste; μR a média da imagem de referência; μS a média da imagem de ajuste.

O próximo passo foi realizado com o cálculo de NDVI, tendo como referência as imagens de 2017 em relação a imagem de 2014, chegando aos resultados das imagens com as alterações sofridas nesse período de tempo para gerar a classificação.

A etapa de reclassificação e fatiamento é realizada com a subtração da Classificação do

NDVI de 2017 e a do ano de 2014, sendo atribuído o valor de 50 para Ganho e 100 para o *Offset,* deslocando, assim, os valores dos *pixels* para valores positivos, com objetivo de controlar a perda de informação após ser gerado toda a manipulação dos dados no ambiente computacional.

O fluxograma da figura 2 exemplifica todas as etapas metodológicas executadas.

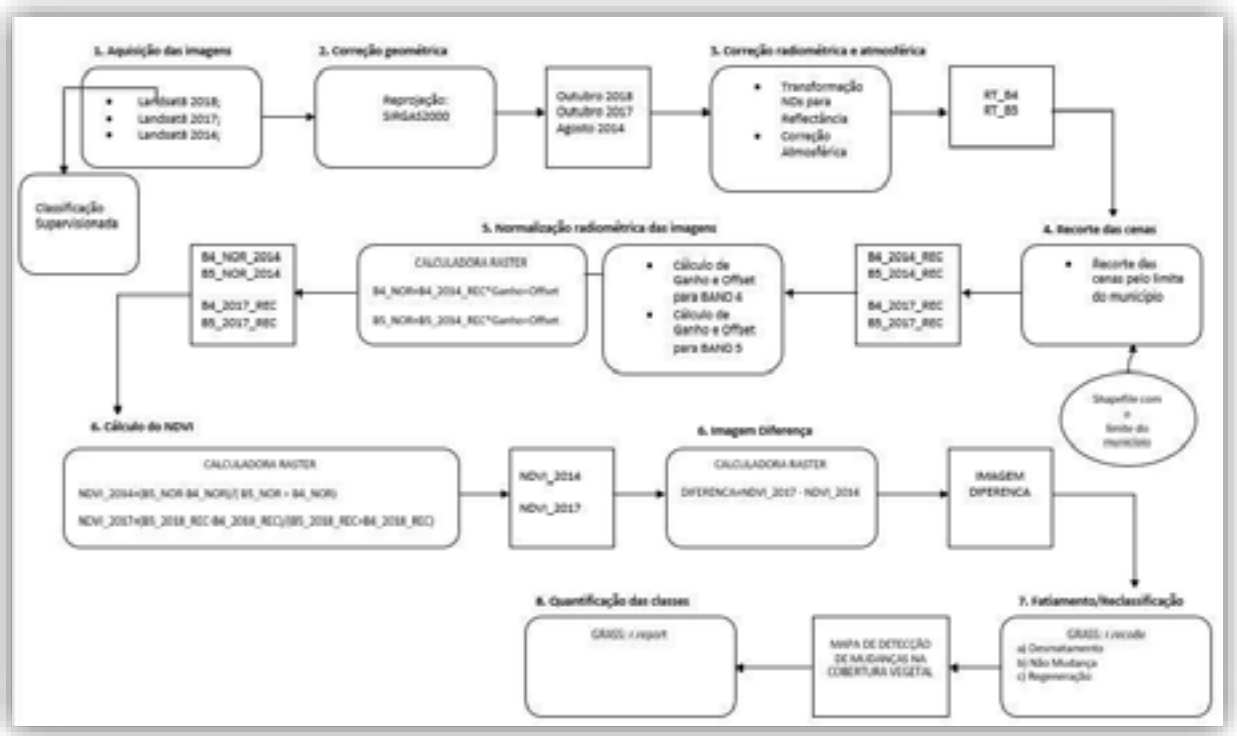


Figura 2 – Fluxograma metodológico das etapas.

3. Resultados e Discussões

A classificação supervisionada realizada pelas imagens do satélite Landsat-8 mostrou que a maior ocupação do solo se encontra com os índices de vegetação, tendo logo após, área representada por solos exposto, as correntes hídricas e a mancha urbana, essa última representando áreas onde há construções civis e habitações. Essa classificação também nos mostra a fragilidade visual, que é representada em algumas áreas, devido a

caatinga e vegetação rasteira, vegetação comum na região nordeste e com a grande extensão. Essa fragilidade é ocasionada por conta de a vegetação ser rala e havendo possibilidade dos pixels de vegetação e os pixels do solo estarem próximos e até mesmo intervenções naturais e antrópicas, tais como queimadas, desflorestamento e entre outros fatores, observem na (Figura 3).

Na classificação supervisionada foi gerado o método índice Kappa, utilizado para analisar os resultados gerado pela classificação. O índice de Kappa varia de 0 a 1, onde, o valor 0 é nulo e 1 seria classificação perfeita.

O índice de Kappa possui valores atribuídos a sua qualidade onde: “ 0 – 0,2 = ruim; 0,2 – 0,4 = razoável; 0,4 – 0,6 = boa; 0,6 – 0,8 = muito boa; e 0,8 – 1,0 = excelente. ” (MENESES 2012, p. 218). Nos resultados, por ser uma área extremamente maior e alguns pixels não serem identificado de acordo com seu devido alvo, o algoritmo classificou o valor de K= 0,58, considerado como uma classificação boa.

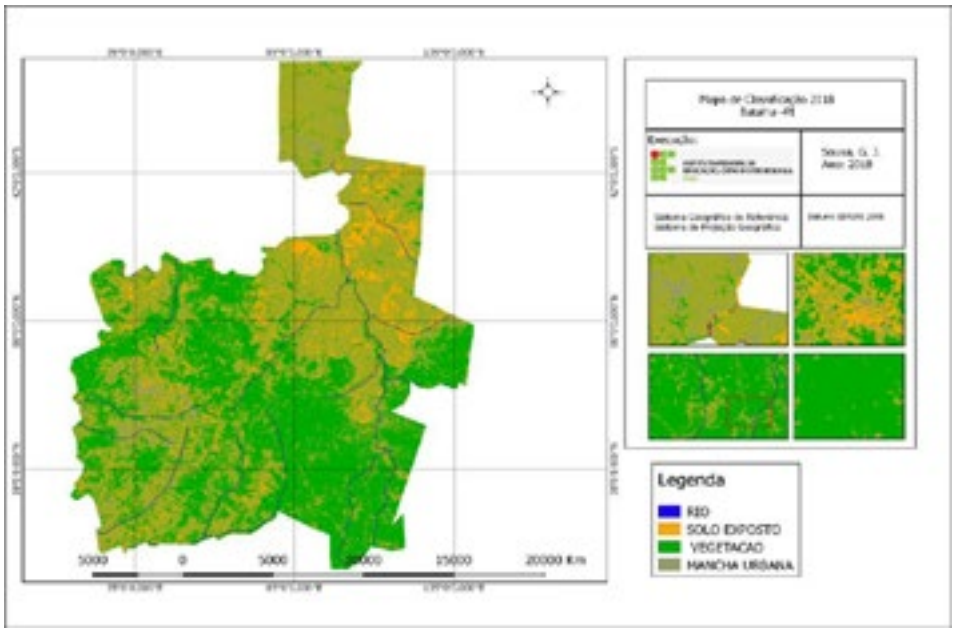


Figura 3 – Mapa de Classificação Supervisionada do ano de 2018.

Na próxima classificação, tendo como etapas a geração dos resultados de NDVI do ano de 2014 e 2017, mostra as transformações que ocorreram durante esse período, onde os tons em cor vermelho representa nenhum índice de vegetação, enquanto os tons em cor de verde claro e verde escuro representam as áreas com índice de vegetação. (Figura 4).

Tendo em vista que o NDVI varia de -1 e 1, os valores negativos representam ausência de vegetação, enquanto os valores positivos representam sua presença, porem quanto maior for o seu valor, indica que maior será o índice de vegetação.

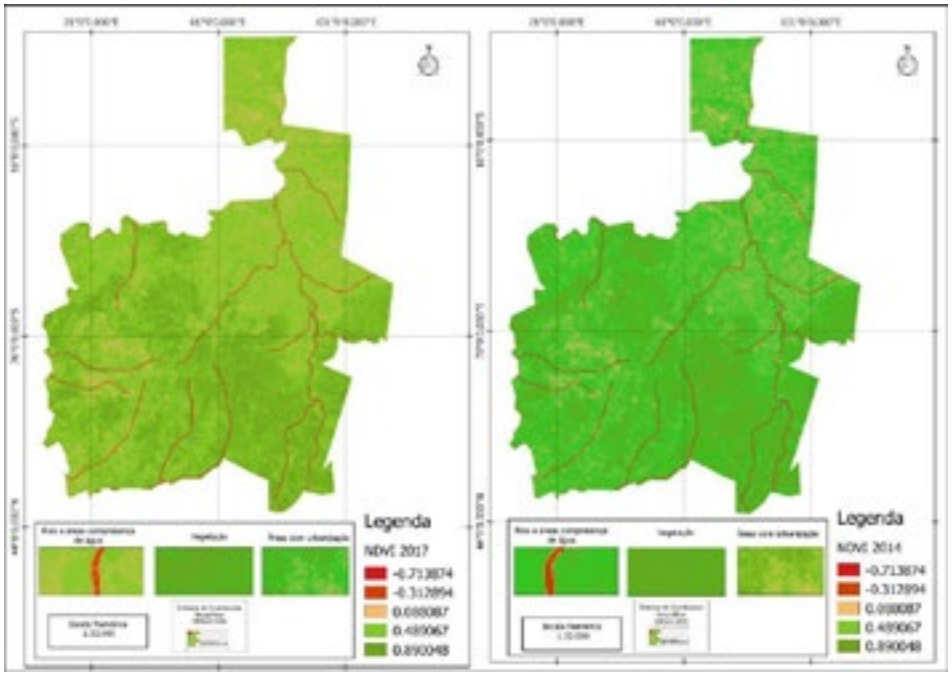


Figura 4 – Mapa do NDVI dos anos de 2017 e 2014.

Logo em seguida, a reclassificação e fatiamento identificam as áreas com Desmatamento, áreas Sem Mudança, além de áreas que tiveram Regeneração (Figura 5). Na Tabela 1 estão as informações obtida dessa reclassificação e fatiamento, dados em

ISBN: 978-85-7282-778-2

Quilômetros e o seu percentual por área.

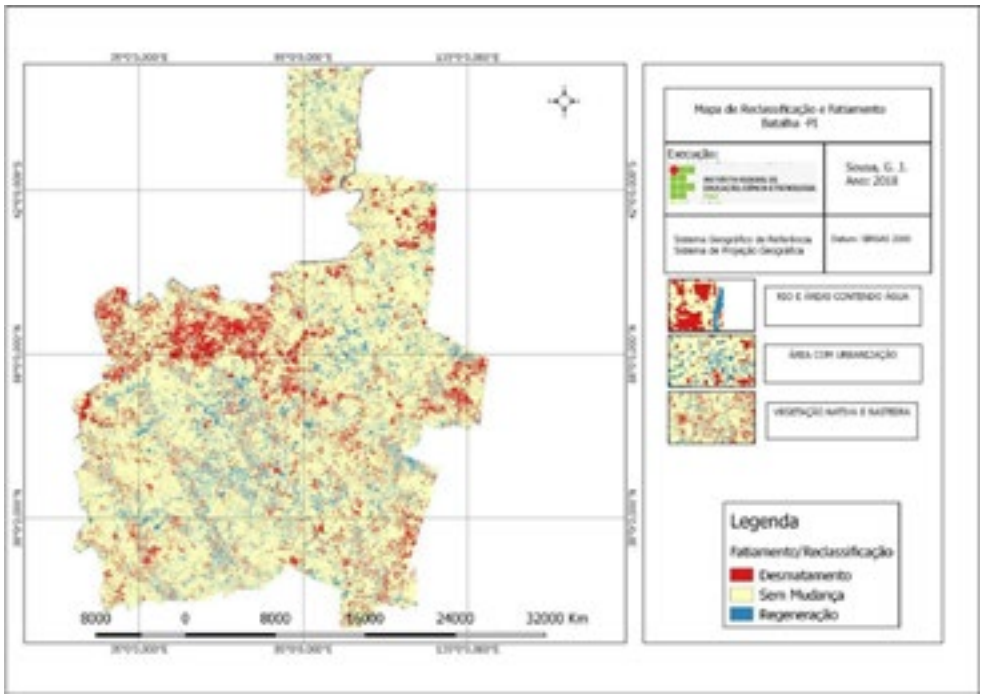


Figura 5 – Mapa de Reclassificação e Fatiamento do município de Batalha - PI.

Tabela I – Resultados do (Ganho e Offset) utilizados para uniformização da imagem de ajuste e referência

Classes	Quilômetros	Percentual
Desmatamento	208.36713	13,12%
Sem Mudanças	1229.94373	77,43%
Regeneração	150.07872	09,45%
Total	1588.38958	100%

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

Após os resultados obtidos, foi possível identificar que o uso das geotecnologias é de grande importância para fazer análise do uso e cobertura do solo, NDVI, classificação e fatiamento. Visto as mudanças ocorridas dentro dos anos de 2018, 2017 e 2014, incluindo-se nesse rol de importância, a ferramenta *plugin* SCP, que é um complemento bastante importante para estudos ambientais com aplicação do Sensoriamento Remoto juntamente ao PDI.

A partir deste, foi possível, ainda, verificar a quantidade da ocupação do solo no município abrangendo uma grande área, no qual representam um fator de grande importância, a cunho ambiental e socioeconômico do município. Na reclassificação e fatiamento, o índice de desmatamento é superior ao índice de regeneração "índice de ganho de floresta ou vegetação", o que mostra que o município sofre um déficit na vegetação, podendo provocar possíveis impactos ambientais.

Por fim, essa análise é relevante para que seja possível a caracterização de cada alvo, considerando que, as imagens de satélite são de suma importância para que se faça a modelagem dos dados geográficos e, portanto, a chegada aos resultados finais

5. Referências Bibliográficas

ALVARENGA, A. S.; MORAES, M. F**.** Processamento digital de imagens Landsat–8 para obtenção dos Índices de Vegetação NDV e SAVI visando a caracterização da cobertura vegetal no município de Nova Lima - MG. **MundoGeo**, v. 77, 2014. p. 05.

BERNARDES, T.; ALVES, H.M.R.; VIEIRA, T.G.C**. Classificação automática de imagens de satélite no mapeamento da região cafeeira de Patrocínio**, MG. In.: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 5, 2007, SP. Anais... Minas Gerais: EPAMIG, 2005, p. 02.

DE CASTRO OLIVEIRA, G., Martins, V. S., Fernandes Filho, E. I., & Xavier, F. V. **Classificação Supervisionada como ferramenta para avaliação da dinâmica do uso e cobertura do solo. 2014. p.05.**

GONÇALVES, Márcio Leandro et al. Classificação não-supervisionada de imagens de sensores remotos utilizando redes neurais auto-organizáveis e métodos de agrupamentos hierárquicos. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 60, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. **Cidades**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/batalha/panorama>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

LEÃO, C., KRUG, L.A., KAMPEL, M., FONSECA, L.M. G. Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**, 13., Florianópolis, SC, 2016. Anais... Florianópolis: INPE/SELPER Brasil, 2007.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens.** Brasilia: Unb/CNPq, 2012.

MORAES, R.M. **Sensoriamento Remoto e Classificação de Imagens.** João Pessoa: Departamento de Estatística, CCEN – UFPB, 1999. Disponível em:<http://www.de.ufpb.br/~ronei/procimagem/procimagem.htm>. Acesso em: 18 Ago. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DO CONTEÚDO DE UMIDADE FOLIAR EM COBERTURAS VEGETAIS DO CERRADO COM USO DAS BANDAS DO SENSOR MSI DO SATÉLITE SENTINEL 2

Leidiane de Paula Rezende [(a)], Ricardo Vicente Ferreira [(a)], Hygor Evangelista Siqueira [(b)]

[(a, b)] Departamento de Geografia / Universidade Federal do Triângulo Mineiro, leidianedepaula@outlook.com, ricardo.ferreira@uftm.edu.br, hygorsiqueira@yahoo.com.br [(b)]

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O Sensoriamento Remoto multiespectral e a análise do conteúdo de umidade do combustível (FMC) têm sido utilizados para monitoramento de risco à incêndios na vegetação. O presente estudo propõe analisar a relação entre o FMC e os valores de refletância das bandas do Satélite Sentinel 2 para pixels da cobertura vegetal do cerrado e macega. Em diversos estudos a banda SWIR têm se mostrado eficaz na leitura espectral da umidade da planta, assim constatou-se que as bandas SWIR tiveram as melhores correlações tanto para o cerrado quanto para a macega, sendo a última mais expressiva com valores de R^2 de 0,8 a 0,9. Há no entanto, a necessidade de ampliar as amostragens de campo para o refinamento da correlação, o que será feito durante a estiagem de 2019. O objetivo é desenvolver uma metodologia de identificação da suscetibilidade das cargas de combustivel aos incêndios na vegetação em regiões de cerrado.

Palavras-chave: umidade de combustível, incêndio, refletância, SWIR, correlação

1. Introdução

O conteúdo de umidade de combustível (Fuel Moisture Content – FMC) têm sido um dos principais procedimentos para avaliar as condicionantes da ignição e propagação do fogo. Trata-se da massa de água contida na vegetação em relação à massa seca. Diversas pesquisas utilizam do FMC para avaliar os riscos de incêndios através da quantidade de combustível disponível no material vegetal (Ceccato et al. 2002, Chuvieco et al. 2003, Yebra et al. 2008). Altos níveis de umidade foliar podem reduzir os riscos de incêndios, já a baixa umidade das plantas apresenta maios risco de incêndio. O Sensoriamento Remoto (SR) é a tecnologia mais utilizada para o estudo do FMC em componentes vegetais vivos e mortos presente na paisagem. No entanto, é preciso se atentar a fatores como atmosfera, densidade vegetal, dossel, raízes e demais características da planta, os quais devem ser levados em conta, pois são determinantes para dados qualitativos de campo e podem influenciar a variação espectral no índice de refletância no sinal de SR (E. Chuvieco et al, 2002; M. Yebra et al, 2013).

Neste estudo, propõe-se avaliar o índice de refletância de imagens produzidas pelo sensor MSI a bordo do satélite Sentinel 2 em consonância aos dados empíricos do FMC de dois ambientes: macega, localizado nas coordenadas 20°03'418" e 47°06'937" e cerrado, localizado na coordenada 20°03'967"; 47°07'310" ambos em área rural da cidade de Sacramento/MG, no Triângulo Mineiro, sob o domínio fitogeográfico do Cerrado.

2. Materiais e Métodos

Para a análise empírica do conteúdo de umidade foliar, foram utilizadas balança com precisão de 1g e estufa de secagem. Para análise em SR foram utilizadas imagens do sensor MSI do satélite Sentinel 2 das bandas 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 11 e 12, selecionando-se dois pixels, um em cada ambiente. O processamento digital das imagens foi feito com uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), softwares Qgis e Arcgis 10.6. A metodologia segue as orientações de Chuvieco et al. (2003), cujo estudo empírico do conteúdo de umidade foliar (FMC) é feito com atividade de campo e laboratório e mede o peso úmido sobre o peso seco das folhas das plantas, seguindo a seguinte equação: FMC = ((Pu - Ps)/Ps)*100 (sendo Pu o peso úmido e Ps o peso seco da amostra).

As amostras foram coletadas em três datas consecutivas acompanhando as revisitas do satélite de 5 em 5 dias, retomando em três datas consecutivas novamente depois de uma pausa de 20 dias, e assim sucessivamente durante os meses de agosto a novembro de 2018. Não foi possível analisar todas as imagens referentes as datas em que foram coletadas as amostras pela alta cobertura de nuvens, restando apenas 04 datas para análise do FMC. Foi delimitada uma área de 30x30m para amostragem sendo coletada 100 gramas de material foliar em cada um dos pontos delimitados, por voltas das 10:30 e 12:30 hrs, momento da passagem do satélite no eixo local. O material coletado foi colocado em sacos plásticos (sendo anulado o peso dos sacos) e pesado em campo. Em seguida, as amostras foram colocadas na estufa e secadas a uma temperatura de 60° por 48 horas. Terminado o procedimento de secagem, as amostras foram pesadas estimando-se o conteúdo de umidade presente na matéria foliar.

A umidade do combustível está teoricamente relacionada a banda de infravermelho de ondas curtas (SWIR) a qual têm apresentado altos picos de absorção de água. Estudos empíricos mostraram bons acordos entre a FMC e a refletância SWIR, ambos usando medidas espectro radiométricas e dados de satélite (principalmente Landsat-TM / ETM: Cibula *et al,* 1992; Chuvieco *et al,* 2002). Ceccato et al. (2001) mostraram que o SWIR é sensível ao Equivalent Water Thickness (EWT – teor de água por área da folha) no nível foliar, quando usado para espécies de plantas em que a flutuação do FMC seja causada por alterações no teor de água (Ceccato et al. 2002, Chuvieco et al., 1999, 2002; Yebra et al. 2008).

3. Resultados e Discussões

Os valores de FMC ficaram acima de 100% para o ambiente de cerrado e se manteve abaixo desse valor para o ambiente de macega atingindo o valor mínimo de 20% (valores de FMC, de reflectância e de R2 são apresentados na Tabela 1). Para o ambiente de cerrado, de acordo com o coeficiente de correlação de Pearson, nas bandas do espectro visível 02 (490 nm), 03 (560 nm) e 04 (665 nm) houve correlação inversa moderada nas primeiras e fraca na última, para a macega ambas as bandas apresentaram correlação fraca. Valores maiores foram encontrados para as bandas SWIR 1 e 2 (1610 nm; 2190 nm respectivamente), apresentando correlação inversa forte na área de macega e correlação moderada na primeira e forte para a segunda na área do cerrado.

Tabela 1. Valores de FMC, refletância das bandas do Satélite Sentinel 2 e de R^2.

Amostra	Data	FMC (%)	Reflectância (Sentinel2)								
			2 (Azul)	3 (Verde)	4 (verm.)	8 (NIR)	11 (SWIR1)	12 (SWIR2)	Red Edge 5	Red Edge 6	Red Edge 7
Cerrado	02/set	117,39	0,034	0,049	0,070	0,150	0,261	0,166	0,092	0,123	0,143
	07/set	132,56	0,034	0,045	0,066	0,140	0,251	0,166	0,092	0,122	0,142
	27/set	177,78	0,032	0,044	0,075	0,155	0,257	0,164	0,094	0,129	0,151
	02/out	222,58	0,033	0,044	0,058	0,155	0,238	0,145	0,875	0,134	0,157
	R^2		-0, 5428	-0,5921	-0,2633	0,4466	-0,6214	**-0,807**	0,7101	0,9563	0,9727
Macega	02/set	20,48	0,034	0,046	0,071	0,134	0,307	0,200	0,087	0,111	0,128
	07/set	33,33	0,035	0,046	0,075	0,137	0,303	0,200	0,091	0,112	0,130
	27/set	61,29	0,032	0,040	0,069	0,141	0,294	0,189	0,085	0,113	0,132
	02/out	100,00	0,034	0,044	0,070	0,137	0,278	0,177	0,084	0,115	0,135
	R^2		-0,136	-0,1524	-0,3619	0,2924	**-0,9935**	**-0,9715**	-0,4581	0,9363	0,9879

Diferentemente, as bandas 05 (705 nm), 06 (740 nm), 07 (783 nm) no "red edge", e a banda NIR (842 nm) no infravermelho próximo gerou-se uma correlação positiva para os dois ambientes, não sendo significativa uma vez que a reflectância da banda deveria aumentar com

a queda do FMC e vice versa. Em comparação aos dados empíricos de FMC e índices de reflectância das bandas do satélite Sentinel 2, esta análise se mostrou condizente com outros estudos referentes ao índice de refletância das bandas no SWIR onde foram encontrados os maiores coeficientes apresentando correlação significativa com o FMC em ambos os ambientes, porém mais significativa na macega (Figura 1). Na banda NIR não houve correspondência em nenhum dos ambientes, que de acordo com estudos de Chuvieco et al. (2003), o monitoramento do conteúdo de umidade foliar nessa faixa não tem sido evidente, o mesmo se aplica as bandas no "red edge", onde não observou correspondência nenhuma ao FMC. Nos estudos de Jackson e Ezra, 1985 e Bowman, 1989, segundo Chuvieco et al. (2003), as faixas no visível provaram não ser muito sensível ao conteúdo de água da folha em termos absolutos, porém nesse estudo, estas faixas corresponderam de forma satisfatória, talvez sua alta resolução de 10m tenha facilitado tal leitura espectral.

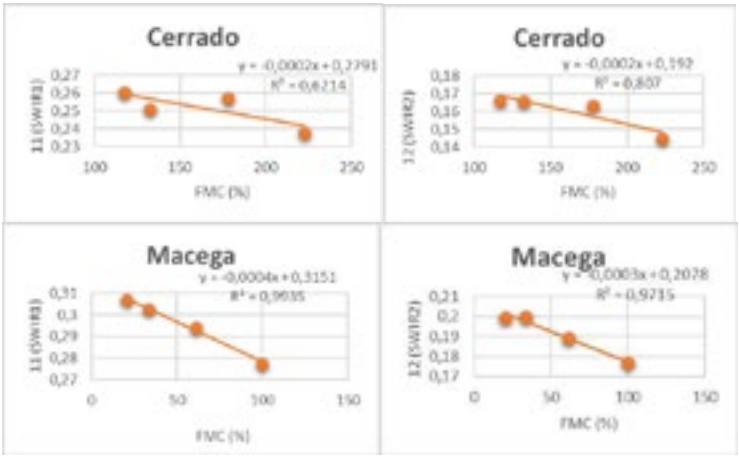


Figura 1. Gráficos da correlação nas bandas SWIR 1 e 2 para os ambientes de cerrado e macega.

4. Considerações finais

O método estatístico de FMC para avaliação de perigo de incêndio têm sido eficaz para ação e proteção aos ambientes florestais, no entanto, deve haver aprofundamento em pesquisas qualitativas nesse ramo uma vez que fatores temporais e espaciais são variáveis de um lugar para outro. Este estudo gera uma concordância em relação à outras pesquisas realizadas em outros países, porém para uma avaliação mais certera e positiva é preciso aumentar o banco de

dados num espaço temporal maior. O cerrado é um domínio fitogeográfico complexo, o que faz com seja preciso uma gama maior de pesquisa, só assim se torna possível estimar e monitorar através de índices de refletância e de FMC perigos de incêndios florestais. A presente pesqusia encontra-se em andamento e as proximas etapas consistirão em ampliar as amostragens ao longo da estiagem de 2019 e analisar as caracteristicas espectrais da vegetação de cerrado e macega incendiadas nos anos de 2018 e 2019, considerando suas condições no momento imediatamente anterior ao incêndio e, assim, inferir sobre o FMC destas coberturas em chegar em uma proposta para suscetibilidade das cargas de combustivel aos incêndios na vegetação e propor ações mitigadoras.

5. Referências

CECCATO, P., GOBRON N., FLASSE S., PINTY B., TARANTOLA S. Designing a spectral index to estimate vegetation water content from remote sensing data: Part 1. Theoretical approach, Remote Sensing of Environment. v82, 188 – 197. 2002. DOI: 10.1016/S0034-4257(02)00037-8.

CHUVIECO, E., RIAÑO, D., AGUADO, I. and COCERO, D. Estimation of fuel moisture content from multitemporal analysis of Landsat Thematic Mapper reflectance data: applications in fire danger assessment. Int. J. Remote Sensing, 2002, vol. 23, no. 11, 2145–2162.

CHUVIECO, E., AGUADO, I., COCERO, D., RIAÑO, D. Design of an empirical index to estimate fuel moisture content from OAA-AVHRR analysis in forest fire danger studies. International Journal of Remote Sensing. 24: 1621–1637. 2003. DOI: 10.1080/01431160210144660.

YEBRA, M., CHUVIECO, E., RIAÑO D. Estimation of live fuel moisture content from MODIS images for fire risk assessment. Agricultural and Forest Meteorology: 523–536. 2008. DOI: 10.1016/j.agrformet.2007.12.005.

YEBRA, M. DENNISON, P. E. CHUVIECO, E. RIAÑO, D. ZYLSTRA, P. HUNT, E. R. DANSON, F. M. QI, Y. JURDAO, S. A global review of remote sensing of live fuel moisture content for fire danger assessment: Moving towards operational products, Remote Sensing of Environment, vol. 136, pp. 455–468, 2013

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DA INDÚSTRIA CERÂMICA E DA EXPANSÃO URBANA DOS MUNICÍPIOS DO POLO CERÂMICO DE SANTA GERTRUDES/SP

Andréia Medinilha Pancher

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – DEPLAN - IGCE, Rio Claro, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, am.pancher@unesp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar o desenvolvimento da atividade cerâmica e da expansão urbana dos municípios integrantes do Polo Cerâmico Santa Gertrudes, com apoio nas Geotecnologias. Para a caracterização físico-natural dos municípios, foram utilizados os mapas temáticos de Geologia e Hipsometria (LORETI Jr., 2014). A fim de estimar e analisar o crescimento urbano dos municípios do polo que abrigam indústrias de pisos e revestimentos, foram mapeadas as classes de uso da terra (mancha urbana, loteamento, indústria, mineração), elaborando-se dois cenários: um anterior ao intenso desenvolvimento da atividade cerâmica (imagem SPOT-1995) e outro cenário do período de maior dinamismo da indústria cerâmica (Ortofotos-2010/2011). Os resultados permitiram evidenciar o avanço do uso das terras em 6 municípios do PCSG, identificando-se que Santa Gertrudes e Cordeirópolis foram os que tiveram maior influência do setor cerâmico no processo de urbanização.

Palavras chave: Indústria Cerâmica; Expansão Urbana; Sistema de Informação Geográfica (SIG).

1. Introdução

O Brasil é o 2º país produtor e consumidor de revestimentos, cuja produção em 2016 atingiu 792 milhões de m^2, perdendo apenas para a China. As vendas totais atingiram 800,3 milhões de m^2, dos quais 706 milhões de m^2 foram vendidos no mercado interno e 94,3 milhões de m^2 exportados, o que equivale a uma receita de US$ 293,9 milhões. As exportações brasileiras têm como principais destinos: América do

Sul, América Central, América do Norte e Caribe. De 2006 a 2016 a produção aumentou de 672,4 milhões de m^2 para 792 milhões de m^2 (ANFACER, 2018).

No estado de São Paulo, a indústria cerâmica teve início no final do século XIX e início do século XX, com as atividades das olarias (BELLINGIERI, 2005). Neste contexto, a indústria cerâmica de Santa Gertrudes, instalada entre 1918 e 1930, refletiu no crescimento econômico, na demanda por mão-de-obra e, consequentemente, na vinda de população de outros estados do Brasil, intensificando a expansão urbana do município. A qualidade e a disponibilidade da matéria-prima impulsionaram o crescimento da atividade cerâmica, a qual passou a englobar outros municípios vizinhos, dando origem ao polo cerâmico Santa Gertrudes (IAOCHITE, 2008).

Segundo a Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento (ASPACER, 2016), das 47 cerâmicas do estado de São Paulo, 34 estão localizadas no Polo Cerâmico Santa Gertrudes. De modo comparativo, em setembro de 2016 o número de empregados do polo era de 9.444, ao passo que São Paulo empregava 12.366 trabalhadores. Enquanto o estado de São Paulo produzia 46,7 milhões de m^2, o polo de Santa Gertrudes produzia 42,7 milhões de m^2 de revestimentos cerâmicos, representando 91,3% do total estadual. Quanto ao faturamento, até setembro de 2016, São Paulo obteve um lucro de 388,74 milhões de reais, ao passo que o PCSG obteve 332,97 milhões de reais.

Apesar de ter havido desenvolvimento econômico, Iaochite (2008) salienta que o poder público permitiu que as indústrias se instalassem na área central do município, devido à proximidade das mesmas às cavas de argila. Porém, com o passar do tempo a população foi ocupando as áreas do entorno das cerâmicas, somando-se uma série de problemas, dentre os quais o comprometimento da circulação dos caminhões; a poluição sonora, do ar (emissão de partículas de argila e de fluoreto) e da água trouxeram prejuízos à saúde dos moradores.

Diante do exposto, torna-se relevante conhecer os aspectos físico-naturais da área do polo cerâmico, bem como mapear o uso e ocupação das terras, com apoio nas Geotecnologias, a fim de se analisar as repercussões do crescimento da atividade cerâmica na expansão urbana dos municípios.

2. Materiais e Métodos

2.1. Localização e caracterização da Área de Estudo

O polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP (PCSG) localiza-se no interior do estado de São Paulo, entre as coordenadas 22º15' e 22º45'S, 47º15' e 47º45'W e abrange os municípios de Araras, Cordeirópolis, Ipeúna, Iracemápolis, Limeira, Piracicaba, Rio Claro e Santa Gertrudes (figura 1). A área total dos municípios deste polo cerâmico é de 3.643 km^2, sendo que a média da urbanização é de 95,5%.

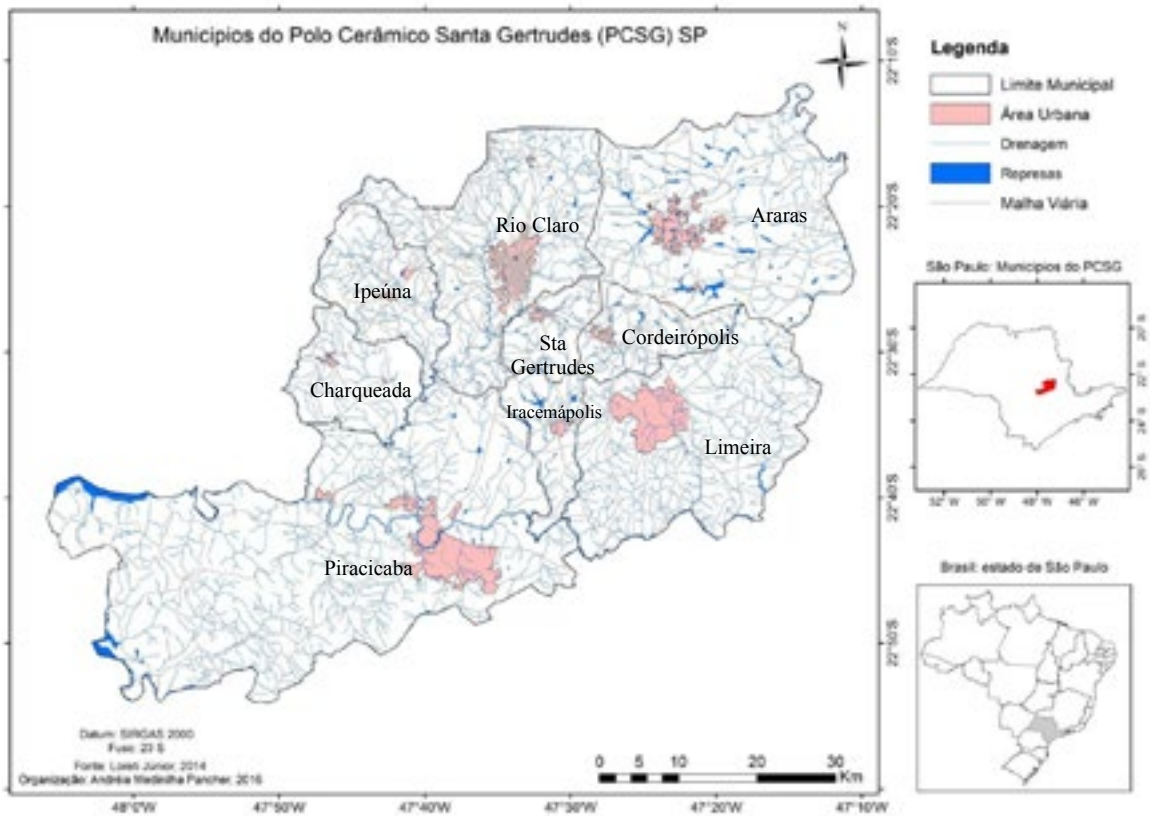


Figura 1 – Localização dos municípios do PCSG. Elaboração: Pancher, 2018.

A história do desenvolvimento econômico de Santa Gertrudes inicia-se com a atividade agrícola (café e de cana-de-açúcar). Contudo, após a crise de 1929 a economia de Santa Gertrudes passou a se basear nas indústrias cerâmicas. Nas décadas de 1940 e 1950 o município já contava com 16 indústrias, localizadas em Santa Gertrudes (CARLI, 2008). No final da década de 1970 e início da década de 1980, começaram a chegar migrantes de outros estados brasileiros (mineiros, paranaenses, gaúchos, catarinenses e de parte do nordeste) para atuarem nas cerâmicas. No caso dos gaúchos e catarinenses, algumas empresas foram buscá-los devido à experiência que os mesmos tinham nas indústrias cerâmicas do Sul do país. Já na década de 1990, destaca-se a vinda de migrantes de Minas Gerais atraídos pelas oportunidades oferecidas pelas indústrias cerâmicas (FIÓRIO, 2014).

No entanto, os avanços nesta atividade ocorreram em 1986, quando a produção artesanal foi substituída pelo moderno sistema de monoqueima. Segundo Garcia (2003, p. 152), "esta nova tecnologia permitiu que a fabricação de pisos atingisse os padrões nacionais, promovendo a formação do polo cerâmico, fato que estimulou a criação de condições que atraíram novas empresas à região". Também, o autor destaca que o polo cerâmico domina todas as etapas do processo produtivo, desde a extração da argila até a exportação dos produtos, além do controle e formação de mão de obra especializada.

O polo cerâmico de Santa Gertrudes é um dos principais polos produtores de revestimento do mundo e o maior das Américas. A característica mais relevante desse complexo cerâmico é a produção de revestimento pelo processo de moagem a seco. Além disso, produz revestimento tipo grés e porcelanatos pelo processo via-úmida, bem como telhas pelo processo de prensagem e alguns produtos extrudados (CHRISTOFOLETTI; MORENO, 2011).

As indústrias cerâmicas ocupam parte considerável do espaço urbano de Santa Gertrudes, contudo a maior concentração localiza-se ao longo da rodovia Washington Luiz, fundamental via do escoamento da produção.

2.2. Material e Procedimentos Metodológicos

A abordagem metodológica desta pesquisa teve por base analisar o território do polo cerâmico através da integração de variáveis, partindo-se de um contexto abrangente (regional), visando contextualizar o Polo Cerâmico Santa Gertrudes no cenário nacional e do estado de São Paulo, bem como evidenciar os fatores que determinaram o desenvolvimento econômico da região. Para a análise regional, tomou-se por base o conjunto de 8 municípios considerados pelo CPRM, levando-se em conta que em todos há atividade de mineração e a maior parte destes (6) abrange indústrias cerâmicas. No nível municipal, foi possível estimar o avanço da mancha urbana dos municípios (6) do polo considerando-se 1995 e 2010.

2.2.1 Elaboração de uma Base Cartográfica Digital Municipal

A base cartográfica dos municípios do polo cerâmico de Santa Gertrudes, na escala 1:50.000 (LORETI JR., 2014) abrange a drenagem, curvas de nível, pontos cotados. Para adequar as informações foram efetuadas a vetorização e a edição, complementando a base cartográfica. Esses procedimentos foram efetuados no SIG ARCGIS (versão 10.1, da ESRI).

2.2.2 Elaboração dos mapas temáticos dos aspectos físico-naturais dos municípios do polo cerâmico de Santa Gertrudes/SP

Os mapas temáticos Geologia e Hipsometria dos municípios componentes do polo cerâmico de Santa Gertrudes foram elaborados com base em Loretti Jr. (2014).

2.2.3. Mapas Temáticos da Mancha Urbana

Os mapas temáticos do uso da terra dos municípios do polo cerâmico de Santa Gertrudes foram elaborados com base na fotointerpretação das imagens orbitais de 1995, do satélite SPOT e das Ortofotos digitais de 2010/11, da EMPLASA e no mapeamento manual das classes temáticas. As imagens já foram adquiridas georreferenciadas. Assim, realizou-se a vetorização manual da mancha urbana (área urbana densamente construída), loteamento, indústria e das áreas de mineração, elaborando-se mapas do período que antecede ao intenso desenvolvimento do polo cerâmico (1995) e outro mais recente (2010), quando o polo

encontrava-se em pleno dinamismo, permitindo-se identificar as características da expansão urbana. Após o mapeamento das manchas urbanas dos 6 municípios, foi possível mensurar as áreas ocupadas pelo uso das terras, permitindo-se estimar o crescimento urbano no período (1995 e 2010).

3. Resultados e discussões

Com base na aplicação dos procedimentos metodológicos, identificou-se que um dos fatores mais importantes que determinou o desenvolvimento da atividade cerâmica do PCSG foi à litologia. O PCSG destaca-se pela peculiaridade da preparação da massa, pois utiliza moagem via seca típica e massa simples (constituída de uma única matéria-prima). A matéria-prima caracteriza-se por sedimentos pelíticos da Formação Corumbataí, do Permiano da Bacia do Paraná. A formação alcança mais de 100 m de espessura, agrupando um conjunto de sedimentos marinhos de águas rasas, incluindo argilitos, siltitos, folhelhos, siltitos arenosos e camadas de arenitos, distribuídos em uma sequência de granocrescência, oxidação e estratificação ascendentes. Na base, a unidade sobrepõe-se a folhelhos negros e betuminosos com calcário da Formação Irati (P), e no topo é sucedida por arenitos finos das unidades continentais flúvio-eólicas (formações jurássico-triássicas Pirambóia e Botucatu). Os principais minerais de argila das rochas pelíticas da Formação Corumbataí são a illita, com menor quantidade de caulinita e esmectita, acompanhados de quartzo, feldspato, hematita e hidróxidos de ferro. As fácies de textura mais grossa são ricas em feldspato e fragmentos biogênicos, formando ocasionalmente *bone beds* e coquina (MOTTA et al., 2003). (Figura 2).

A formação Corumbataí é a essencial fonte da matéria-prima cerâmica do Polo e tem ocorrência considerável na região, destacando-se nos municípios de Rio Claro, Santa Gertrudes, Cordeirópolis e Piracicaba. Aflora em diversas situações, como em cortes de estradas e rodovias, no leito de estradas não pavimentadas, sendo as melhores exposições as aflorantes em frentes de lavra. (LORETI JR., 2014).

A partir de estudos petrográficos, Zanardo et al., 2004 (apud LORETI JR, 2014) relacionaram a ocorrência de sais à exposição subaérea de depósitos de planícies de maré em

clima árido e destacaram a ocorrência de processo diagenético, principalmente albitização, responsável por tornar a matéria-prima para cerâmica mais fundente.

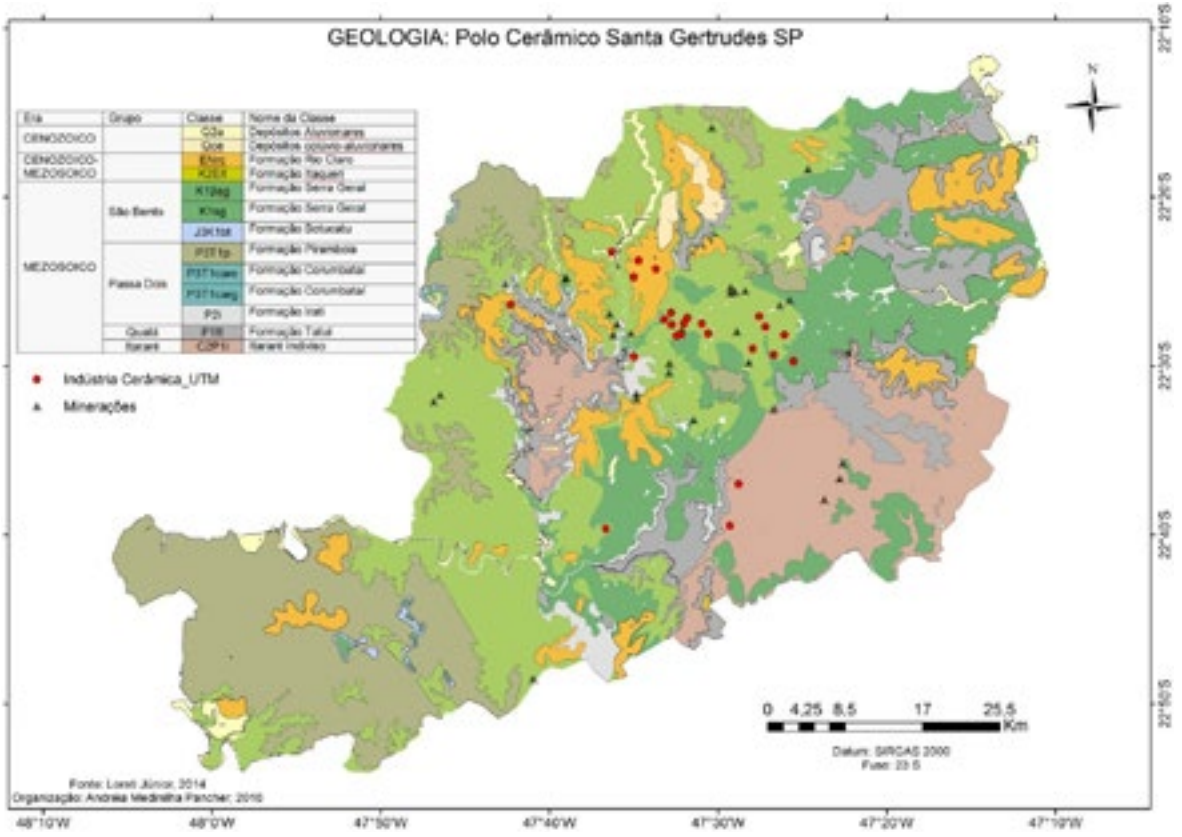


Figura 2 – Geologia: Polo Cerâmico Santa Gertrudes/SP

Com base em Loreti Jr. (2014), a CPRM dividiu a Formação Corumbataí em duas porções: 1) Basal, que geralmente apresenta-se mais homogênea e muito compactada, cuja composição principal é ilítica; consiste na melhor matéria-prima para as indústrias da região; 2) Topo, muito heterogênea, em razão da presença de bancos arenosos, a ocorrência de carbonato e de alterações diagenéticas e hidrotermais mais ou menos pronunciadas, características que permite a formação de outros tipos de argilas. Considerando-se que os carbonatos influem na sinterização, é preciso um controle mais rigoroso da matéria-prima nas etapas de formulação da mistura cerâmica.

A matéria-prima, as argilas utilizadas na cerâmica vermelha como recurso mineral, possuem alto valor locacional, isto é, devem necessariamente estar situadas nas proximidades das cerâmicas, por isso as distribuições das unidades produtoras são controladas pelas ocorrências dos depósitos de argila (MOTTA, ZANARDO e CABRAL Jr., 2001).

Quanto ao relevo, a área do PSCG faz parte da Depressão Periférica da Borda Leste da Bacia do Paraná (ROSS, 1990). Há maiores elevações (700 a 1000 metros) na porção norte e nordeste, abrangendo totalmente o município de Araras SP, e a porção norte do município de Rio Claro SP. Já da porção central para sudoeste, onde se localiza principalmente o município de Piracicaba SP, o relevo se torna predominantemente plano, abrangendo as menores faixas de altitudes (400 a 600 metros).

Além dos fatores físico-naturais, a proximidade com a capital do estado e a infraestrutura rodoviária necessária para o deslocamento da produção também se constituíram em fatores que estimularam a instalação das indústrias cerâmicas na região do PCSG.

Quanto à atividade industrial, a tabela 1 evidencia dados obtidos da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), do Cadastro Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), do Ministério do Trabalho.

Tabela 1 - Indústria Geral, do Setor Cerâmico, de Azulejos e Pisos e Ativos municípios do PCSG (2016)

Municípios - PCSG	Ind. Geral	Ativos	Ind. Cerâmica	Ativos	Fab. Azulejos e Pisos	Ativos
Araras	451	12.386	1	9	1	9
Cordeirópolis	118	4.527	17	2.614	8	2.584
Ipeúna	37	1.153	4	273	2	124
Iracemápolis	120	3.601	1	95	0	0
Limeira	1.524	28.328	7	510	2	466
Piracicaba	1.315	38.261	25	993	1	727
Rio Claro	673	20.571	28	2.057	5	1.957
Sta Gertrudes	83	4.792	22	4.132	12	4.016
Total	**4.321**	**113.619**	**105**	**10.683**	**31**	**9.883**

Fonte: RAIS-CNAE, 2018.

De acordo com a tabela 1, verifica-se que o setor cerâmico abrange 105 indústrias, sendo predominante em Rio Claro (28), porém as indústrias de Santa Gertrudes empregam maior número de funcionários (4.132 trabalhadores). Quanto às indústrias de azulejos e pisos, Santa Gertrudes abrange o maior número de empresas (12), seguindo-se por Cordeirópolis (8), empregando 4.016 e 2.584 funcionários, respectivamente.

Apesar de o setor cerâmico abranger um número maior de indústrias, o volume de funcionários é um pouco maior (10.683) do que o número de ativos da indústria de azulejos e pisos (9.883). Evidencia-se que o sub-setor Fabricação de Azulejos e Pisos é predominante no que se refere ao pessoal ocupado. Assim, neste estudo justifica-se a escolha deste sub-setor.
Os dados da tabela 1 apresentam o número de indústrias cerâmicas por municípios, evidenciando que dos 6 municípios que abrigam esse ramo de indústria, Santa Gertrudes e Cordeirópolis abrangem mais unidades, denotando a importância desse setor para ambos municípios e a influência dessa atividade econômica no crescimento urbano.

3.3.1. Análise da Expansão urbana dos municípios do polo cerâmico Santa Gertrudes SP

De acordo com estimativas do IBGE (2016) referentes aos municípios do polo cerâmico, nota-se que entre 2000 e 2010 municípios como Iracemápolis (28,76%) e Santa Gertrudes (36,01%) cresceram mais do que municípios maiores como Limeira (10,83%) e Piracicaba (10,75%). Esse processo se manteve entre 2010 e 2016, pois municípios como Ipeúna (17,13%), Santa Gertrudes (16,44%) e Iracemápolis (14,40%) cresceram mais do que Rio Claro (8,17%), Piracicaba (8,18%) e Limeira (8,21%), por exemplos.

Segundo o IBGE (2016) e o SEADE (2016), verificam-se que os maiores municípios quanto a população absoluta são: Piracicaba (394.419), Limeira (298.701) e Rio Claro (201.463). Já com relação à densidade demográfica, em ordem decrescente, Limeira (475,3 hab./km^2), Rio Claro (373,7 hab./km^2), Piracicaba (264,5 hab./km^2) e Santa Gertrudes (220,1 hab./km^2). Santa Gertrudes destaca-se, pois apesar de abranger território pequeno (98,3km^2), apresenta elevada densidade demográfica. A população urbana é predominante em todos os

municípios do PCSG, sendo que as maiores proporções de moradores que vivem na cidade se encontram em Santa Gertrudes (99,0%), Piracicaba (97,9%), Iracemápolis (97,9%) e Rio Claro (97,6%). (IBGE, 2010).

De acordo com a figura 3, considerando-se as classes loteamento e mancha urbana, pois fazem parte da expansão das cidades, verifica-se que o municípios que apresentaram maior aumento da mancha urbana foram: Piracicaba 4,9km^2 e Rio Claro 4,2km^2, seguindo-se por Limeira 2,9km^2, Cordeirópolis 0,7km^2 e Santa Gertrudes 0,1km^2.

É importante salientar que para os municípios de Limeira, Piracicaba, Rio Claro e Iracemápolis, há outras atividades econômicas que influenciaram no desenvolvimento econômico e no processo de urbanização no período de 1995 a 2010. Os 3 primeiros, constituem-se de municípios maiores, apresentando maior dinamismo econômico e maior diversidade de indústrias e do setor terciário. Portanto, há outras atividades que estimulam a expansão urbana.

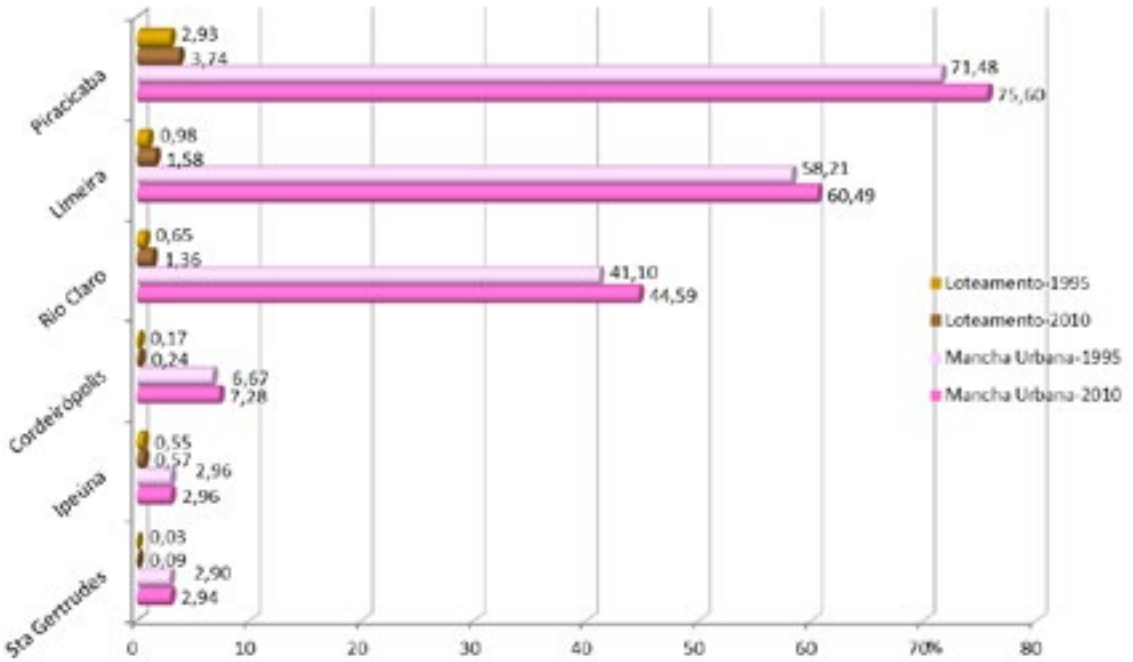


Figura 3 – Crescimento Urbano (km^2) dos municípios do PCSG – 1995 e 2010.
Elaboração: Pancher, 2016.

Em Cordeirópolis SP, a mancha urbana de 1995 apresentava uma área de 6,8km^2, com crescimento contíguo em quase todas as direções, com exceção das porções noroeste e sudoeste (figura 9). No cenário de 2010, verifica-se que houve expansão (7,5km^2), ou seja, de 10,29%, principalmente no sentido noroeste, mas também nas porções norte, sul, leste e sudeste, embora com menor intensidade. Essa expansão se caracterizou pela maior contiguidade da mancha urbana, em relação ao cenário anterior, apesar de ainda haver algumas porções desconectadas da área urbana principal.

Em Santa Gertrudes SP, a mancha urbana é bastante irregular, porém na maior parte é contígua, excetuando-se a porção sudeste que apresenta 3 áreas desconectadas da área urbana principal. A área ocupada pela mancha urbana de 1995 era de 2,93km^2, ampliando-se para 3,03km^2, o que corresponde a um acréscimo de 0,1km^2 (3,41%). A expansão ocorreu principalmente na porção sul e leste, e em menor proporção, a sudoeste. (figura 14).

Assim, com relação ao crescimento urbano dos municípios do PCSG, com base nos mapeamentos, verificou-se que a expansão da mancha urbana não foi muito expressiva no período analisado. Desse modo, a alteração mais significativa foi à intensificação na ocupação urbana, com o aumento na densidade de ocupação e preenchimento de vazios urbanos.

4. Considerações Finais

A análise integrada dos aspectos físico-naturais e antrópicos dos municípios do PCSG que abrangem indústrias cerâmicas de pisos e revestimentos possibilitou conhecer esse território, no que se refere aos fatores que estimularam a instalação das indústrias cerâmicas, destacando-se a formação geológica Corumbataí, de onde se extrai a matéria-prima (argila) de qualidade.

Nesse nível de análise geográfica (Regional), as imagens SPOT de 1995, com resolução espacial de 2,5 metros, foram úteis na discriminação das classes de uso das terras dos municípios, permitindo-se delimitar os aspectos relacionados à influência da indústria cerâmica no crescimento urbano, ou seja, a mancha urbana, os loteamentos, as áreas de mineração e as indústrias. Primeiramente foi elaborado o cenário de 2010/11, pois as

ortofotos, com resolução espacial mais detalhada (1 metro), auxiliaram no mapeamento de 1995. Para sanar dúvidas sobre as classes temáticas, consultou-se as imagens do software Google Earth.

Para a análise geográfica dos municípios do PCSG (Escala Municipal), a integração entre as informações do uso das terras possibilitou verificar a situação de cada município inserido no PCSG. Esses dados podem auxiliar a administração pública, visando direcionar maiores investimentos nas áreas de maior concentração populacional, de carência social e de infraestrutura.

Os mapeamentos utilizando-se as geotecnologias resultaram na elaboração de produtos temáticos atualizados, de alta precisão, cuja metodologia poderá se reproduzida para outros municípios, a fim de monitorar o Plano Diretor e planejar o uso e a ocupação das terras e do solo urbano, subsidiando as políticas públicas, no sentido de otimizar os investimentos públicos e de melhorar da qualidade de vida de população.

5. Referências Bibliográficas

ASPACER - Associação Paulista das Cerâmicas de Revestimento. Disponível em: http://www.aspacer.com.br. Acessado em: junho de 2016.

ANFACER - Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimento. Disponível em: https://www.anfacer.org.br. Acessado em: setembro de 2018.

BAENINGER, R. Crescimento das Cidades: metrópole e Interior do Brasil. In: _____. (Org.). **População e Cidades subsídios para o planejamento e para as políticas sociais**. Campinas: Núcleo de Estudos de População-NEPO/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010, p. 209-222.

BELLINGIERI, J. C. As Origens da Indústria Cerâmica em São Paulo. **Cerâmica Industrial**, vol. 10, nº 3, p. 19-23, mai./jun., 2005.

CARLI, C.H. (org.). **Santa Gertrudes**: barro, arte e tecnologia moldando sua história. São Paulo: Noovha América, 2008, 88p.

CHRISTOFOLETTI, S.R.; MORENO, M.M.T. Sustentabilidade da Mineração no Polo Cerâmico de Santa Gertrudes, São Paulo - Brasil. **Cerâmica Industrial**, v. 16, n. 3, p. 35 – 42, 2011. https://www.ceramicaindustrial.org.br/article/587657487f8c9d6e028b47aa.

FIÓRIO, T. Imigrantes: a primeira mão de obra ceramista. **Revista Aspacer**. 2014, Santa Gertrudes, nº 63, p. 12-13, ago. 2014. Disponível em: http://pt.calameo.com/read/000071680793f8d05ad92. Acesso em: 29 jun. 2015.

GARCIA, L.B. dos R. **O passado e o presente**: Santa Gertrudes – seu povo e sua história. Editora Gráfica e Expressão de Limeira, Rio Claro. 2003. 199p.

IAOCHITE, J.C. Novos tempos e antigas espacialidades - o polo cerâmico e as inércias espaciais no contexto da produção do espaço urbano de Santa Gertrudes – SP. 2008. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2008. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/brc/33004137004P0/2008/iaochite_jc_dr_rcla.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2012.

LORETI, R. Jr. **Informe de Recursos Minerais**. Programa Geologia do Brasil. Série Rochas e Minerais Industriais, nº. 11, São Paulo: CPRM, 2014.

MOTTA, J.F.M.; ZANARDO, A.; CABRAL JR., M. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos. **Cerâmica Industrial**, vol. 6, nº 2, p. 19-23, mar./abr., 2001.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DO ENTORNO DO LIXÃO DE SÃO FIDELIS: NECESSIDADE DE MITIGAÇÃO DE IMPACTOS EM CURSO

Nadhine Hentzy Stellet da Silva [(a)], Vinicius da Silva Seabra [(b)]

[(a)] IGEOG/UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, nadhihentzy@gmail.com

[(b)] FFP/UERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, vinigeobr@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A produção diária de resíduos é uma questão preocupante para todo planeta, principalmente para as regiões em que seu descarte não é feito de maneira adequada. No município de São Fidélis, no Norte do Estado do Rio de Janéiro, esta situação é bem preocupante, já que o lixo deste muncípio é descartado sem o devido cuidado, numa área de relevância ambiental. O objetivo deste trabalho foi inventariar a área de entorno do lixão de São Fidelis, através de análise espacial e de dados do Censo de 2010 do IBGE. Foram utilizadas bases georreferenciadas do IBGE e modelo digital de elevação em escala de 1:25.000 para a geração de um modelo tridimensional TIN (Triangulated Irregular Network) que contribuiu nas análises de entorno e contabilização de pessoas e domícilios inseridos na área de influência direta.

Palavras chave: lixão; resíduos sólidos; análise espacial.

1. Introdução

A produção de lixo é um dos principais problemas ambientais modernos, gerando a necessidade de ações que mitiguem impactos que envolve questões que vão desde recuperação e tratamento de efluentes até medidas sociais para dar alternativa de renda aos catadores. Uma análise feita pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe, 2017), e publicada no Jornal Estadão, em 07 de agosto de 2016, no Brasil temos uma produção de resíduos sólidos por habitante por ano semelhante à de países desenvolvidos, mas ainda tem um padrão de descarte equivalente ao dos países pobres, com envio para lixões a céu aberto e pouca reciclagem.

No município de São Fidélis (figura 1), localizada no norte do estado do Rio de Janeiro, o problema não é diferente. Este problema traz uma perspectiva muito ruim para a localidade, que além de lidar com problemas sérios ligados à destinação de seus resíduos, vê de maneira distante o início de ações voltadas para a mitigação dos impactos ambientais em curso na área onde está localizado o atual lixão. Segundo a autora Mariana B. Godinho, foi confirmado que há contaminação do solo e das águas, havendo necessidade da recuperação da área afetada, além de uma área adequada para deposição de resíduos sólidos, um aterro sanitário controlado.

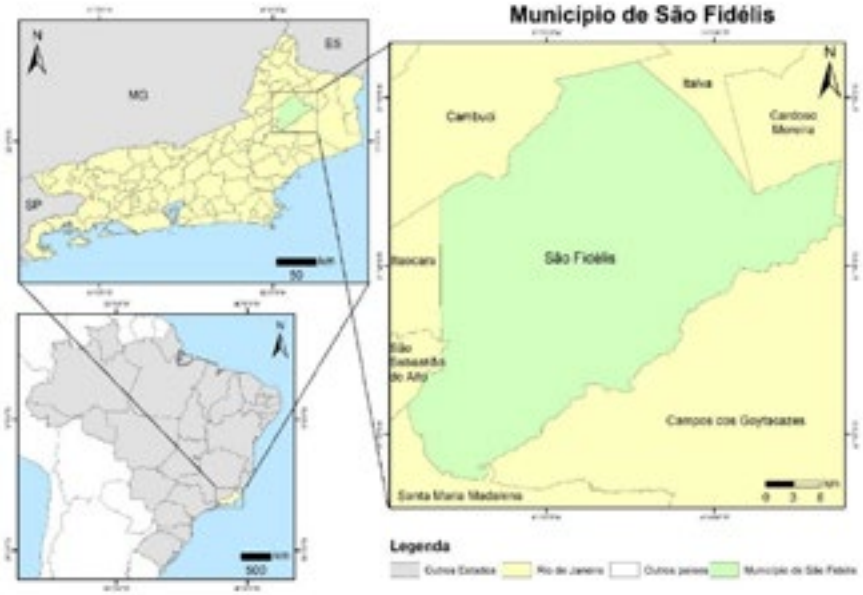


Figura 1 - Localização do município de São Fidélis

2. Materiais e Métodos

Van ELK (2007) destaca que "O lixão é a forma inadequada de dispor os resíduos sólidos urbanos sobre o solo, sem nenhuma impermeabilização, sem sistema de drenagem de lixiviados e de gases e sem cobertura diária do lixo, causando impactos à saúde pública e ao meio ambiente." Segundo a própria autora, torna-se necessário o fechamento dos lixões e ações de remediação nos mesmos, o que naturalmente é considerado fundamental para mitigação de impactos que estejam em curso na área afetada.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Sendo assim, o presente projeto tem objetivo de inventariar a área de entorno do lixão de São Fidelis, fazendo uso de dados do Censo de 2010 do IBGE, bases georreferenciadas do IBGE e modelo digital de elevação em escala de 1:25.000. Pretende-se ainda elaborar, a partir do modelo digital de elevação, um modelo tridimensional TIN (*Triangulated Irregular Network*) a partir da ferramenta 3D Analyst do ARCGIS 10.3.

3. Resultados e discussões

Na área de influência direta do lixão, podemos estimar uma população de aproximadamente 7754 pessoas, já que o município possui uma população estimada de 38.626 habitantes, em 2670 domicílios, o que é um aspecto muito preocupante. Apesar de não ter sido um aspecto investigado no trabalho, muitas pessoas nesta região fazem uso de águas subterrâneas, que caso estejam contaminadas, podem ser um vetor relevante de contaminação. A presença de aves e outros animais também são questões que trazem problemas para que mora perto destas áreas.

Outro aspecto ambiental importante é a proximidade do lixão com diversos cursos d'água, inclusive o mais importante deles que é o Rio Paraíba do Sul. Grande parte do curso d'água do Rio Paraíba do Sul encontra-se a menos de 3 km do lixão, que pode ter suas águas contaminadas de forma crônica e em eventos de chuvas fortes e etc. Tal aspecto torna muito relevante o aprofundamento das análises sobre esses possíveis problemas ambientais.

A representação hipsométrica construída a partir da classificação do TIN corrobora com estas afirmações, mostrando que a localização do lixão do divisor de duas bacias contribuintes do rio Paraíba do Sul a 1,5km de distância do mesmo, o que pode resultar numa contaminação desses rios contribuintes e até mesmo do rio principal, rio Paraíba do Sul, de forma superficial (em eventos de chuva, por exemplo) ou de forma subterrânea (figura 2).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 2 - Área de influência do lixão

4. Considerações Finais

As análises espaciais realizadas a partir do SIG são importantes ferramentas para a elaboração de diagnósticos e estudos que contribuem para a identificação de riscos e mitigação de impactos ambientais. A análise do terreno realizada a partir de modelos do terreno também ajudam na visualização do sítio em que estão alocados os empreendimentos poluidores, e facilitam a interpretação de possíveis processos que podem estar ocorrendo. Neste sentido, o TIN (figura 3) e as análises espaciais realizadas neste trabalho contribuíram para o entendimento de processos que podem estar ocorrendo na área.

É importante destacar que o trabalho está em fase inicial, sendo importante agora a realização de análises que possam vir a comprovar hipóteses sobre os impactos gerados no lixão de São Fidélis.

ISBN: 978-85-7282-778-2

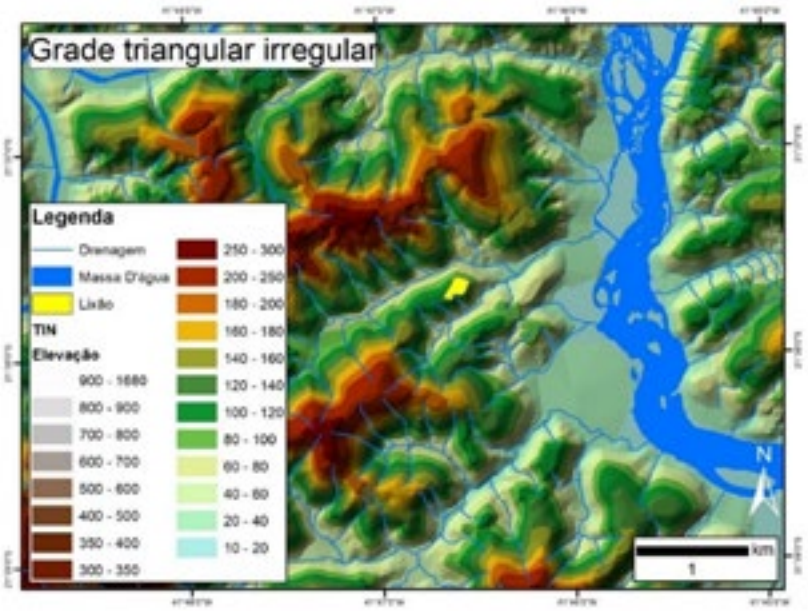


Figura 3 - TIN

Referências Bibliográficas

GODINHO, M.B. Proposta de encerramento e elaboração de um plano de recuperação de área degradada (PRAD) para o lixão do município de São Fidélis – RJ. Campos dos Goytacazes/RJ, 2018.

VAN ELK, A. G. H. P. Redução de emissões na disposição final / Ana Ghislane Henriques Pereira van Elk. Coordenação de Karin Segala – Rio de Janeiro: IBAM, 2007. 40 p.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. Edição especial 15 anos. 2017.

Links consultados

https://sustentabilidade.estadao.com.br/blogs/ambiente-se/brasil-produz-lixo-como-primeiro-mundo-mas-faz-descarte-como-nacoes-pobres/

http://saofidelis.rj.gov.br/cidade/

https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/sao-fidelis/panorama

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DO PADRÃO DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICO EM PRODUTO GERADO A PARTIR DE LEVANTAMENTO COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

Lucas Krein Rademann [(a)], Romário Trentin [(b)] Ricardo Vieira da Silva [(c)]

[(a)] Mestando do Programa de Pós-graduação em Geografia, UFSM, lucasrademann@yahoo.com

[(b)] Professor Doutor do Departamento de Geociências, UFSM, romario.trentin@gmail.com

[(c)] Mestando do Programa de Pós-graduação em Geografia, UFSM, ric.svveira

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

A obtenção de dados por sensoriamento remoto tem apresentado grandes avanços, principalmente com a introdução da tecnologia dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) que podem gerar dados de alta resolução. Tendo em vista a melhoria na obtenção de dados, surge a necesidade de aferir a qualidade do produto cartográfico. Assim, o trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade de um produto cartográfico gerado através de levantamento com VANT, de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfico brasileiro. Para o levantamento foi utilizado um VANT Phanton 4 Pro, que realizou um voo cobrindo uma área de 67 Ha. Foram coletados 3 pontos de controle através de GPS geodésico, e processados no software Agisoft PhotoScan. No produto final foram encontrados erros médios de 72,72cm, que se caracterizou um produto cartográfico classe A, de acordo com as normas brasileiras, evidenciando que os produtos gerados através de levantamentos com VANTs são de alta qualidade.

Palavras chave: VANTs, Sensoriamento Remoto, Cartografia, Padrão de Exatidão Cartográfico.

1. Introdução

Com o avanço das geotecnologias das últimas décadas tem sido discutido com maior ênfase a qualidade e a precisão dos produtos cartográficos. A obtenção de dados por sensoriamento remoto tem apresentado grandes avanços, principalmente com a introdução da tecnologia dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) que podem gerar dados de alta resolução.

As novas geotecnologias associadas aos veículos aéreos não tripulados têm permitido análises mais rápidas e precisas tendo diversas aplicações, principalmente na agricultura (MEDEIROS, 2007; BERNARDI et al. 2014; FERNANDES 2016; IERSEL et al. 2018) permitindo uma análise de cultivo e de vegetação detalhada, com possibilidade de séries temporais dentro do ciclo de produção e na análise ambiental (RITCHIE et al. 1993; NIETHAMMER et al. 2012; ANWEILER E PIWOWARSKI, 2016) através da obtenção de modelos digitais do terreno de alta resolução e tornando possível análises em nível de detalhe.

Associado à melhora da obtenção dos dados e a realização de mapas em nível de detalhe, surge a importância da aferição do dado, e a qualidade do produto cartográfico. Quanto a isso Celestino et al. (2007) destaca que para utilizarmos uma imagem orbital, se faz necessário a adaptação de critérios de qualidade no tratamento da mesma, para que o produto final gerado apresente um resultado satisfatório.

Devido a demanda de classificar os produtos cartográficos quanto a sua qualidade e precisão é estabelecido através do decreto n° 89.817, publicado em junho de 1984, o Padrão de Exatidão Cartográfica. Este decreto define normas técnicas para a cartografia e classifica os produtos cartográficos de acordo com o Padrão de Exatidão Cartográfico que é um indicador estatístico de dispersão, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão - PEC. O Erro-Padrão isolado num trabalho cartográfico, não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão

ISBN: 978-85-7282-778-2

Cartográfico. Desta forma são classificados os produtos cartográficos de acordo com a tabela 1:

Tabela 1 – Classificação dos Produtos Cartográficos de acordo com decreto n° 89.817 de 1984.

Carta	PEC Planimétrico	Erro Padrão	PEC Altimétrico	Erro Padrão
Classe A	0,5 mm x Escala	0,3 mm x Escala	1/2 equidistância	1/3 da equidistância
Classe B	0,8 mm x Escala	0,5 mm x Escala	3/5 equidistância	2/5 da equidistância
Classe C	1,0 mm x Escala	0,6 mm x Escala	3/4 equidistância	1/2 da equidistância

Diante do exposto, o trabalho tem como objetivo realizar um levantamento planialtimétrico com o auxílio de VANT na Voçoroca do Areal no município de Cacequi/RS (Figura 1) e avaliar a qualidade do dado gerado, de acordo com o PEC brasileiro. Desta forma, analisar a contribuição das novas geotecnologias para mapeamentos em nível de detalhe.

ISBN: 978-85-7282-778-2

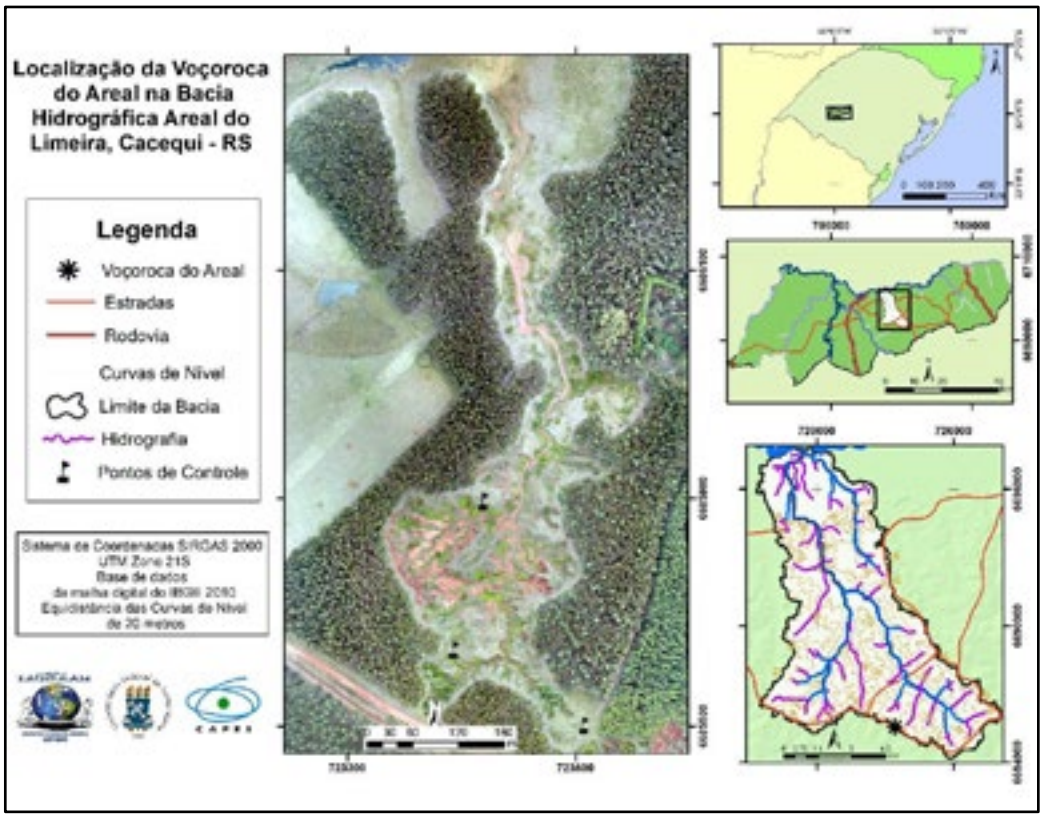


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

2. Metodologia

Para a realização do levantamento planialtimétrico foi utilizado um VANT modelo Phanton 4 Pro, desenvolvido pela empresa DJI. Acoplado ao VANT foi utilizado um sensor de uma câmera digital, modelo FC330, desenvolvido pela mesma empresa, com distância focal de 3.61mm e resolução aproximada de 10MP e um receptor GPS código C/A, com precisão aproximada de 5m.

O voo realizado recobriu uma área de 67ha, a uma altura de voo de 100m, sendo realizadas 306 imagens com sobreposição longitudinal e latitudinal de 85%. Desta forma foram obtidos mais de 185 mil pontos homólogos no terreno, gerando um modelo digital com uma

resolução de 6.28cm/pixel. O recobrimento da área de interesse foi em quase toda a sua extensão de mais de 9 fotografias como observado na Figura 2.

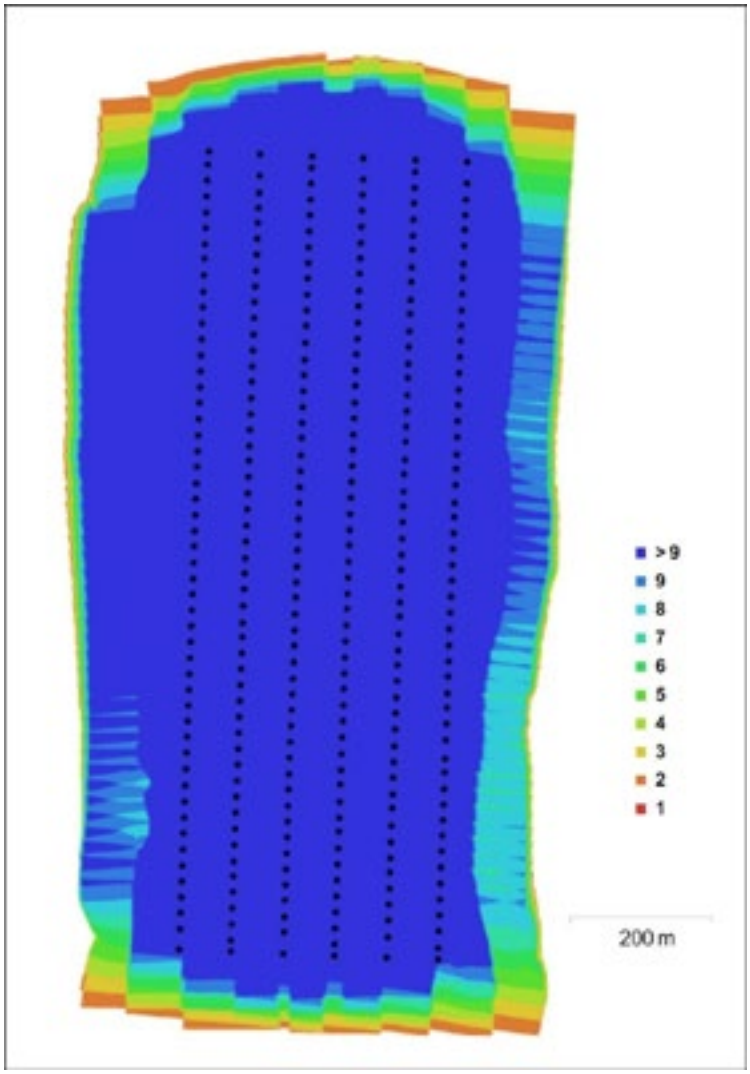


Figura 2 – Localização da câmera e sobreposição de imagens

Após a realização do voo, as imagens foram processadas no software Agisoft Photoscan, de acordo com seu fluxo de trabalho, onde as imagens foram alinhadas, através dos pontos homólogos das imagens. Após esta etapa foi gerada a nuvem de pontos, o Modelo Digital de

ISBN: 978-85-7282-778-2

Elevação, foi realizada a correção do Modelo Digital de Elevação, com a retirada da vegetação, e por fim gerado as curvas de nível e o ortomosaico.

Para a correção do modelo, foram coletados três pontos de controle através do uso de GPS geodésico, modelo Ruide 90, com receptor L1/L2. Após a coleta dos pontos, os mesmos foram pós processados no software Topcon Tools, e ajustados com o apoio das estações de Alegrete e Santa Maria da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC), devido às suas distâncias da área de estudo, de aproximadamente 50km.

Os pontos de controle obtidos por GPS foram adicionados ao MDE no software Agisoft Photoscan para o ajuste das coordenas X, Y e Z do modelo. Por fim, foram calculados no mesmo software a diferença da coordenada do modelo e da coordenada real, estipulando o erro para cada coordenada planimétrica e altimétrica. Com o erro de cada ponto calculado foi utilizada a função do erro médio quadrático para as coordenadas planimétricas (X, Y) e para as coordenadas altimétricas (Z), e calculado o erro total através da expressão:

$$\sqrt{(\sum_{i=1}^{n} [(X_{i,\,est} - X_{i,\,in})^2 + (Y_{i,\,est} - Y_{i,\,in})^2 + (Z_{i,\,est} - Z_{i,\,in})^2] / n)}$$

Onde: $X_{i,\,in}$ = Valor de entrada para a coordenada X;

$X_{i,\,est}$ = Valor estimado para a coordenada X;

$Y_{i,\,in}$ = Valor de entrada para a coordenada Y;

$Y_{i,\,est}$ = Valor estimado para a coordenada Y;

$Z_{i,\,in}$ = Valor de entrada para a coordenada Z;

$Z_{i,\,est}$ = Valor estimado para a coordenada Z;

N = Número de pontos de coordenadas.

Ainda no Agisoft Photoscan o MDE gerado e corrigido foi submetido a um filtro de classificação em que houve a tentativa de eliminar a vegetação do modelo, para assim obter o

ISBN: 978-85-7282-778-2

Modelo Digital do Terreno (MDT). Após todas as operações acima descritas, os dados foram exportados para o software ArcGIS 10.5 e elaborado o layout dos mapas.

3. Resultados e Discussões

Os três pontos de controle obtidos através do rastreio com GPS geodésico apresentaram uma grande precisão visto que quando comparadas as suas coordenadas reais com as coordenadas calculadas apresentam diferença inferior a 1 metro, como representado na tabela 2.

Tabela 2 – Erros encontrados nas coordenadas planialtimétricas.

	Erro X (cm)	Erro Y (cm)	Erro Z (cm)	Total (cm)
Ponto 1	-49.5111	39.2611	8.7394	63.79
Ponto 2	26.6284	-89.083	3.79444	93.0551
Ponto 3	18.6314	52.7183	-3.43637	56.0192
Total	**34.1933**	**63.9178**	**5.84761**	**72.7245**

Como exposto na tabela, os erros encontrados nos pontos de controle variam de 89.08 cm a 18.63 cm nas coordenadas planimétricas com um erro aproximado de 34 cm na coordena X e 64 cm na coordena Y. Já na coordena Z, que corresponde a elevação os erros variam de 3 a 8 cm. Considerando que a área mapeada é de 67Ha, o erro encontrado é bastante satisfatório para os pontos de controle.

Quando aplicada a fórmula do erro médio quadrático, considerando as coordenadas obtidas por rastreio GPS e as coordenadas calculados do modelo, o erro planimétrico é de 72.489 cm, e o erro altimétrico de 5.84 cm, tendo um erro padrão total calculado de 72.7245 cm.

Com o levantamento realizado através do uso de VANT e com os pontos de controle estabelecidos, foi possível obter um Modelo Digital de Elevação com um tamanho de pixel de 12.6 cm e uma densidade de pontos de 63 pontos por metro quadrado. Com este modelo, foi

ISBN: 978-85-7282-778-2

realizado um filtro para remover a vegetação e transforma-lo em um Modelo Digital do Terreno (MDT), onde foi possível extrair curvas de nível com equidistância de 1 m, como é possível observar no mapa da Figura 3.

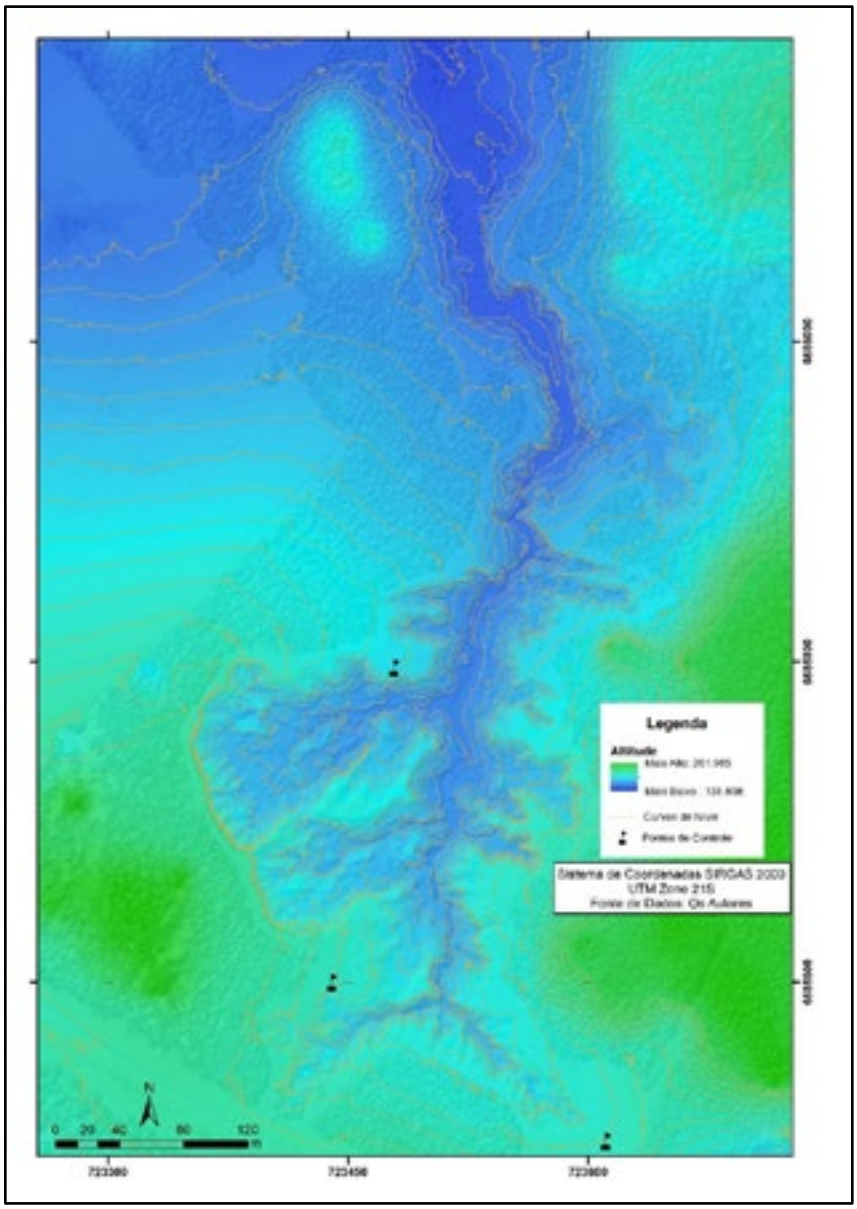


Figura 3 – Mapa do MDT gerado com dados obtidos por levantamento aéreo.

Tendo em vista o tamanho da área de estudo, a escala mais adequada encontrada é a de 1:2.500. De acordo com os parâmetros definidos pelo padrão de exatidão cartográfica (vide Tabela 1) para um produto cartográfico estar enquadrado na classe A, ele deve possuir um Erro-Padrão planimétrico máximo de 75cm, e um Padrão de Exatidão Cartográfico planimétrico de 125 cm. Já para a elevação é definido um Erro-Padrão de um terço da equidistância das curvas de nível, que equivale a 33cm, e a metade da equidistância das curvas para o Padrão de Exatidão Cartográfico, que equivale a 50cm.

Nos cálculos realizados para este mapeamento da Voçoroca do Areal, foi encontrado o Erro-Padrão planimétrico de 72.489 cm, de um Erro-Padrão tolerável para produtos cartográficos classe A de 75 cm. Para atender o Padrão de Exatidão Cartográfico de classe A, dentro do conjunto de dados de erros planimétricos, 90% deles devem possuir erro inferior a 125cm. No levantamento realizado o maior erro planimétrico encontrado é de 89cm, ou seja, 100% dos dados planimétricos atendem à PEC, portanto, do ponto de vista planimétrico o produto gerado é de Classe A.

Já para a altimetria em um MDT com equidistância das curvas de nível de 1m o Erro Padrão deve ser de no máximo 33cm e a dispersão dos erros deve estar 90% dentro do erro de 50cm para atender ao Padrão de Exatidão Cartográfico de classe A. No produto gerado foi encontrado um Erro-Padrão de 5.847 cm, atendendo ao exigido pela norma. O maior erro encontrado é de aproximadamente 8 cm, estando 100% dos dados dentro do Padrão de Exatidão Cartográfico exigido pela norma.

Desta forma o MDT gerado através do levantamento realizado com VANT pode ser considerado de Classe A, de acordo com os parâmetros da PEC. O produto cartográfico gerado pode ser utilizado para diversos fins considerando os seus erros planialtimétricos.

4. Considerações Finais

O produto cartográfico gerado através de dados obtidos em levantamento aéreo com uso de VANT, apresentou um erro médio de 72.72cm, com um erro planimétrico de aproximadamente 72 cm e altimétrico de pouco mais de 5 cm, caracterizando um produto de classe A, de acordo com a norma brasileira.

É importante destacar que é possível melhorar ainda mais o modelo, diminuindo os erros do mapa, utilizando mais pontos de controle. Ainda, a distância das bases da RBMC são relativamente grandes, cerca de 50 km, e poderiam ser instaladas novas bases com o método de rastreio de ponto preciso, podendo diminuir ainda mais os valores dos erros, mostrando um potencial enorme na obtenção de dados com veículos aéreos não tripulados.

Desta forma, o uso de VANTs para mapeamentos se mostra bastante eficiente, tendo em vista a qualidade do produto gerado. Também, o uso deste equipamento permite uma resolução temporal melhor, sendo possível realizar voos nas datas desejadas. Ainda, é importante destacar o nível de detalhe nos dados com este tipo de levantamento, permitindo diversos usos para mapeamentos em nível de detalhe, como análises de encostas, construção civil, agricultura, entre outros.

O principal desafio no tratamento dos dados de VANTs é a conversão do Modelo Digital de Elevação para o Modelo Digital do Terreno, fazendo a remoção da vegetação. Já existem diversas ferramentas para esta operação, porém ainda não apresentam um resultado totalmente satisfatório, principalmente em áreas com vertentes escarpadas, como no caso da voçoroca da área de estudo.

As novas geotecnologias têm apresentado grande melhora nos diversos tipos de mapeamentos, tornando possível mapeamentos mais precisos, em menor espaço de tempo. Esses avanços nas geotecnologias também permitem avanços na geografia física e

geomorfologia, permitindo a realização de trabalhos de morfometria e análise de encostas com maior nível de detalhe.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa e à Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo apoio.

6. Bibliografia

ANWEILER S.; PIWOWARSKI. D.; Multicopter platform prototype for environmental monitoring. **Journal of Cleaner Production**, v. 155, p. 204-211, 2017.

BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. **Agricultura de Precisão, resultados de um novo olhar**. Brasília, DF: Embrapa, 2014.

BRASIL**. Decreto n. 89.817 de 20 de jun. de 1984**. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, p. 1-5, 1984.

CELESTINO, V. S.; SALDANHA, D. L.; ROCHA, R. S. Avaliação da qualidade de produtos gerados a partir de imagem Quickbird através do PEC – Brasileiro. **Anais...** XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 507-514.

FERNANDES, P. **Estimativa da produtividade de milho (*zea mays l.*) através de imagens multiespectrais obtidas por veículo aéreo não tripulado**. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Agricultura de Precisão, UFSM, 2016.

IERSEL, W.; STRAATSMA, M.; ADDINK, E.; MIDDELKOOP, H. Monitoring height and greenness of non-woody floodplain vegetation with UAV time series. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 141, 2018, p. 112–123.

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão**. Dissertação (Mestrado), Pós-graduação em Engenharia Agronômica, UFSM, 2007.

NIETHAMMER, U. et al; UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. **Engineering Geology**, v. 128, p. 2 – 11, 2012.

E. C. RITCHIE; T. J. JACKSON; J. D. GARBRECHT; E. H. GRISSINGER; J. B. MURPHEY; J. H. EVERITT; D. E. ESCOBAR; M. R. DAVIS; M. A. WELTZ. Studies using an airborne laser altimeter to measure landscape properties. **Hydrological Sciences Journal**, 38:5, 403-416, 1993.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DO POTENCIAL À EROSÃO LAMINAR NA BR-174 (ENTRE MANAUS E PRESIDENTE FIGUEIREDO-AM)

Bruno Sarkis Vidal [(a)], João Cândido André da Silva Neto [(b)]

[(a)] Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia/Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal do Amazonas, bruno.sarkis.v@gmail.com

[(b)] Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia/Instituto de Filosofia, Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal do Amazonas, joaokandido@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Um dos fatores preponderantes para o aumento do desflorestamento na Floresta Amazônica são as construções e pavimentações de rodovias, elas que propagam a criação de vicinais e o fenômeno de borda. Os impactos gerados pela alteração no uso da terra têm relação direta com os desencadeamentos de processos erosivos, tendo em vista que a erosão é uma das formas mais agravantes da degradação da paisagem. Este trabalho teve como objetivo analisar o potencial à erosão laminar na rodovia BR-174, entre os municípios de Manaus e Presidente Figueiredo/AM. Elaborou-se três cenários para este potencial erosivo, onde o uso e ocupação atual do solo é preponderante para os impactos e mudanças da paisagem.

Palavras chave: Erosão laminar, SIG, Suscetibilidade, Potencial Erosivo, Uso do solo.

1. Introdução

A evolução do desmatamento na Amazônia Brasileira vem se ampliando em uma escala temporo-espacial. Rivero et al (2009) associa a agricultura de larga escala, a pecuária e a agricultura de corte e queima como as causas diretas para este desflorestamento.

O prelúdio do processo de desmatamento na Floresta Amazônica é bastante complexo, portanto, não deve estar associado em apenas um único fator. Não obstante, Fearnside (2005) destaca que a construção e pavimentação de rodovias e a implementação de vicinais, correspondem no principal fator inicial para o desflorestamento da região.

O desmatamento da Floresta Amazônica é marcado pela substituição das áreas florestadas por áreas de pastagens para criação do gado, o corte e queima da floresta para cultivos anuais e pela agricultura familiar, e a agroindústria (MARGUILES, 2003).

Essas alterações de sistemas naturais em sistemas agrícolas podem resultar em inúmeros problemas de caráter socioambiental. Segundo Silva Neto e Aleixo (2014) os problemas ambientais relacionados com o uso da terra são observados nas áreas de incompatibilidade entre uso e características físicas e naturais.

Os impactos gerados pela alteração no uso da terra têm relação direta com a perda de biodiversidade, intensificação e desencadeamentos de processos erosivos. A erosão do solo é um processo complexo onde vários fatores são atuantes, de forma e magnitude variável, conforme o local da ocorrência. Dentre os principais fatores destacam-se o solo, o embasamento geológico, o clima, a cobertura vegetal e o uso da terra.

A erosão é definida como um fenômeno natural, através do qual a superfície terrestre é desgastada e afeiçoada por processos físicos, químicos e biológico, que modelam a paisagem (SUGUIO, 2003). É a simples eliminação das camadas superficiais do solo, principalmente quando desprotegidas.

Entretanto, os processos erosivos podem ser intensificados pelos diferentes modos de apropriação da natureza, que para Casseti (1995) é o processo que se inicia pela transformação dos atributos naturais da paisagem com a técnica que objetiva a

produção, onde qualquer área pode ser explorada, sem respeitar os limitantes físico-naturais das paisagens (SILVA NETO e ALEIXO, 2016).

A erosão é a principal causa do empobrecimento precoce do solo, tendo em vista que as enxurradas, provenientes das águas que não foram retidas ou infiltradas no solo, transportam partículas e nutrientes em suspensão necessários para as plantas (ARAGÃO et al, 2011).

A erosão é uma das formas mais agravantes de degradação da paisagem ao redor do globo, e as atividades antrópicas aceleram estes processos de forma intensa. Para Xavier et al (2010) a degradação ambiental tem se tornado mais evidente, portanto, torna-se necessário, além do que reverter esse processo, mas também prever os danos futuros com base no planejamento e na gestão desses recursos.

Nesta perspectiva, o estudo aborda a natureza na perspectiva das ações e intencionalidades da sociedade no uso e ocupação dos solos, refletindo de forma direta nos processos erosivos, que resultam em diversos tipos de impactos de ordem socioambiental, através da análise dos fatores naturais influentes no desenvolvimento dos processos erosivos, podendo analisar as áreas potenciais à erosão laminar.

O objetivo do presente trabalho foi analisar o potencial à erosão laminar no entorno da rodovia BR-174, no trecho entre Manaus/AM e Presidente Figueiredo/AM, através da correlação das variáveis, tipos de solos e declividade associadas ao uso da terra e cobertura vegetal, implementado no módulo de análise espacial do *software* SPRING, utilizando-se o método AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Foram considerados diferentes peso para a variável uso da terra, resultando assim em três diferentes cenários de potencial à erosão laminar.

2. Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado no entorno de 266 km da rodovia BR-174, em uma faixa de 20 km, com uma área total de 5.355 km², entre os municípios de Manaus e Presidente Figueiredo, localizados no Amazonas, região Norte do Brasil (Figura 01).

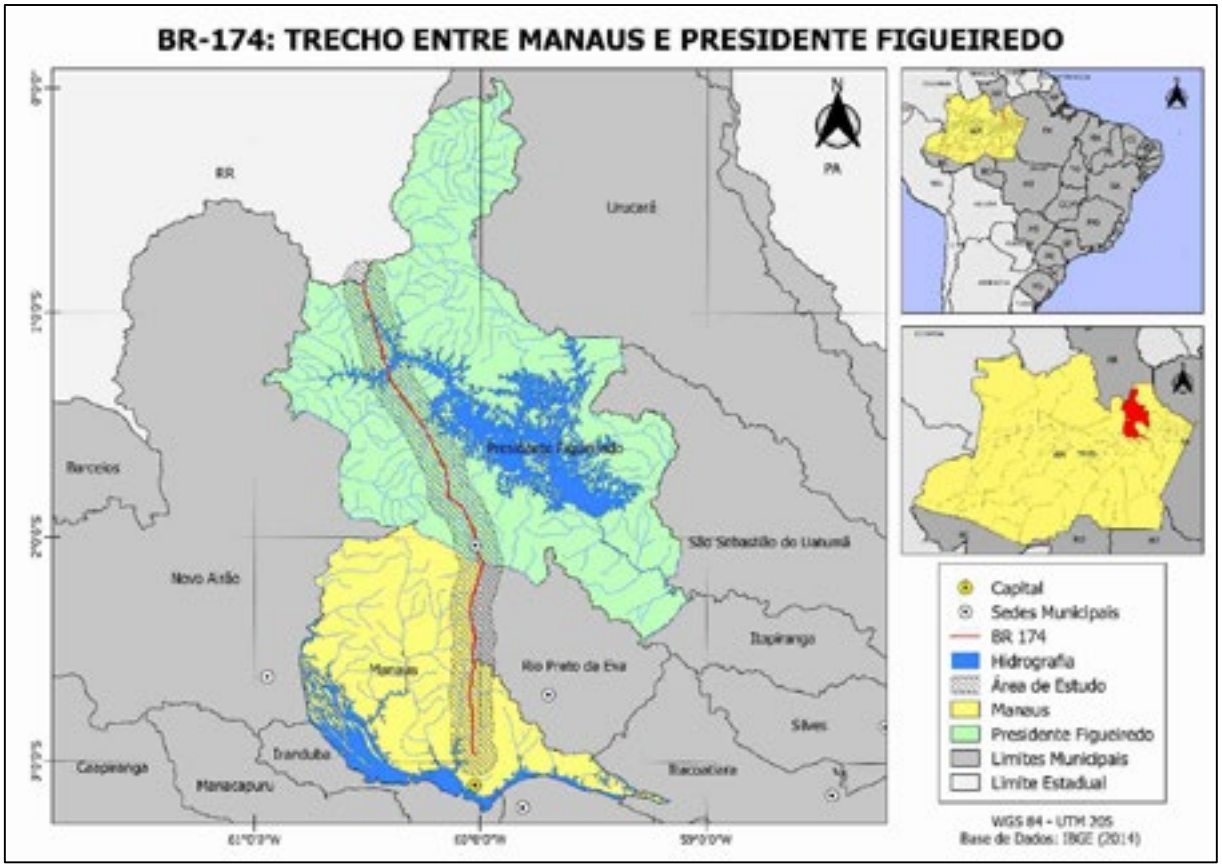


Figura 01: Localização da área de estudo.

A geomorfologia da área de estudo está diretamente ligada ao arcabouço geológico, possuindo dois compartimentos. A porção sul (0 – 130 km) compreende a bacia Sedimentar Fanerozóica Amazônica, tendo características geomorfológicas dos baixos platôs da Amazônia Centro-Oriental, representado pelos terrenos baixos com cotas inferiores a 200 metros (MAIA e MARMOS, 2010)

A porção norte (130 – 266 km) está compartimentada nas superfícies aplainadas do norte da Amazônia, apresentando cotas que variam entre 100 a 250 metros, onde

ocorrem vastas áreas aplainadas ou levemente entalhadas pela rede de drenagem (MAIA e MARMOS, 2010)

Os solos predominantes da BR-174 são os latossolos e argissolos, caracterizados por serem profundos e bem drenados. A área de estudo também é composta por outros tipos de solos, tais como os gleissolos, espodossolos e plintossolos (RODRIGUES e PINHEIRO, 2011)

2.2 Procedimentos metodológicos

Elaborou-se um Banco de Dados Geográficos (BDG) em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), no *software* Spring, versão 5.5.2 do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Utilizou-se o sistema de coordenadas métricas (UTM) e o Datum WGS 84 como parâmetros cartográficos para produção dos mapas sínteses. As confecções dos mapas finais foram realizadas no software QGIS 3.4.

Foi compilado o mapa de solos na escala de 1:250.000 (IBGE) com as informações das classes de erodibilidade adaptadas de Crepani (2008) e Salomão (2014).

A fim de se obter informações topográficas como declividade, foram aproveitados os dados de 8 cenas dos sensores *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) condizentes com a área de estudo. Os dados foram processados no Spring, onde foi realizado a extração e o fatiamento da declividade conforme a Embrapa (2006).

Para elaboração do mapa de uso da terra e cobertura vegetal utilizou-se as bandas 6 (IVM), 5 (IVP) e 4 (V) do satélite Landsat 8, sensor OLI, da órbita 231 e pontos 61 e 62 com data de passagem de 30 de julho de 2017, com resolução espacial de 30 m, adquiridas do Serviço Geológico Americano (USGS).

A imagem foi segmentada pelo método de crescimento por regiões, adotando os limiares de área 15 e similaridade 15. O processamento foi através do classificador supervisionado *Bhattacharya*, que possui um limiar de aceitação de 99,9%, além de

requerer a interação com o usuário. Para definição das classes de uso da terra e cobertura vegetal foi adotado o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2009).

2.3 Programa LEGAL e o Método AHP

As correlações de Planos de Informações (P.I) foram estabelecidas por meio da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL) do Spring, esta linguagem permite estabelecer inter-relações dos elementos do entorno da rodovia BR-174 tanto na ordem físico-natural quanto das atuações antrópicas representados pelos tipos de uso do solo.

O programa criado contém as sentenças contento todos os elementos necessários para elaboração do mapa de suscetibilidade e potencial à erosão laminar. Utilizou-se do método AHP (*Analytical Hierarchy Process*) que deu suporte ao estudo, consistindo da criação da hierarquia de decisão que permite obter uma visão global das relações inerentes ao processo, mostrando imparcialidades nos resultados e minimizando erros de julgamentos (PINESE JUNIOR e RODRIGUES, 2012).

Utilizou-se das propostas de Crepani (2008) e Salomão (2014) para atribuir os pesos para cada variável, adaptando para a escala de 0,0 a 1,0 do método AHP (Quadro 1).

Quadro 1: Pesos atribuídos na escala do método AHP.

Tipos de Solos	Peso	Declividade	Peso	Uso da Terra	Peso
Latossolo	0,33	0-3%	0,10	Áreas de Vegetação Natural	0,20
Argissolo	0,66	3-8%	0,20	Áreas Antrópicas Agrícolas	0,70
Espodossolo	0,66	8-20%	0,60	Áreas Antrópicas Não Agrícolas	1,00
Gleissolo	1,00	20-45%	0,80	Corpos Hídricos	0,00
Neossolo	1,00	45-100%	1,00		

2.4 Suscetibilidade à erosão laminar

Segundo Salomão (2014) a suscetibilidade à erosão laminar ou em lençol dos terrenos, pode ser cartograficamente gerada com base na análise dos fatores naturais

influentes no desenvolvimento dos processos erosivos. Sendo assim, a erodibilidade dos solos e a declividade das encostas são fatores primordiais para definição das classes de suscetibilidade.

Nesse sentido, o mapa de suscetibilidade resultou do cruzamento dos dados de erodibilidade e declividade, onde foram definidas as classes de suscetibilidade à erosão laminar conforme o IPT (1990):

Classe I: Extremamente suscetível
Classe II: Muito suscetível
Classe III: Moderadamente suscetível
Classe IV: Pouco suscetível
Classe V: Pouco a não suscetível

2.5 Potencial à erosão laminar

Segundo Salomão (2014) o mapa de suscetibilidade à erosão laminar reflete as características naturais dos terrenos, em face da evolução dos processos erosivos. Entretanto, a erosão laminar é profundamente condicionada pela ação antrópica, por meio das formas de uso e ocupação do solo.

Áreas com um semelhante nível de suscetibilidade, mas ocupadas de maneiras diferentes, apresentam variados potenciais ao desenvolvimento de erosão laminar. O potencial à erosão laminar pode ser definido como um resultado da interação entre a suscetibilidades dos terrenos em desenvolver erosão e o uso e ocupação atual do solo (SALOMÃO, 2014).

Foram definidas três classes de potencial à erosão laminar através do cruzamento das classes de suscetibilidade com as classes de uso e ocupação atual do solo, conforme Salomão (2014) e estão ilustradas na tabela 01.

Tabela 01: Classes de potenciais à erosão de solo

Classes	Potencial à erosão
I	Alto potencial: uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar.
II	Médio potencial: uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas.
III	Baixo potencial: uso do solo compatível com a suscetibilidade à erosão laminar.

3. Resultados e discussões

Considerando as variáveis declividade e tipos de solos, verificou-se que a suscetibilidade à erosão laminar da rodovia BR-174 entre Manaus e Presidente Figueiredo/AM, apresentou 81,07% da área total está inserida entre as classes moderadamente (III) e pouco suscetível (IV) (Figura 02).

A classe extremamente suscetível (I) representa 0,33% da área, pelo fato de ser fortemente ondulada, possuindo os maiores graus de declividade, além de ter na sua pedologia os Gleissolos e Plintossolos apresentando alta erodibilidade (Figura 02). A grande proporção da classe está localizada próxima ao Lago de Balbina/Presidente Figueiredo.

A classe muito suscetível (II) compreende 18,61% da área analisada, observada principalmente no município de Presidente Figueiredo (Figura 02), devido aos 46,68% de erodibilidade média dos solos, este resultado mostra a suscetibilidade dos solos a sofrerem erosão laminar, visto a presença dos cambissolos e relevo forte ondulado.

Observando a classe moderadamente suscetível (III) encontra-se na maior parte da área de estudo com 47,69% do total, sua característica são os solos de baixa a média erodibilidade associada com o relevo suave ondulado. Enquanto a classe de pouca suscetibilidade apresenta 33,38% da rodovia BR-174, tendo a sua particularidade o relevo plano (Figura 02).

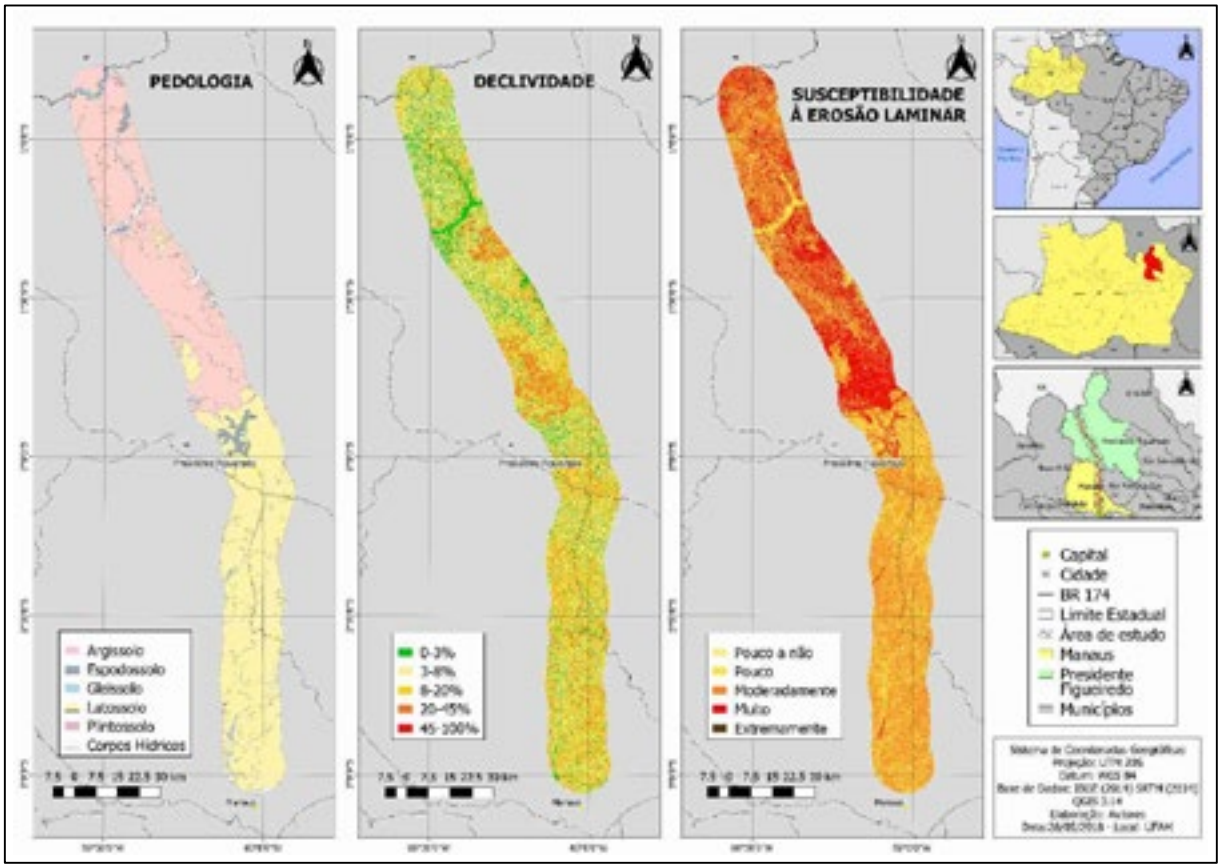


Figura 02: Mapas de pedologia, erodibilidade, declividade e suscetibilidade à erosão laminar da rodovia BR-174.

Foram criados três cenários para o potencial à erosão laminar na área de estudo, atribuindo pesos diferentes para o uso e ocupação atual do solo (Figura 03). Vidal et al (2018) observaram a dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal da rodovia BR-174, onde as reduções das áreas florestadas seguem o padrão da região amazônica, ou seja, a construção e pavimentação de rodovias propagam a ação antrópica, consequentemente o desmatamento e a mudança no uso da terra.

A erosão laminar está fortemente ligada as ações antrópicas, por meio das formas de ocupação do solo. Logo, diferentes áreas podem possuir a mesma suscetibilidade à erosão, todavia, havendo diferentes usos, apresentaram classes de potenciais a erosões distintas entre si (CARVALHO et al, 2017).

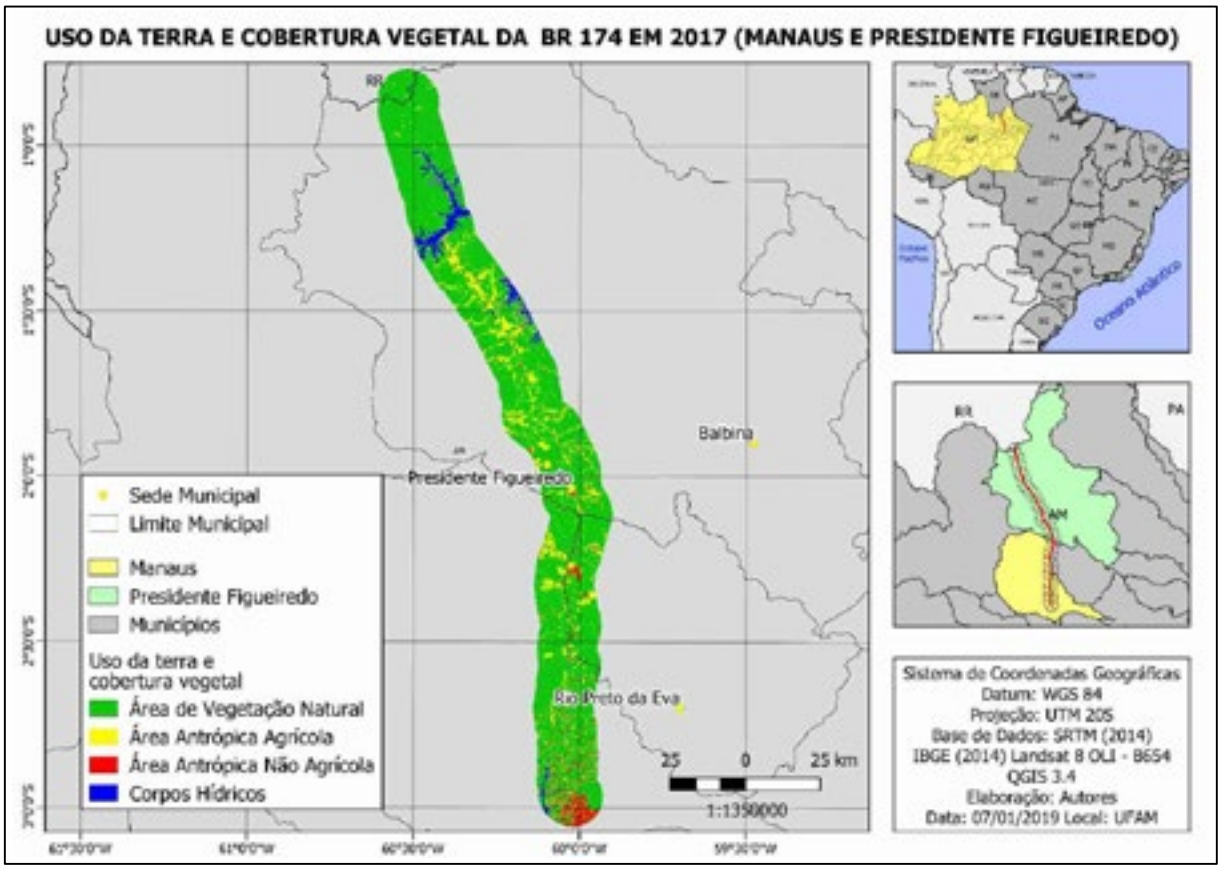


Figura 03: Uso da Terra e Cobertura Vegetal na BR-174

Vale ressaltar que a classe de alto potencial indica incompatibilidade do uso do solo com a suscetibilidade à erosão laminar. O médio potencial também aponta incompatibilidade no uso do solo com a suscetibilidade, mas possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas, e o baixo potencial indica as áreas compatíveis com o atual uso do solo.

Analisando os cenários do potencial à erosão laminar (Figura 04), o primeiro cenário, onde o peso adotado (1,0) para o uso do solo foi igual das outras variáveis, 70% da área possui médio potencial aos processos erosivos laminares, enquanto o baixo potencial possui 29% e o alto potencial apenas 1%.

O cenário dois foi constituído de um peso maior (1,2) do uso da terra sobre as outras variáveis, possuindo uma influência maior no potencial erosivo, observando os dados, notou-se o aumento de apenas 1% no alto potencial, associado a maior interferência da área antrópica não agrícola de Manaus e a diminuição do médio potencial para 69%.

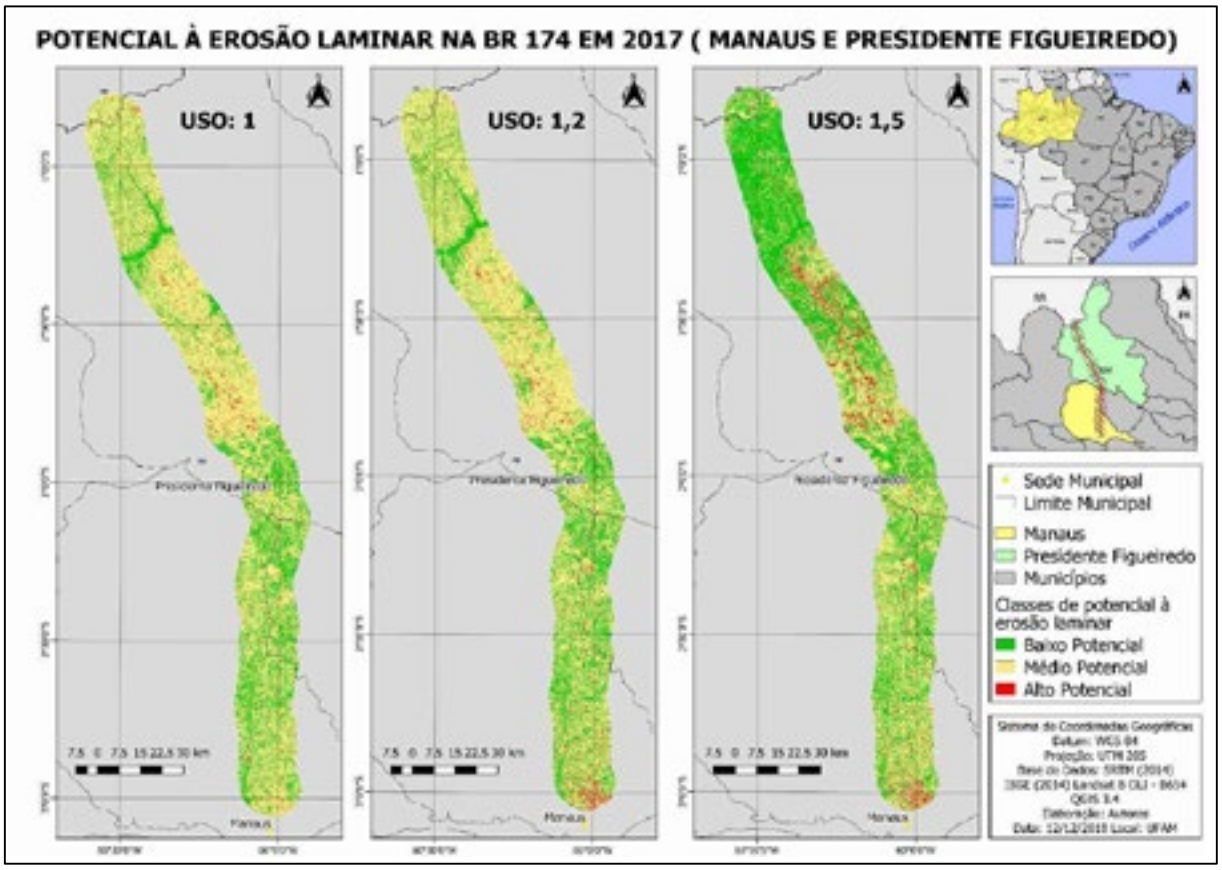


Figura 04: Cenários para o potencial à erosão laminar na BR-174.

O peso (1,5) do uso e ocupação do solo no terceiro e último cenário é preponderante no resultado final do potencial à erosão laminar, nota-se o aumento do alto potencial para 4%, principalmente associado as áreas antrópicas não agrícolas. Houve uma diminuição do médio potencial para 50% e o baixo potencial representa 46% da área de estudo.

4. Considerações Finais

O emprego da programação LEGAL do Spring possibilitou uma análise integrada dos elementos analisados, proporcionou as correlações das variáveis através do método AHP e a sua representação para identificação do potencial à erosão laminar, além da associação da atividade antrópica com as características físicas da paisagem, elas que ocasionaram maior ou menor impacto ao desencadeamento ou intensificação dos processos erosivos na rodovia.

A avaliação do potencial aos processos erosivos tem um papel relevante, pois permite a identificação das áreas mais frágeis à erosão laminar e possibilita o ordenamento do uso da terra, minimizando os desiquilíbrios causados na paisagem, evitando os prejuízos ambientais e sociais.

Sendo assim, a análise dos cenários de potencial aos processos erosivos laminares, apontou as áreas da rodovia BR-174 que apresentaram usos inadequados à capacidade de suporte dos solos, que para Salomão (2014), necessita a implementação de práticas conservacionistas nestas áreas.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pesquisa. E ao Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia (HIDROGEO) do departamento de Geografia da UFAM.

6. Referências Bibliográficas

ARAGÃO, R.; ALMEIDA, J. A. P.; FIGUEIREDO, E. E. de; SRINIVASAN S. V. **Mapeamento do potencial de erosão laminar na bacia do Rio Japaratuba, SE, via SIG.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.15, n. 7, p. 731-740. 2011.

CARVALHO, Jucélio Marcos; NEVES, Ronaldo José; SERAFIM, Milson Evaldo; NEVES, Sandra Mara Alves da Silva; KREITLOW, Jesã Pereira; FREITAS, Larissa Espinosa. **Susceptibilidade e potencial atual à erosão hídrica dos solos na Bacia Hidrográfica do rio**

Cabaçal, Mato Grosso, Brasil. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, N° 69/9, p. 1739-1751, Nov/Dez/2017

CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo.** 2ª Ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CREPANI, Edison. et al. Zoneamento Ecológico-econômico. In: FLORENZANO, Teresa G. (Org.) **Geomorfologia**: Conceitos e tecnologias atuais. São Paulo, Oficina de Textos, 2008. p. 285 – 318.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 2006. 83p.

FEARNSIDE, Philip Martin. **Desmatamento na Amazônia brasileira: história, índices e consequências**. Megadiversidade. 3, 2005. 15 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual técnico de uso da terra.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 91 p.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. **Orientações para combater à erosão no estado de São Paulo, bacia do Pardo Grande.** São Paulo. 3 v. 1990. p. 28-184.MAIA, Maria Adelaide Mansini; MARMOS, José Luiz (Orgs.). **Geodiversidade do estado do Amazonas**. Manaus: CPRM, 2010 p. 275

MARGULIS, Sergio. **Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira**. Banco Mundial – Brasil. 1ª edição. Brasília, 2003. 101 p.

NOGUEIRA, Afonso.C.R.; SARGES Roseane R. Characterization and genesis of waterfalls of the Presidente Figueiredo region, northeast state of Amazonas, Brazil. In. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, vol. 73, n. 02. Rio de Janeiro, 2001.

PINESE JUNIOR, José Fernando; RODRIGUES, Silvio Carlos. **O método de análise hierárquica – AHP – como auxílio na determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Piedade (MG)**. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 23 (2012), p. 4-26.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. **Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia.** Nova Economia. Belo Horizonte. 2009.

RODRIGUES, Eduardo Paschoal; PINHEIRO, Eduardo da Silva. **O desflorestamento ao longo da rodovia BR-174 (Manaus/AM - Boa Vista/RR)**. Revista Sociedade & Natureza, [S.l.], v. 23, n. 3, abr. 2011.

ROSS, Jurandyr. L. S. **Geografia do Brasil.** São Paulo: Edusp, v. 1. 1996.

SALOMÃO, Fernando Ximenes de Tavares. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, A. S. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 229-267.

SILVA NETO, João Cândido André da; ALEIXO, Natacha Cintia Regina. **Apropriação da natureza e processos erosivos na Região do Médio Solimões – AM**. Revista GeoUECE - Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza/CE, v. 3, nº 4, p. 151-176, jan. /jun. 2014.

SILVA NETO, João Cândido André da; ALEIXO, Natacha Cintia Regina. **Análise temporal da vulnerabilidade da paisagem à perda dos solos na bacia hidrográfica do rio salobra-serra da Bodoquena, Mato Grosso do Sul.** Revista Formação (Online) Vol. 2; n. 23, jul/ 2016.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar.** Editora Blucher. São Paulo. 2003

VIDAL, Bruno Sarkis; SILVA NETO, João Cândido André da; ALEIXO, Natacha Cintia Regina. **Análise temporal da cobertura vegetal e uso da terra na Rodovia BR-174: entre Manaus – AM e Presidente Figueiredo - AM**. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 14, n. 3, dez. 2018

XAVIER, F. V; CUNHA, K. L.; SILVEIRA, A.; SALOMÂO, F. X. T. **Análise da suscetibilidade à erosão laminar na Bacia do Rio Manso, Chapada dos Guimarães, MT, utilizando sistemas de informações geográficas.** Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 11, nº 2. 2010

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DOS ALGORITMOS DE DECLIVIDADE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMANDUCAIA (SP E MG).

Ulises Rodrigo Magdalena [(a)], Marcel Granadier Bizelo de Assis [(b)], Raul Reis Amorim [(c)]

[(a)] Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, e-mail: ulisesrodrigo@id.uff.br;

[(b)] Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, e-mail: marcel-assis@hotmail.com

[(c)] Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, e-mail: raulreis@unicamp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A declividade é uma variável topográfica essencial para descrever processos hidrológicos, como o escoamento superficial e a erosão do solo. Além disso, essa variável pode influenciar nos resultados de mapas geomorfológicos e de Área de Preservação Permanente (APP). Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), convencionais como o ArcGIS, apresentam funções incorporadas para calcular a declividade dos Modelos Digital de Elevação (MDE), por meio de métodos que considera valor médio de inclinação. Estes métodos são aplicados aos MDEs de baixa resolução espacial. Contudo, com o surgimento de MDEs de alta resolução espacial, cria-se a necessidade de reavaliar os algoritmos existentes de declividade. Os resultados apontaram que os algoritmos de declividade que utilizam os valores máximos de inclinação tende a aumentar a quantidade de tipos de relevo em uma bacia hidrográfica.

Palavras chave: Declividade, bacia hidrográfica, Modelo Digital de Elevação.

1. Introdução

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma representação da topografia terrestre em ambiente computacional, apresenta-se como um método rápido e econômico de resumir as informações do relevo em comparação com as formas convencionais como a coleta informações (ASHRAF *et al.*, 2012; ZHAO *et al.*, 2010), É uma variável importante para os modelos hidrológicos, mapeamentos geomorfológicos e geológico por oferecer vários atributos topográficos.

A declividade, como atributo topográfico do MDE, é uma das variáveis que controla os processos erosivos como também a intensidade do escoamento superficial, em eventos de precipitação, e influência na quantidade dos tipos de relevo como também na distribuição da Área de Preservação Permanente (APP), em uma bacia hidrográfica (MAGDALENA; FRANCISCO; RODRIGUEZ, 2018)

Existem múltiplos algoritmos para estimar a declividade, porém a qualidade dos resultados são dependentes da precisão e da resolução do MDE (ZHAO *et al.*, 2010). Esses algoritmos podem ser classificados em duas categorias: (1) métodos de média e (2) métodos de máxima inclinação (DUNN; HICKEY, 1998). Ambos os métodos utilizam uma grade 3x3 de um MDE, ou seja, os algoritmos são executados levando em consideração um conjunto de oito ou quatro pixels vizinhos em relação ao pixel central. Além disso, esses algoritmos podem considerar todas as direções da grade ou apenas as direções Norte – Sul e Leste – Oeste (MAGDALENA; FRANCISCO; RODRIGUEZ, 2018).

A primeira categoria calcula a declividade considerando quatro (ZEVENBERGEN; THORNE, 1987) ou oito (HORN, 1981) pixels vizinhos, enquanto que os métodos de declividade máxima calculam a inclinação considerando o pixel central e um dos pixels vizinhos que maximizam as diferenças de elevação no MDE (BURROUGH; MCDONNELL, 1998; DUNN; HICKEY, 1998; TRAVIS *et al.*, 1975).

O método convencional usado para calcular a declividade é o método descrito por Horn (1981), onde uma equação de diferenças finitas de terceira ordem é usada para produzir uma estimativa de inclinação média dentro de uma grade regular 3x3 considerando o conjunto de oito pixels vizinhos em relação ao pixel central (BURROUGH; MCDONNELL, 1998; HICKEY, 2000). Este algoritmo encontra-se como padrão nos cálculos de declividade dos softwares de Sistema de Informação Geográfica (SIG), como o ArcGIS e o QGIS.

Este método apresenta a tendência de ocultar a influência da micro relevo, alterando o resultado do movimento do escoamento superficial como também na distribuição e

quantidade das áreas de APP sejam estas na categoria de topos de morros ou encosta em uma bacia hidrográfica (MAGDALENA; FRANCISCO; RODRIGUEZ, 2018). Segundo Dunn e Hickey (1998), o método de Horn (1981), é considerado inadequado para estimar a declividade ao longo de picos, depressões e vales, porque o algoritmo oculta a variação local por calcular a média das elevações, o resultado é uma tendência de produzir uma inclinação imprecisa na escala do micro relevo (DANIIL; MICHAS, 2006; HICKEY, 2000).

Apesar das limitações do método Horn (1981), este encontra-se como padrão nos softwares de SIG por adquirir estimativas de declividade a partir de MDEs com resoluções espaciais grosseiras denominadas como baixa resolução.

No entanto, com o avanço das geotecnologias nos dias atuais, há produção de MDEs de alta resolução espacial, possibilita o mapeamento das variáveis topográficas do micro relevo, ocasionando a análise dos algoritmos de declividade. O objetivo deste artigo é de analisar os algoritmos do cálculo de declividade presentes no pacote RSAGA (BRENNING *et al.*, 2018) na bacia hidrográfica do rio Camanducaia a partir do MDE gerados pelas curvas de nível do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

2. Materiais e Métodos

Neste trabalho, foi construído um MDE hidrologicamente correto com a resolução espacial de dez metros a partir das curvas de nível na escala de 1:50.000 do IBGE, com isto foi possível a aquisição dos valores de declividade na bacia hidrológica do rio Camanducaia. Para o processamento dos algoritmos de declividade, foi utilizado a linguagem de programação R (R TEA CORE, 2018), com a execução do pacote RSAGA (BRENNING *et al.*, 2018), onde encontram-se os seguintes métodos de declividade: (a) Bauer *et al.* (1985), (b) Heerdegen e Beran (1982), (c) Haralick (1983) e (d) Zevenbergen e Thorne (1987), (e) Travis *et al.* (1975), (f) Tarboton e Shankar (1997) e (g) Costa-Cabral e Burges (1994).

O primeiro grupo de métodos (a - d) consistem em calcular o valor médio do pixel central numa grade 3x3 de um MDE, utilizando pelo menos quatro dos oito pixels vizinhos

(Dunn *et al*., 1998). O segundo grupo (e - g) são algoritmos associados ao escoamento de água e não a uma análise morfométrica (GARCÍA RODRÍGUEZ; GIMÉNEZ SUÁREZ, 2010). Este grupo considera o escoamento se movendo através de uma superfície plana na direção da inclinação máxima (SUET-YAN LAM, 2004).

2.1. Área de estudo

A área de estudo compreende-se como a bacia hidrográfica do rio Camanducaia, que integra as bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ). A bacia em estudo possuí aproximadamente, uma área total de 110.463 hectares distribuídos pelos municípios dos estados de Minas Gerais e São Paulo (Figura 1).

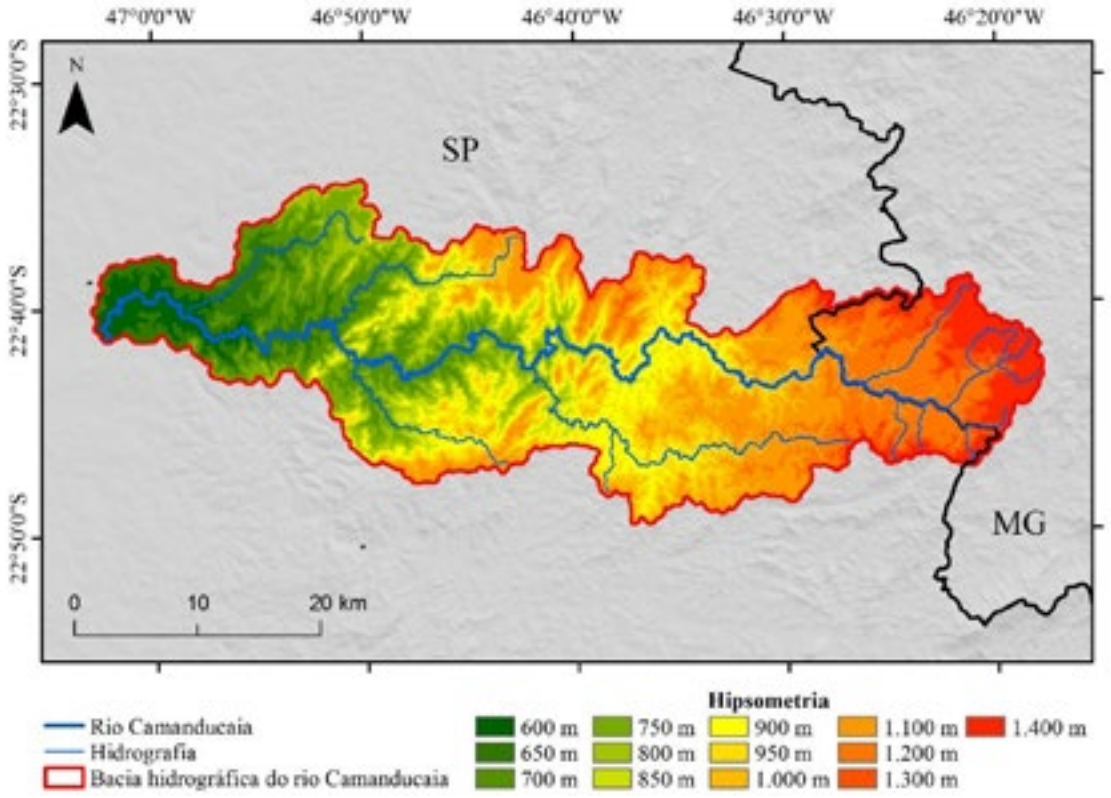


Figura 1- Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Camanducaia (SP e MG)

2.2. Modelo Digital de Elevação - MDE

A produção do MDE foi realizada pelo interpolador Topo to Raster presente no ArcGIS, é um método baseado no programa ANUDEM desenvolvido por Hutchinson (1989), com o intuito de criar MDE hidrologicamente corretos. O algoritmo interpola dados de elevação numa grade regular minimizando a rugosidade e removendo as depressões espúrias do terreno. O interpolador utiliza o método de multi – grid para suavizar a grade, com o uso do modo iterativo Gauss-Seidel pelo processo SOR (succesive over-relaxation).

O processo transforma grades com resoluções grosseiras em resoluções finas com algoritmo respeitando as restrições atribuídas pelas linhas de drenagem, depressões e lagos com base em arquivos georreferenciados. Quando o algoritmo é processado com os dados de drenagem, a acurácia do modelo aumenta já que o processo de interação remove as anomalias que a drenagem automática não identifica.

3. Resultados e Discussões

Os algoritmos processados acarretaram em 7 mapas de declividades, onde os mesmos foram classificados conforme a metodologia da Embrapa (1979), a fim de identificar os tipos de relevo na bacia hidrográfica, e depois transformados em gráficos.

No geral, o comportamento das curvas em relação a quantidade de área conforme os tipos de relevo, apontam que para os métodos que utilizam o valor médio para determinar o valor do pixel central numa grade 3x3, não apresentam alterações na quantidade de tipos de relevos ao longo da bacia hidrográfica do rio Camanducaia (Bauer *et al.*, 1985; Heerdegen e Beran, 1982; Haralick, 1983 e Zevenbergen e Thorne, 1987). Este resultado é diferente quando analisado os métodos de declividade que consideram o valor máximo de inclinação (Travis *et al.*, 1975; Tarboton, 1997 e Costa-Cabral e Burgess, 1994). As curvas apontam um acréscimo de áreas ao longo da bacia hidrográfica quando analisado os picos do gráfico (Figura 2).

Os comportamentos identificados no gráfico podem influenciar os resultados de produtos que apresentam dependência da declividade como o mapeamento de áreas de inundação. Magdalena *et al.* (2018), apontaram que a utilização de métodos, seja de inclinação

média ou máximo, podem alterar a distribuição e a quantidade de APP no topo de morros ao longo de uma bacia hidrográfica.

Para os métodos que utilizam a média da inclinação, o resultado é uma tendência a uma distribuição normal, com menor ocorrência nos valores extremos. Estes métodos acarretam em um produto onde os erros dos MDEs com resolução grosseira (exemplo: Triangulated Irregular Network - TIN), não influencie nos resultados do cálculo de declividade. Contudo, os métodos de valores com a inclinação máxima encontram-se associados a qualidade dos dados vetoriais para a produção do MDE, a fim de evitar discrepância (Magdalena *et al.*, 2018).

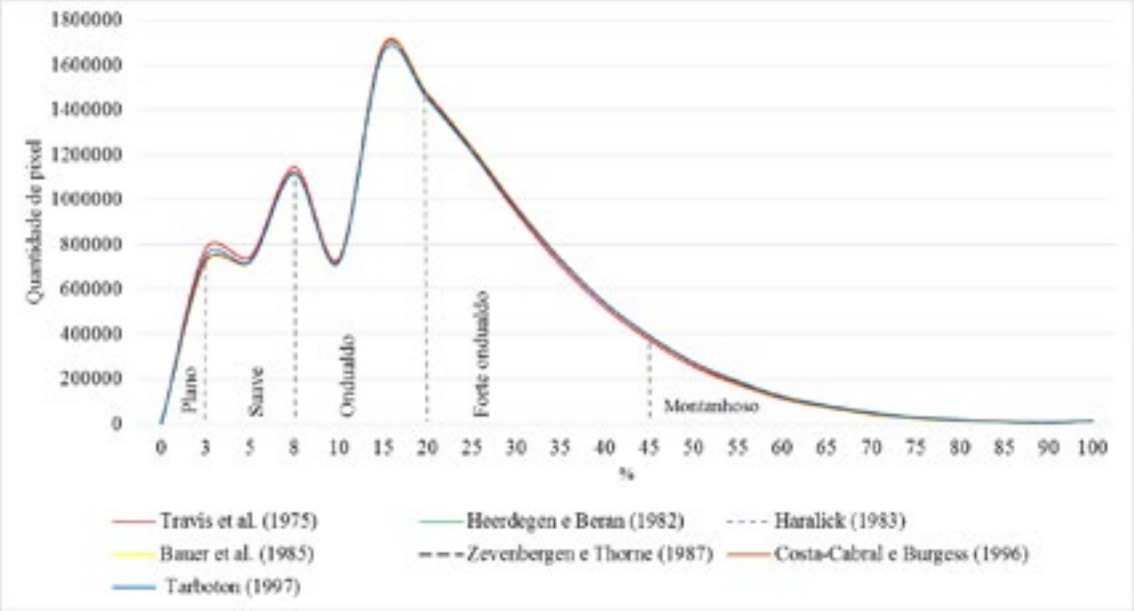


Figura 2 –Distribuição da quantidade de tipos de relevos conforme cada algoritmo de declividade na bacia hidrográfica do rio Camanducaia.

4.Considerações finais

Conclui-se que a exploração de métodos de declividade encontra-se possível, devido aos avanços na construção de MDEs com alta resolução espacial que se apresentam cada vez mais consistentes, possibilitando a aquisição de valores máximos de inclinação e assim,

refinando os produtos dependentes da declividade como mapas de inundação, modelos hidrológicos, mapa de APP e perda de solo.

5. Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2018/22907-1 pelo auxílio à pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

ASHRAF, M. I. *et al.* GIS-evaluation of two slope-calculation methods regarding their suitability in slope analysis using high-precision LiDAR digital elevation models. *Hydrological Processes*, v. 26, n. 8, p. 1119–1133, 15 abr. 2012. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/hyp.8195>.

BAUER, J.; ROHDENBURG, H.; BORK, H. R. *Ein Digitales Reliefmodell als Vorraussetzung fuer ein deterministisches Modell der Wasser- und Stoff-Fluesse', Landschaftsgenese und Landschaftsoekologie, H.10, Parameteraufbereitung fuer deterministische Gebiets-Wassermodelle, Grundlagenarbeiten zu Anal*. 1985.

BRENNING, A. *et al. RSAGA*. Disponível em: <https://cran.r-project.org/package=RSAGA>. , 2018

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. *Principles of Geographical Information Systems*. [S.l.]: Oxford University Press: New York, 1998.

COSTA-CABRAL, M. C.; BURGES, S. J. Digital Elevation Model Networks (DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas. *Water Resources Research*, v. 30, n. 6, p. 1681–1692, jun. 1994. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1029/93WR03512>.

DANIIL, E. I.; MICHAS, S. N. Discussion of "Factors Affecting Estimates of Average Watershed Slope" by A. Jason Hill and Vincent S. Neary. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 11, n. 4, p. 382–384, jul. 2006. Disponível em: <http://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291084-0699%282005%2910%3A2%28133%29>.

DUNN, M.; HICKEY, R. The effect of slope algorithms on slope estimates within a GIS. *Cartography*, v. 27, n. 1, p. 9–15, jun. 1998. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00690805.1998.9714086>.

EMBRAPA, E. B. DE P. A. *Serviço Nacional de Levantamento e Conservaçâo de Solos*. [S.l: s.n.], 1979.

GARCÍA RODRÍGUEZ, J. L.; GIMÉNEZ SUÁREZ, M. C. Aplicación de algoritmos matemáticos en la determinación de la inclinación de pendiente en un entorno SIG. *Aqua-LAC*, v. 2, n. 2, p. 78–82, 2010.

HARALICK, R. M. Pattern recognition and classi- fication. *Manual of Remote Sensing*. 2nd Editio ed. [S.l.]: American Society of Photogrammetry, 1983.

HEERDEGEN, R. G.; BERAN, M. A. Quantifying source areas through land surface curvature and shape. *Journal of Hydrology*, v. 57, n. 3–4, p. 359–373, 1 jun. 1982. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/002216948290155X>. Acesso em: 13 fev. 2019.

HICKEY, R. Slope Angle and Slope Length Solutions for GIS. *Cartography*, v. 29, n. 1, p. 1–8, jun. 2000. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00690805.2000.9714334>.

HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE*, v. 69, n. 1, p. 14–47, 1981. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1456186/>.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, v. 106, n. 3–4, p. 211–232, abr. 1989. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022169489900735>.

MAGDALENA, U. R.; FRANCISCO, C. N.; RODRIGUEZ, D. A. *Permanent Preservation Area (PPA) on Top of Hills Mapping Based on Legal Devices of Rio de Janeiro State*. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 2018.

SUET-YAN LAM, C. *Comparison of flow routing algorithms used in geographic information systems*. 2004. 108 f. University of Southern California, 2004.

TARBOTON, D. G.; SHANKAR, U. *The identification and mapping of flow networks from digital elevation data.* San Francisco. USA: 1997.

TEA CORE, R. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. . Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. , 2018

TRAVIS, M. R. *et al. VIEWIT computation of seen areas, slope, and aspect for land use planning.* Berkley, California, USA: USDA Forest Sem. Gen. Tech. Rep. PSW-11, 1975.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 12, n. 1, p. 47–56, jan. 1987. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/esp.3290120107>.

ZHAO, Z. *et al.* Impacts of Accuracy and Resolution of Conventional and LiDAR Based DEMs on Parameters Used in Hydrologic Modeling. *Water Resources Management*, v. 24, n. 7, p. 1363–1380, 18 maio 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11269-009-9503-5>.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DOS FOCOS DE QUEIMADAS E DE INCÊNDIOS FLORESTAIS DE 2013 A 2017 NO RIO DE JANEIRO

Douglas Martins Cassiano dos Santos [(a)],

João Pedro das Neves Cardoso Pedreira [(b)], Gabriel dos Santos Duarte [(a)],

Rafael Silva de Barros [(a)], Marcus Vinícius Alves de Carvalho [(c)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, douglasmcassiano@gmail.com, contato.gabrielsduarte@gmail.com, barros.rafael@gmail.com
[(b)] Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro, neves.jope@gmail.com
[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, marcus.carvalho@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

São frequentes as ocorrências de incêndios ao longo da extensão do Brasil, país composto por importantes biomas, tais como a Amazônia e a Mata Atlântica. Em função disso, o INPE desenvolveu o Projeto BDQueimadas – que compila focos de calor detectados de forma sinóptica por satélites. Os dados são disponibilizados no formato vetorial, permitindo a utilização dos mesmos em ambiente de SIG. A investigação dos focos de queimadas/incêndios, entre 2013 e 2017, nos ambientes urbano e rural do Rio de Janeiro, permitiu verificar a dinâmica destas ocorrências de forma temporal e espacial, dada maior incidência entre os meses de agosto e outubro em áreas de maior recorrência como pastagens e terrenos baldios. Foram gerados mapas de densidade, com *clusters* para áreas de maior concentração de incêndios, constatados com auxílio do *Google Earth Pro* e analisados através do uso e cobertura do solo, conhecendo então onde carece melhor planejamento para combate.

Palavras chave: focos de calor, sistemas de informações geográficas, geoprocessamento, análise espacial

1. Introdução

Uma constante preocupação do Brasil, principalmente no período entre o final o inverno e início da primavera, por conta dos baixos índices pluviométricos são as queimadas e incêndios que ocorrem causando muitos transtornos. Soma-se a isso, o fato de que um aumento expressivo do número de ocorrências evidencia a necessidade de dar ainda mais importância para o problema.

De acordo com Herawati & Santoso (2011), os incêndios florestais são um problema que atinge tanto escalas locais quanto globais tendo efeitos diretos, por exemplo, impacto à biodiversidade; degradação da vegetação; perdas materiais e humanas; efeitos indiretos – como a contribuição para o aumento da emissão de CO^2 na atmosfera – e; impactos à saúde humana. Assim, é perceptível como as queimadas têm considerável parcela de responsabilidade pelos distúrbios tanto nos ecossistemas naturais como nas áreas urbanas e rurais, causando prejuízos de ordem ambiental, social e financeira.

A partir das consequências mencionadas, cabe aos gestores o desafio de gerir esses fenômenos a fim de diminuir e mitigá-los. Contudo, a previsão do risco de incêndio pode se mostrar uma tarefa árdua, visto que características deles são afligidas por interações multifacetadas como o tipo de vegetação, clima, topografia que podem determinar a velocidade de propagação e a área atingida e as atividades antrópicas que influenciam drasticamente, modificando a frequência, área queimada e o padrão de distribuição.

Segundo Fernandes et al. (2011) vários autores difundiram o manuseio do geoprocessamento como alternativa metodológica para o desenvolvimento de estudos que investigam a compreensão da estrutura, da função e da dinâmica dos elementos da paisagem de modo a estabelecer a espacialização de fenômenos como os riscos de incêndios.

Paz et al. (2011) argumentam que os mapas de risco de incêndios originados a partir de um SIG permitem aos gestores florestais planejar estrategicamente as atividades de prevenção a longo prazo.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tais autores acreditam que os mapas de risco de incêndio podem ser compartilhados não somente para os gestores florestais mas para todos os gestores das diversas esferas de governabilidade visto que em muitos lugares há a presença de áreas suscetíveis a incêndios no meio urbano, onde é necessária a determinação da localidade espacial e o devido monitoramento. Através de imagens de satélites é possível conhecer a escala de atuação de queimadas, inclusive em regiões de difícil acesso, observando regiões de considerável escala geográfica com maior agilidade, contribuindo para a tomada de decisões dos órgãos gestores.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo investigar quais áreas do estado do Rio de Janeiro, sejam elas urbanas ou rurais, ao longo do intervalo temporal compreendido entre os anos de 2013 e 2017, têm sido mais afetadas pelos focos de queimadas/incêndios, bem como apontar qual técnica foi mais eficiente para o mapeamento desse fenômeno.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de Estudo

O estado do Rio de Janeiro é uma unidade federativa do Brasil, localizada na região sudeste cuja área total é de cerca de 43.780,480 km² (IBGE, 2010). De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o Rio de Janeiro apresenta classificação savânica (*Aw)* na Região Norte, Noroeste capital e Região Metropolitana; e classificação subtropical úmido (*Cfa)* nas outras regiões do estado (Kottel et al, 2006). O território foi dividido para a realização deste trabalho, entre as áreas urbana e rural (Figura 1) tendo como base cartográfica a classificação proposta pelo IBGE para os setores censitários, apresentando áreas calculadas em, respectivamente, 8.205,848 km² e 35.574,632 km².

ISBN: 978-85-7282-778-2

As áreas urbanas do Rio de Janeiro se concentram principalmente na capital e Região Metropolitana, onde está localizada a maioria do seu parque industrial composto pela construção naval, siderurgia, refinarias e metalurgia. Outras áreas de destaque enquadradas nas áreas urbanas estão na Região Sul Fluminense, com a presença da indústria automotiva, metalurgia e produtos alimentícios. Na Região Serrana, há predominância da indústria têxtil; e na Região Norte Fluminense estão as usinas de açúcar.

Figura 1 – Mapa de localização da Área de estudo com a separação de áreas urbanas e áreas rurais, segundo Censo IBGE 2010.

As áreas rurais, em particular, contam com a realização de atividades relacionadas à agropecuária, portanto é possível detectar a predominância de uso e cobertura do solo (Figura 2). A enorme proporção dessa cobertura do solo é evidenciada por contar, inclusive ao longo de todo o estado, com áreas de pastos (47,2%) e áreas florestais (26,5%). As classes relacionadas a esta última são florestas e o reflorestamento, tendo associação com a Mata Atlântica, bioma majoritário no estado, que mesmo abrigando considerável diversidade faunística e florística, ainda sofre elevada degradação ambiental. O bioma, em 1500, compreendia a 100% da área do Rio de Janeiro, porém os remanescentes florestais atualmente ocupam cerca de 26,52%,

Figura 2 – Mapa uso e cobertura do solo.

ISBN: 978-85-7282-778-2

chegando a 30,66% ao considerar também áreas naturais, como o mangue, a restinga arbórea e as áreas naturais não florestada (IESB, 2007).

2.2. Pré-processamento dos dados

Nesta etapa foi realizada a obtenção dos arquivos vetoriais provenientes da plataforma BDQueimadas (http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/) do INPE. O período de estudo corresponde de 01/01/2013 até 31/12/2017. A etapa seguinte consistiu no recorte espacial das áreas urbanas e rurais, através dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE em ambiente ArcGIS. No Excel ocorreu a organização de dados quantitativos para construção de tabelas e gráficos que embasaram as análises.

2.3. Processamento dos dados

A análise dos dados do BDQueimadas consistiu na elaboração de mapas através da estimativa da densidade de Kernel e também pelo método de densidade de pontos. Tendo realizado a identificação das áreas de maior ocorrência e também período, foi realizada uma verificação auxiliar com o *software* Google Earth Pro, com o intuito de cruzar os resultados obtidos com as imagens de satélite de alta resolução espacial para aquele mesmo período de registro dos focos detectados.

3. Resultados e Discussões

3.1. Distribuição temporal

Ao longo dos cinco anos estudados, o total de focos detectados e compilados foi de 41.025, sendo 29.295 localizados na área rural e outros 11.730 restantes na área urbana. Na Tabela 1 é possível visualizar a distribuição temporal, com destaque para o ano de 2014, enquanto as distribuições anuais/mensais estão na Figura 3.

Tabela 1 – Ocorrência de focos por ambiente

Ano	Rural	Urbano	Total
2013	2.680	1.110	3.790
2014	10.019	3.545	13.564
2015	4.776	1.899	6.675

ISBN: 978-85-7282-778-2

2016	4.382	2.464	6.846
2017	7.438	2.712	10.150
Total	29.295	11.730	41.025

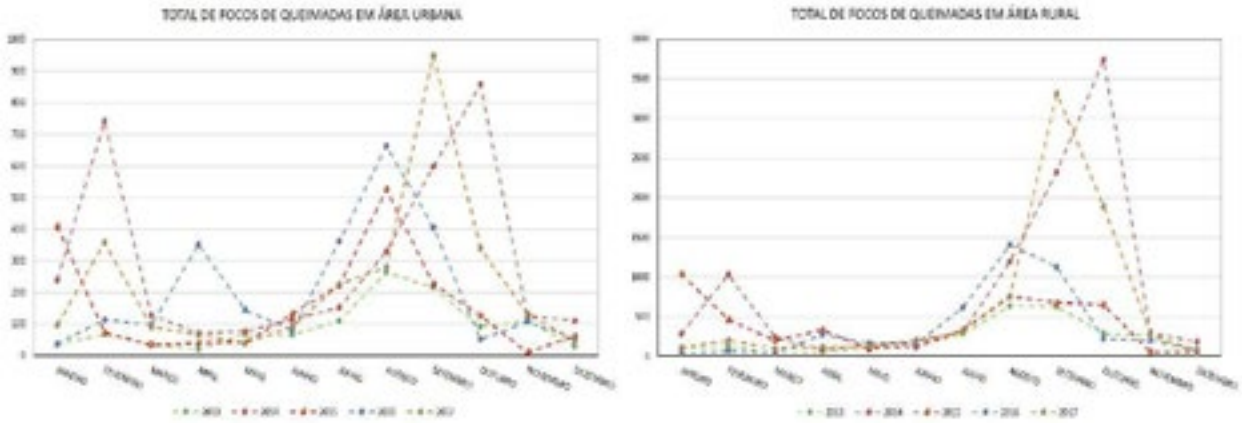


Figura 3 – Gráficos com comportamento temporal mensal/anual das queimadas/incêndios.

3.2. Distribuição espacial

Em áreas urbanas (Figura 4) verificou-se que considerável parte das detecções de queimadas ocorreram em regiões não ocupadas, como terrenos baldios, áreas naturais dentro de cidades e de equipamentos industriais que geram calor suficiente para que os sensores os "confundam" com focos, conforme percebidos na Companhia Siderúrgica do Atlântico (CSA) em Itaguaí, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) em Volta Redonda e a Refinaria de Duque de Caxias (REDUC). Os dois locais onde foi identificada a maior quantidade de focos em área urbana foram no Terminal Cabiúnas, em Macaé e na Base Aérea de Santa Cruz, no Rio de Janeiro, com aproximadamente 300 ocorrências queimadas ao longo do período estudado.

ISBN: 978-85-7282-778-2

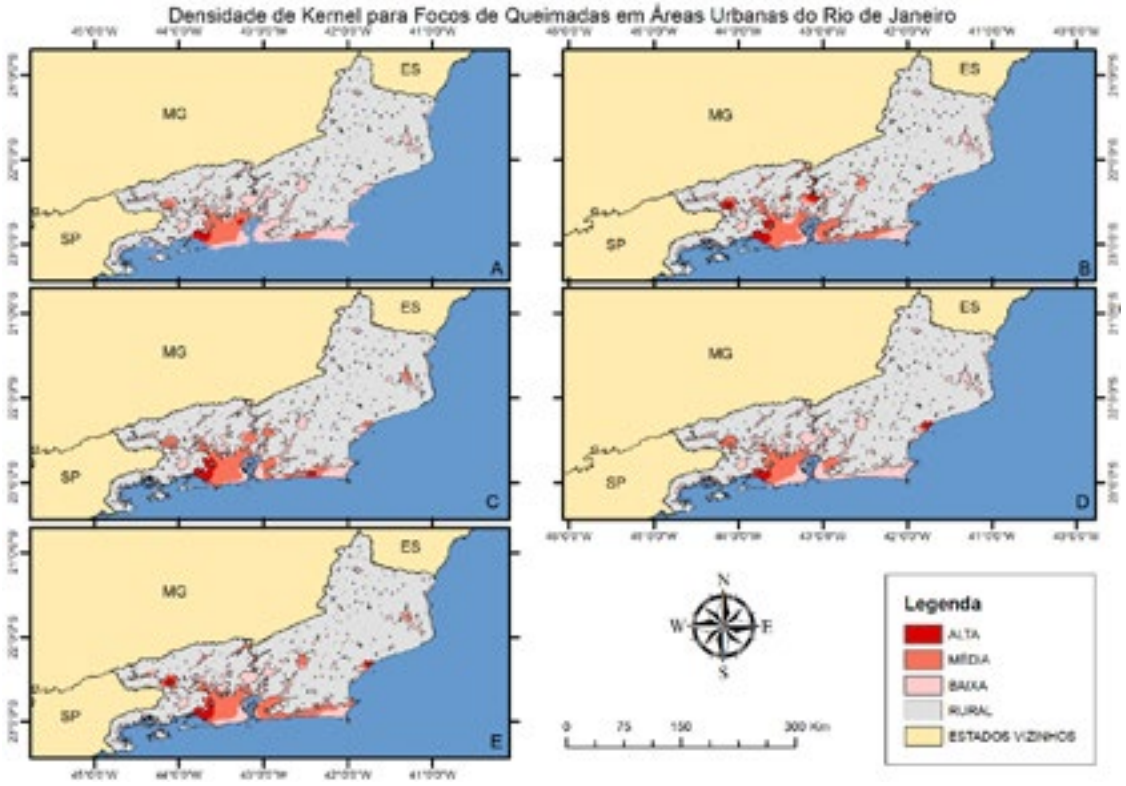


Figura 4 – Focos de queimadas na área urbana em 2013 (A), 2014 (B), 2015 (C), 2016 (D) e 2017 (E).

Combinando alguns aglomerados de destaque nas áreas rurais (Figura 5) com o arquivo vetorial da classificação do uso e cobertura do solo (INEA, 2011) constatou-se que nas localidades onde os focos foram detectados, as regiões de altas densidades são: Campos dos Goytacazes, que apresenta vasta área dedicada ao plantio de cana-de-açúcar e pastagens; entre os municípios de Itaguaí e Seropédica, com uso predominante de pastagem e também figura uma cobertura de florestas; uma pequena camada de alta densidade próxima aos municípios de Magé e Itaboraí, com características similares ao caso anterior; em Casimiro de Abreu, com predominância dividida entre pastagens e pastagens em várzea com uma menor concentração florestal; e entre Itaperuna e Natividade, numa região quase totalmente coberta por pastagens.

ISBN: 978-85-7282-778-2

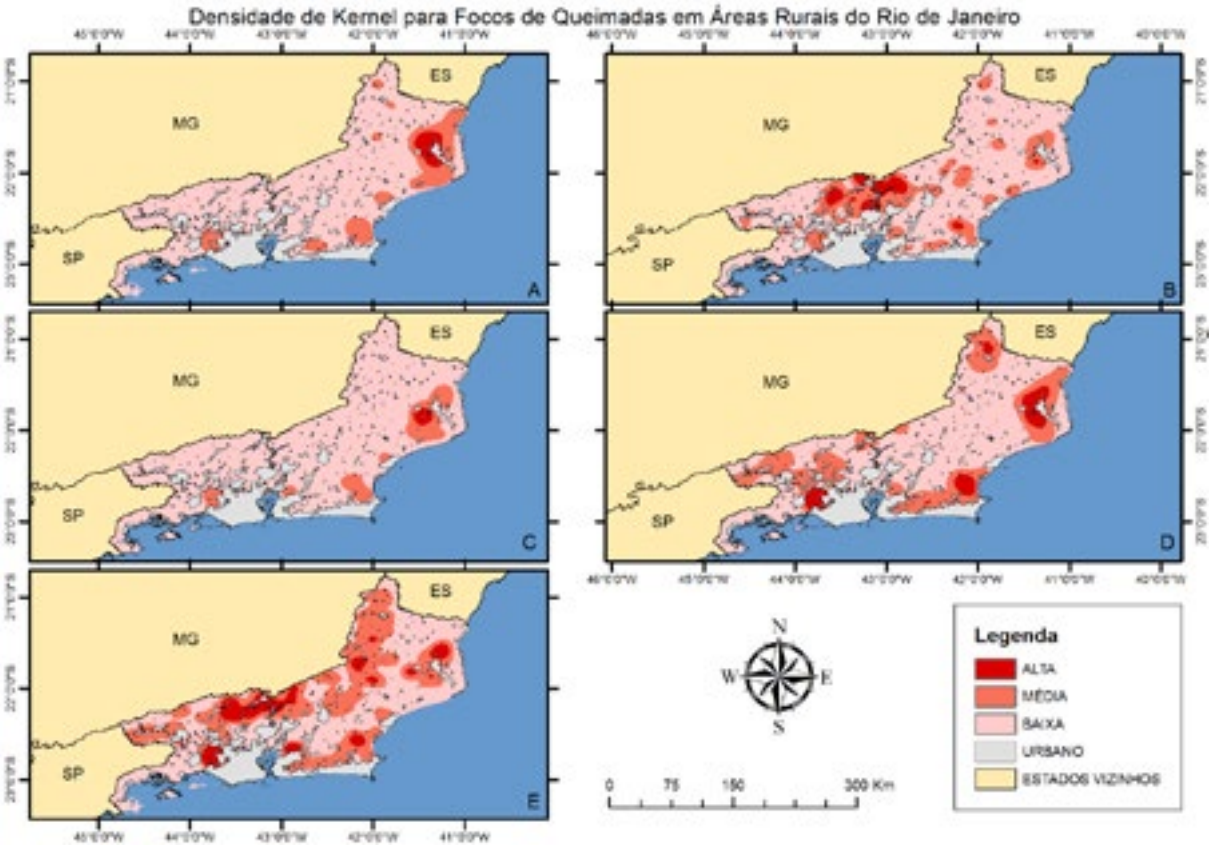


Figura 5 – Focos de queimadas na área rural em 2013 (A), 2014 (B), 2015 (C), 2016 (D) e 2017 (E).

4. Considerações finais, Agradecimentos e Referências Bibliográficas

4.1. Considerações finais

Após a avaliação dos métodos de análise espacial que representariam de forma mais adequada os dados de focos de incêndios, Densidade de Kernel gerou um produto visualmente mais satisfatório. Destacou-se devido à possibilidade de ajuste nos valores de raio, permitindo contornar melhor as regiões com aglomerados mais densos e por abranger aglomerados de menores densidades, ao contrário do que ocorreu ao se utilizar o método de densidade de pontos.

Com análises das informações numéricas obtidas, foi constatado que o ano de 2013 foi aquele que teve a menor quantidade de focos detectados, enquanto 2014 apresentou a maior

quantidade de ocorrências (3.790 e 13.564, respectivamente), sendo mais reincidente no ambiente rural (71%) do que no urbano (29%). A distribuição mensal apresentou maior concentração durante os meses de agosto, setembro e outubro, o que requer uma análise mais aprofundada sobre as características climatológicas para que se possa confirmar as causas disso.

Este é um estudo inicial que exemplifica como técnicas de geoprocessamento são ferramentas interessantes para dar assistência aos gestores públicos no planejamento e gerenciamento de planos de ação em locais com consideráveis níveis de suscetibilidade a queimadas/incêndios. Cabe ressaltar que existem outras técnicas disponíveis a serem testadas com uma série histórica mais abrangente.

4.2. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais (LABESPAÇO) pela infraestrutura que auxiliou na execução do trabalho em questão.

4.3. Referências Bibliográficas

FERNANDES, M.C.; COURA, P.H.F.; SOUSA, G.M.; e AVELAR. A.S. **Avaliação geoecológica de susceptibilidade à ocorrência de incêndios no estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Floresta e Ambiente, Volume 18, Número 3. Rio de Janeiro, 2011. 299-309 p.

GONTIJO, G.A.B.; PEREIRA, A.A.; OLIVEIRA, E.D.S e ACERBI JÚNIOR, F.W. **Detecção de queimadas e validação de focos de calor utilizando produtos de Sensoriamento Remoto**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Paraná, 2011. 7966-7973 p.

HERAWATI, H.; and SANTOSO, H. **Tropical forest susceptibility to and risk of fire under changing climate: a review of fire nature, policy and institutions in Indonesia**. Forest Policy and Economics, Volume 13, Issue 4. Amsterdã, 2011. 227-233 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Malhas Digitais**. Rio de Janeiro; 2010 [citado em 27 jan 19]. Disponível em: https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais

INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS DO SUL DA BAHIA - IESB. **Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica**. Relatório Final. Rio de Janeiro, 2007. 84p.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. **Base Temática – O Estado do Ambiente**. Rio de Janeiro; 2010 [citado em 27 jan 19]. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/Portal/MegaDropDown/EstudosePublicacoes/EstadodoAmbiente/index.htm&lang

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Normais climatológicas do Brasil**. Brasília; 2010 [citado em 25 jan 19]. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Portal do monitoramento de queimadas e incêndios [online]**. Brasília; 2015 [citado em 25 jan 19]. Disponível em: http://www.inpe.br/queimadas/bdqueimadas/

KOTTEL, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; and RUBEL, F. **World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated**. Meteorologische Zeitschrift, Volume 15, Number 3. Stuttgart, 2006. 259-263 p.

PAZ, S; CARMEL, Y; JAHSHAN, F; SHOSHANY, M. **Post-fire analysis of pre-fire mapping of fire-risk: a recent case study from Mt. Carmel (Israel)**. Forest Ecology and Management. Volume 262, Issue 7. Amsterdã, 2011. 1184-1188 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE ESPACIAL DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRAFICA DA UNIDADE DE SAÚDE DA FAMILIA E UNIDADE BÁSICA DE SAÚDE.

Larissa Lorrayne de Oliveira Martins [(a)] Alarcon Matos de Oliveira [(b)], Carlos Oliveira Brito[(c)] Lusanira Nogueira Aragão [(d)]

[(a)] Graduanda Engenharia Sanitária e Ambiental, Larissa Lorrrayne de Oliveira Martins. Universidade do Estado da Bahia/ Departamento de Ciências Exatas e da Terra II.
[(a,b)] Departamento de Geoprocessamento/Secretária Municipal de Planejamento, Prefeitura Municipal de Feira de Santana. alarconmatos@gmail.com
[(c)] Secretário Municipal de Planejamento/Prefeitura Municipal de Feia de Santana.
[(d)] Universidade Estadual de Feira de Santana/Departamento de Tecnologia.

Eixo: Territorialidades, conflitos e planejamento ambiental.

Resumo/

A utilização de algoritmos geométricos em SIG aplicada à análise espacial na Geografia da Saúde é discreta, sendo assim esse trabalho utilizou o Algoritmo Geométrico de Voronoi para analisar a espacialização das Unidades de Saúde da Família – USF e Unidade Básica de Saúde – UBS. Este algoritmo possibilita dois tipos de análise: distribuição no espaço dos equipamentos públicos, bem como a relação de proximidade entre a residência dos moradores e a unidade de saúde mais próxima. Foi possível identificar a concentração das UBS e USF na região noroeste da cidade, cujos polígonos foram menores que 0,7km^2 e na região nordeste da cidade a grande concentração de polígonos maiores que 1km^2.

Palavras chave: Unidade Basica de Saude, Unidade de Saúde da Familia, Voronoi SIG.

1. Introdução.

Acesso aos serviços básicos de saúde é direito fundamental dos brasileiros, garantido pela Constituição de 1988. A atenção básica (AB) consiste no conjunto de ações de saúde com aplicabilidade no indivíduo ou coletividade, compreendendo a promoção e da saúde, prevenção de agravantes, diagnósticos, tratamento, reabilitação, redução aos danos implicando na manutenção da saúde. Segundo Brasil (2008a), para a obtenção a melhor qualidade de Atendimento à Saúde AB possui composição multiprofissional e trabalhando de

forma interdisciplinar. As equipes das Unidades Básicas de Saúde (UBS) atuam no domicílio em locais do território – salões comunitários, creches, praças entre outros. Neste sentido, o município de Feira de Santana destaca-se pela manutenção permanente de diversas Unidades Básicas de Saúde distribuída espacialmente em todo território municipal.

Essa estratégia de acesso aos serviços de saúde, no entanto, enfrentam grandes barreiras de acesso aos serviços. Estes impedimentos são ocasionados por fatores diversos como: indisponibilidade de ofertas de serviços básicos, distribuição geográfica da capacidade de atendimento. No que se refere à espacialização geográfica, atribui-se a distância entre a localização da demanda e da oferta (BRASIL, 2006; BODSTEIN et. al. 2006; LOPES, 2016).

Portanto, a distribuição espacial das unidades de atendimento consiste numa barreira geográfica para parte da população, pois a distância entre a residência e a unidade de atendimento, principalmente, para quem já está debilitado fisicamente, consiste em forte impedimento ao acesso. Seja pela inexistência de transporte pessoal, ausência de condições financeiras para acesso ao transporte público, ou ineficácia das rotas de transporte que contemplem as unidades. Ressalta-se que não existe nenhuma norma ou portaria que oriente a distribuição espacial desses equipamentos públicos, apenas orienta a quantidade de pessoas atendidas em função da capacidade de atendimento das Unidades Básicas de Saúde.

A utilização de ferramentas de Geoprocessamento, embora possua grande potencial para análise da distribuição geográfica dos elementos espaciais; o seu uso ainda é incipiente na aplicabilidade de espacialização das Unidades de Saúde da Família (USF) e UBS. Estudar a distribuição dos equipamentos públicos em determinado território trata-se de uma análise da distribuição pontual. Sendo possível estudar essa distribuição é através do algoritmo geométrico em especial o diagrama de Voronoi. Este diagrama permite traçar duas análises possíveis: relação de adensamento das UBS e USF, pois quanto menor o polígono maior a concentração desses equipamentos públicos; e a relação de proximidade entre a casa do paciente e a USF ou UBS. Diante das possibilidades do algoritmo espacial em

Geoprocessamento aplicado aos estudos de distribuição espacial das unidades de saúde de atendimento primário esse trabalho visa aplicar o diagrama de Voronoi para analisar a sua distribuição na sede distrital de Feira de Santana.

Figura 1. Mapa de localização de Feira de Santana.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho utilizou análise pontual para mapear as Unidades de Saúde da Família e as Unidades Básicas de Saúde, estes foram aqui denominados como equipamentos públicos. O algoritmo geométrico Diagrama de Voronoi para analisar a distribuição dos equipamentos públicos, o resultado foi plotado ao mapa de população distribuída pelos bairros do município de Feira de Santana, demostrando espacialmente a concentração e deficiências na distribuição das UBS e USF.

3. Resultados e Discussão

3.1. Distribuição Espacial dos Equipamentos Públicos.

O acesso aos serviços primários de saúde é fator que intermedia a relação entre a procura e a entrada nos serviços e diz respeito às características da oferta de serviços de saúde que

facilitam ou obstruem a sua utilização por potenciais usuários, exprime a capacidade da oferta nas produtividades dos serviços respondendo as necessidades de saúde universal da população (GIOVANELLA, 2008). É sabido que na atenção primária, o acesso deve ser universal e não necessariamente relacionada ao grau de necessidade, uma vez que não se pode esperar que os indivíduos conheçam a gravidade ou urgência dos seus problemas médicos quando buscam atendimento (STARFIEL, 2002).

Entende-se por acessibilidade, neste trabalho, acessibilidade ou acesso a capacidade de produção e oferta de serviços no atendimento à saúde respondendo às necessidades de determinada população como aponta Donabedian (2003) o acesso e acessibilidade possuem duas dimensões: geográfica e sócio organizacional. O componente geográfico refere-se à distância e ao tempo de locomoção dos usuários para se chegar aos serviços, incluindo os custos da viagem, dentre outros, no componente sócio organizacional diz respeito a todas as características de oferta que devem facilitar ou dificultar a capacidade das pessoas no uso dos serviços, não bastando à existência dos serviços, mas o seu uso tanto no início como na continuidade do cuidado. É indubitável, que os dois componentes são fundamentais para avaliar qualidade de acesso aos serviços, todavia, este trabalho abordará o aspecto geográfico, quanto a sua distribuição espacial dos equipamentos públicos.

Para Souza et. al. (2015), a distribuição espacial entre os serviços de saúde e residência dos munícipes constitui em fator limitante, Albuquerque *et. al*. (2014) completa informando que as barreiras relacionadas à distância estão associadas ao nível de complexidade dos serviços: quanto menor as espacializações, mais próximas estão da população, no entanto, é importante ressaltar que a existência de serviços em determinado local, apesar de constituir aspecto fundamental, não garante sua efetiva utilização. Sendo a barreira geográfica, premissa fundamental que impede efetivo acesso a saúde, análise quanto á distribuição dos equipamentos básicos de saúde torna-se fundamental, sendo assim foram utilizados o algoritmo geométrico do SIG o diagrama de Voronoi, pois o mesmo permitiu tanto analisar a

relação de proximidade entre residência e equipamentos públicos, bem como adensamento das UBS e USF.

3.2. Diagrama de Voronoi.

Dados um conjunto qualquer de pontos, deve ser feita as divisões organizadas entre eles, de modo que haja uma região para cada ponto sendo os limites a metade da distância entre seu vizinho, formando polígono convexo (LIMA, 2017). Um diagrama de Voronoi induzido por um conjunto finito de pontos é uma decomposição de plano em polígonos possivelmente ilimitados (convexos) chamados regiões de Voronoi, cada um consistindo desses pontos, pelo menos, tão perto de um determinado local como a outras (LIFBEGLING POURNIN, 1998).

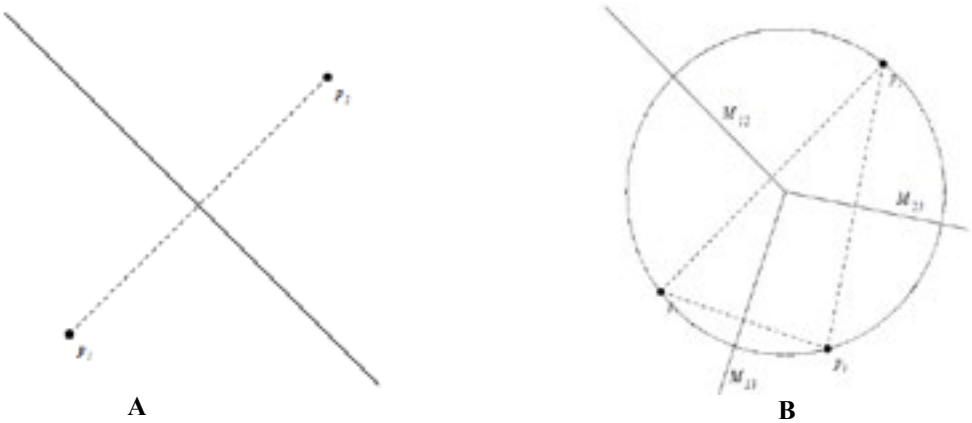
Segundo Davis (2005), Seja $P=\{p_1,p_2,...p_n\}$ um conjunto de pontos no plano, usualmente denominados locais (*sites*). O plano pode ser particionado de modo que cada ponto esteja associado ao elemento de P o mais próximo de si. Esse conjutno de pontos associados a determinado local p_i, se constituem o polígono de Voronoi de p_i, denotada $V(p_i)$. Este polígono é, portanto, o lugar geométrico dos pontos do plano mais próximo de p_i do que qualquer outro elemento de *pi* do que qualquer outro elemento de P, logo:

$$V(p_i) = \{x\ I\ dist(p_i - x) \leq dist(p_j - x), \forall j \neq i\}$$

Existindo a possibilidade de existir três pontos que são próximos a dois ou mais locais, implicando que o conjunto deste ponto se constitui o *diagrama de Voronoi* para o conjunto de locais, denotando *Vor(p)* (DAVIS, 2005).

A construção do diagrama pode ser entendida, inicialmente considerando apenas dois locais, p_1 e p_2. O diagrama de Voronoi consiste na reta que secciona ao meio o segmento p_2 sendo perpendicular a este, a mediatriz do segmento Figura 2A. Todos os pontos da reta são igualmente próximos a p_1 e p_2. Sendo assim, os pontos no semiplano que contém p_1 constituem o polígono de Voronoi correspondente a p_1, e analogicamente o outro semiplano correspondente a $V(p_2)$ (DAVIS, 2005).

Segundo Davis, (2005) expandindo para três locais, é facil perceber que o diagrama de Voronoi será formado pelas semi-retas que cortam as arestas de $p_1p_2p_3$ ao meio e segundo uma particular, logo as mediatrizes das arestas, partindo do circuncentro do triângulo Figura 2B. Sendo possível perceber que o circuncentro é o centro do círculo definido pelos vértices do triângulo sendo possível que o mesmo não pertença ao triângulo.



A **B**

Figura 2. Exemplo do diagrama de Voronoi com dois e três pontos.

Segundo Davis, (2005) Empiricamente pode-se deduzir que para um maior número de locais, o processo de construção, deve-se levar em conta as mediatrizes dos segmentos definidos entre cada par de locais. A mediatriz entre os locais p_i e p_j será denotada com M_{ij}. Seja S_{ij} o semipleno definido por M_{ij} e que contém p_i. Logo S_{ij} contém todos os pontos do plano que estão mais próximos de p_i do que de p_j. Para obter o polígono de Voronoi de p_i, é necessário combinar todos os semiplanos S_{ij} com $i \neq j$ portanto:

$$V(p_i) = \bigcap_{i \neq j} S_{ij}$$

Como semiplanos são, por definição, convexos (não existindo nenhum segmento definido entre dois pontos do semipleno contendo pontos que não pertençam a ele). A interseção de conjuntos convexos consiste num conjunto convexo. Destarte, que qualquer polígono de Voronoi é convexo também (DAVIS, 2005).

3.2.1 Diagrama de Voronoi e UBS e USF

Espacialmente pode-se constatar que o diagrama de Voronoi forma polígonos convexos, onde quanto maior a densidade de pontos menor será os polígonos. Logo, a representação dos postos UBS e USF, onde ocorre a maior concentração desses equipamentos públicos menores serão os polígonos Figura 3.

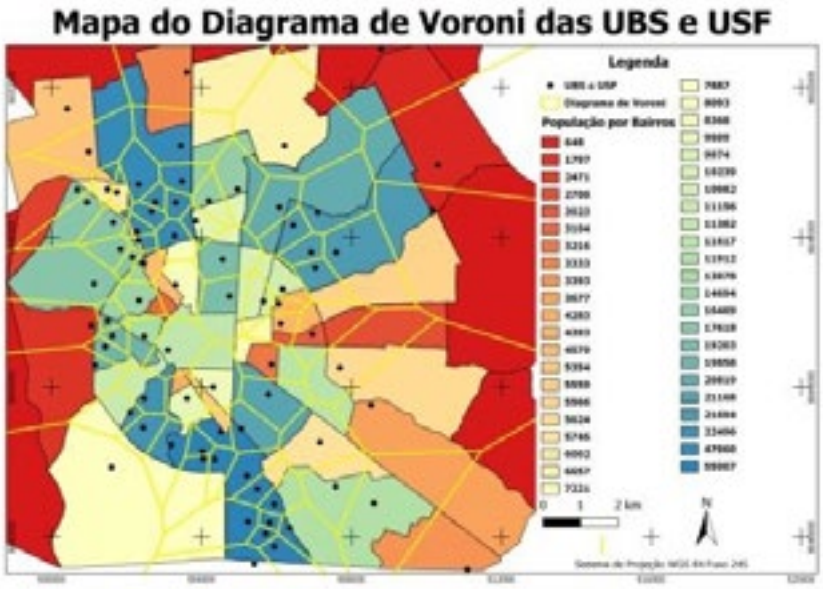


Figura3. Diagrama de Voroni das UBS e USF de Feira de Santana sobreposto ao mapa de bairro em escala de população.

Diante análise da figura 3 observa-se que os menores polígonos situam-se a Noroeste e Nordeste da cidade, bem como na região Sul e Oeste, coincidindo com os bairros mais populosos do Município. Contudo, na região Leste da cidade, em função dos programas habitacionais do Governo Federal ocorreu um grande crescimento populacional e, no entanto, os maiores polígonos concentram-se nessa região. Esse diagnóstico fica evidente observando as figuras 4 onde a cidade foi dividida em quatro quadrantes (Nordeste –NE, Sudeste – SE, Sudoeste – SW e Noroeste – NW). No quadrante Nordeste (NE) possui apenas um polígono menor que 0,49km^2, um polígono maior que 0,491 e menor que 0,79, um polígono maior que 0,791km^2 e menor que 1 km^2, e dez polígonos maiores que 1 km^2. No segundo quadrante (SE) existem dois polígonos menores 0,49km^2, um polígono maior que 0,791 km^2 e menor que 0,79km^2, três polígonos entre 0,791km^2 e 1km^2 Figura 5.

No terceiro quadrante – SW quatro polígonos menor 4,9km^2, cinco polígonos variando entre 0,491km^2 e 0,79km^2, três polígonos entre 0,791km^2 e menor que 1km^2. No quarto quadrante (NW) possui 07 polígonos menores que 0,49 km^2 e 06 polígonos maiores que 0,49 km^2 a 0,79 km^2, 06 polígonos maiores que 0,791 km^2 e menores que 1 km^2 e 12 polígonos maiores que 1km^2. Na figura 4 tem-se representada na cor amarela (destaque) os polígonos ($0 \geq \mathbf{I} \leq 0{,}49$; $0{,}49 < \mathbf{II} \leq 0{,}79$; $0{,}79 < \mathbf{III} \leq 1$ e $\mathbf{IV} > 1$) evidenciando a maior concentração dos polígonos menores no terceiro e quarto quadrantes e com os maiores polígonos no primeiro e segundo quadrante.

Para evidenciar as concentrações das UBS e USF em função dos rumos foram traçados gráficos que correlacionam o número de polígonos em função do quadrante de concentração, ressaltando que polígonos que estão em regiões de fronteiras foram contabilizados como pertencentes aos dois ou mais quadrantes Figura 4.

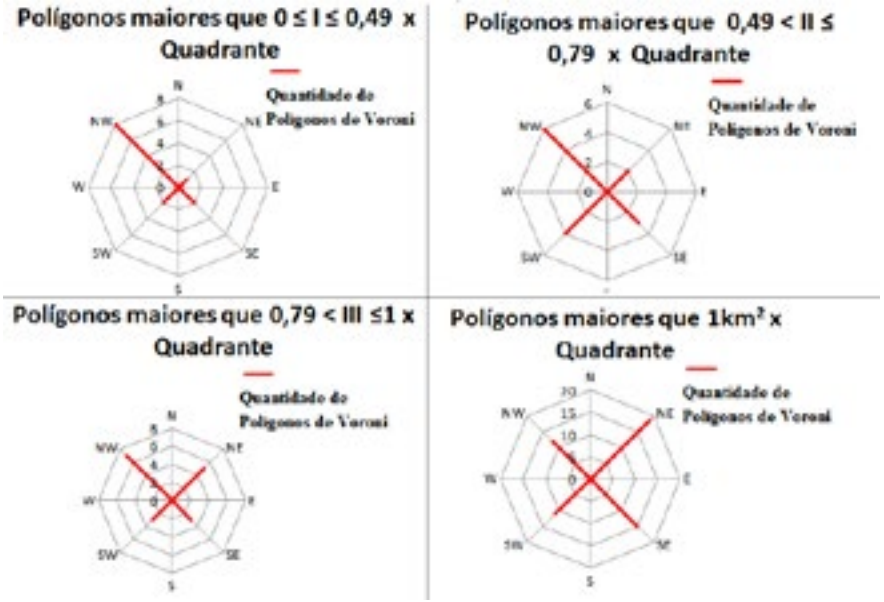


Figura 4. Quantidade de Polígonos em função dos quadrantes.

Além de evidencias a disposição espacial das UBS e USF, demostrando a região onde há necessidade de se inserir novos equipamentos públicos, o diagrama de Voroni também possibilita aplicação na relação de proximidade entre moradores e UBS e USF. Logo é

possível indicar qual equipamento público é mais próximo que outro, melhorando o processo de atendimento. Isso é possível constatar com maior eficácia pela sobreposição do diagrama de Voronoi sobre o mapa de uso de solo, construído a partir da classificação supervisionada da imagem Landsat 08 de agosto de 2017. A área em vermelho Figura 5 corresponde ao espaço urbano (casas, ruas, praças), observa-se a concentração de novas residências nos setores NE e SE, contudo o adensamento das UBS e USF não acompanharam o mesmo ritmo, os polígonos maiores evidencia essa constatação. Por outro lado, os demais setores do município (SW e NW) mesmo existindo em alguns casos polígonos maiores que 1km^2 a concentração do espaço urbano, evidenciada pelo mapa de uso do solo, apontam para boa distribuição das UBS e USF.

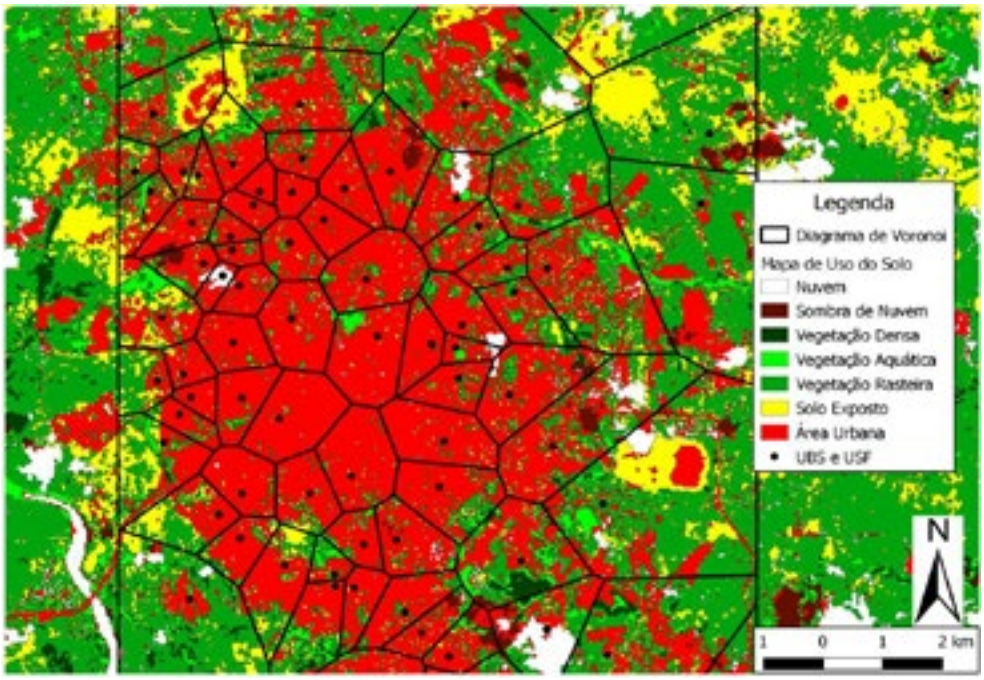


Figura 5. Diagrama de Voronoi sobreposto ao mapa de uso do solo, evidencia boa distribuição nos setores NW e SW.

4. Conclusoes

Entre diverssas barreiras para o atendimento básico de saúde, a barreira espacial é uma das principais causadoras de dificultdade no atendimento da população. A gestão eficiente dos

serviços de saúde necessita que a localização esteja coerente com a disposição da população e no território bem como a sua tendência de crescimento. Nesse sentido a utilização de geometria em SIG foi fundamental para demostrar onde a administração municipal deve investir na construção de novos equipamentos públicos. Ficou evidenciado a concentração de UBS e USF a noroeste e a menor densidade deste à nordeste da cidade. A sobreposição do digrama de Voronoi sobre o mapa de uso do solo permitiu uma análise ainda mais querente quanto a distribuição das UBS e USF indicando a boa distribuição dos equipamentos a NW e SW este ultimo quadrantes embora exista polígonos de Voronoi maiores que 1km2 a dispersão da população no espaço indica que a mesma não está tão distante das UBS e USF. Não se pretende com este trabalho esgotar as estimativas de distribuição desse importante equipamento pblico, mas demostrar onde os poder público deve concentrar seus esforços para melhorar o acesso da população no quesito primeito atendimento aà saúde. Além disso, esse trabalho análisou apenas a sua distribuição espacial e não a capacidade e nem a qualidade de atendimentos dessas unidades de saúde.

3. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, M. S. V. et.al**. Acessibilidade aos serviços de saúde: uma análise a partir da atenção básica em Pernambuco**. Saúde Debate, Rio de Janeiro, v. 38, p. 182-194, out. 2014. Número especial.

BRASIL. Ministerio da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Departamento de Atenção Básica. Manual de Estrtura Física das Unidade Básicas de Saúde: Saúde da Familina**. 2 ed. Brasilia, DF, 2008A. (Normas e Manuais Técnicos, A).

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Análise em Situação de Saúde. **Abordagem espaciais na saúde publica**. Brasília, DF. 2006. (Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde, 1).

BODSTEIN, R. et. A. **Estudos de linha de Base do Projeto de Expansão e Consolidação do Saúde da Familia (ELB/Proesf): considerações sobre seu acompanhamento**. Ciencia & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v.11 n. 3 p. 725-731, 2006.

DAVIS, Jr. C. A. e QUEIROZ, G. R. **Algoritmos Geométricos e Relacionamentos Topológicos**. Capítulo 2 de Casanova, M. A., Câmara, G. Davis Jr., C. A., Vinhas, L., Queiroz, G. R. (editores) Banco de Dados Geográfico. Ed. MundoGeo, 2005.

DONABEDIAN, A. **An Introductions to quality assurance in health care**. New York: Oxford University, 2003

GIOVANELLA, L.et. al. (orgs). **Politicas e Sistemas de Saúde no Brasil**. Rio de Janeiros: Fiocruz, 2008.

LIEBLING, T.. M; POURINI, L. **Voronoi Diagrams and Delaunay Triangulations: Ubiquitous Siameses Twins**. Documenta Mathematica Extra Volume ISMP (2012) 419-431.

LIMA, F. F. **Arquitetura Digitais a Partir do Diagrama de Voronoi e Triangulação de Delaunay**. Revista PROJETAR projeções e Percepções do Ambiente. V2, n2 52-60 Agosto de 2017.

SOUZA, M. S. P. L. et. al. **Fatores associados ao acesso geográfico aos serviços de saúde por pessoas com tuberculose em três captais do Nordeste brasileiro**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 31, n 1 p. 111-120, jan. 2015.

STARFIELD, B. **Atenção Primária: Equilibrio entre necessidades de saúde, serviços e tecnológia.** Brasília, DF: UNESCO/Ministério da Saúde, 2002.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA REFLECTANCIA ESPECTRAL DA CLOROFILA-A NO AÇUDE CASTANHÃO-CE USANDO ESPECTROSCOPIA NO VERDE (530 - 590 nm) E ANALISE DERIVATIVA

Juarez Antônio da Silva Junior [(a)] João Rodrigues Tavares Júnior [(b)]

(a) Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco, juarez.ufpe@gmail.com.

(b) Departamento de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal de Pernambuco, juarez.ufpe@gmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A água tem importante papel na sociedade humana, especialmente no Brasil. Seus usos são múltiplos, incluindo o abastecimento, produção energética, lazer, entre outros. Entre os vários parâmetros que buscam analisar a qualidade físico-química da substância, busca-se entender a distribuição espacial da clorofila-a na superfície dos reservatórios que abastassem os municípios brasileiros, uma vez que, a variação dos componentes que alteram este parâmetro pode ser detectada por meio do sensoriamento remoto passivo. Este trabalho busca aplicar e avaliar a espacialização da clorofila-a no Açude Castanhão por meio da analise derivativa e a espectroscopia da faixa do verde,utilizando imagens do satélite Sentinel 2A, analisando espacialmente a sua distribuição e ocorrência nos dias 26/09/2017 e 26/09/2018. Procura-se, portanto, relacionar a segunda derivada espectral nas amostras com a precipitação, e cobertura do solo e o volume do reservatório bem como o padrão de comportamento da refletância de clorofila-a ao longo do reservatório.

Palavras chave: Reflectância, clorofila-a, Açude Castanhão,Ceará

1. Introdução

A reflectância da água é condicionada por diversos fatores, dentre eles pode-se destacar: a concentração do total de sólidos em suspensão (TSS), concentração de clorofila e concentração de carbono orgânico dissolvido. Um exemplo de aplicação de técnicas de sensoriamento remoto é a estimativa da clorofila-a (Yacobi et al., 2011). (GITELSON et al., 2008), (VENTURA et la.,2013) e (BATISTA et la.,2014), observaram que a direção da mudança na clorofila-a na agua depende da combinação de fatores diversos, intensidade das chuvas, temperatura da agua,dimensões, volume do açude e uso do solo na bacia hidrográfica.

A maior ou menor biomassa fitoplanctônica na água pode ser indicada pela concentração de clorofila-a, que é o pigmento mais comum nos diferentes gêneros presentes na coluna d'água. Quanto maior a concentração de clorofila-a, maior a biomassa fitoplactônica. O aumento do volume de água diminui a biomassa fitoplânctônica, partículas em suspensão e substâncias orgânicas dissolvidas, tais componentes que afetam o comportamento espectral da água. Quanto mais pura ela estiver, mais baixa é sua reflectância, devido ao pequeno coeficiente de espalhamento e elevada transmitância (NOVO ,2010).

Dados gerados por sensores multiespectrais tem sido fontes valiosas de dados de sensoriamento remoto, e numerosos métodos efetivos tem sido desenvolvidos e aplicados com sucesso para análise destes dados espaciais ou espectrais, entre técnicas que foram desenvolvidas na espectroscopia, a análise derivativa é particularmente promissora para uso com dados de sensoriamento remoto. Em espectroscopia no sensoriamento remoto é usado em muitos estudos através da análise de derivada espectral para aplicações específicas, como concentração de parâmetros de qualidade da agua de lagos e reservatórios.

2. Local de estudo

O Açude Público Padre Cícero, mais conhecido como Açude Castanhão tem capacidade de armazenamento de 6.700.000.000 m³, é uma represa brasileira construída no leito do rio Jaguaribe, no estado do Ceará. O açude está localizado no município de Jaguaribara, embora atinja outros municípios.

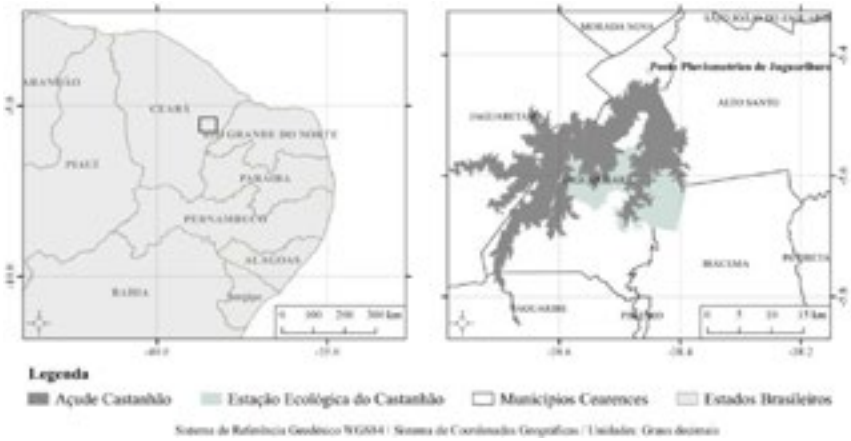


Figura 1 – Localização do Açude Castanhão - CE. Fonte: Autor

Historicamente, os meses de setembro e outubro são os de menor volume de chuvas no Ceará. A figura 02 mostra que em 2017 e 2018 as chuvas concentraram no primeiro semestre e já no segundo semestre o grafico apresenta carater pouco chuvoso. De 2017 para 2018 houve um aumento de 34% de precipitação acumulada mensal porém ambos anos anos seguem abaixo da média de preciptação.Nas datas em estudo foram registrados precipitação acumulada de 00 mm em ambos anos anos. No geral, esse comportamento segue à média histórica da distribuição temporal das chuvas no semi-árido com médias mensais muito pequenas

a) b)

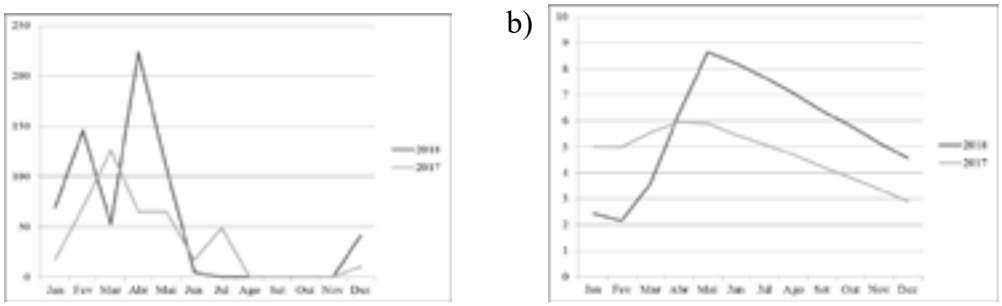


Figura 2 a) Grafico de precipitação acumulada em (mm) e a b) Grafico de volume em (%).
Fonte: Posto Pluviometrico de Jaguaribara e COGERH.

Em 26 de setembro de 2017 o Castanhão atingiu cota de 70,16 metros que correspondente ao volume de 235 milhões de m³, abaixo da cota 71,00 metros que corresponde ao início de seu volume morto.Menor volume registrado da historia desde 2012.Em 26 de setembro 2018 o açude apresentou uma cota de 74 metros, um aumento de volume útil de quase 55% e vazão da barragem em 31% em relação ao mesmo dia em 2017. Interferências antrópicas, aliadas com fatores sazonais, como chuvas abaixo da média anual, baixo volume e o uso da terra contribuem para maiores valores de reflectância da agua do açude.

3. Materias e Métodos

Para este trabalho foi utilizada duas cenas da correspondente ao comprimento de onda central 560 nm do Satélite Sentinel-2A adquirida pelo sensor Multi Espectral Instrument (MSI). Este produto foi obtido gratuitamente pelo endereço eletrônico https://earthexplorer.usgs.gov.O dado empregado possui nível 1C de processamento, que conta com a imagem geometricamente corrigida (ortoretificada), valores de reflectância no topo da atmosfera (TOA) e resolução espacial de 10 metros. As contagens digitais numéricas de cada imagem de pixel e cada banda espectral são convertidas em reflectância de TOA .

Esta conversão leva em consideração o espectro solar extraterrestre equivalente a direção solar de entrada definida pelo seu ângulo zenital para cada pixel da imagem e a calibração absoluta do instrumento MSI. As imagens utilizadas são datadas 26/09/2017 e 26/09/2018 ambas correspondentes ao período de seca e estiagem do

semi-arido. Com a finalidade de avaliar a atribuição da banda verde para mapeamento de biomassa fitoplactônica na agua, foi utilizado o método da análise derivativa. Este método compreende no realce de feições que se destacam na assinatura espectral de um alvo, tanto em picos de reflectância como bandas de absorção. Essa técnica calcula uma taxa de mudança da reflectância em relação taxa de variação em relação ao comprimento de onda.

Em espectros de reflectância da água serve para primeira derivada Remove o sinal de reflectância da superfície da água, facilitando a detecção de sedimentos em suspensão Remove o efeito espectral das partículas inorgânicas em suspensão, mantendo nos dados apenas a informação associada à presença da clorofila (TSAI e PHILPOT, 1998). A segunda derivada é estimada pela equação 01.

$$\frac{d^2s}{d\lambda^2} \approx \frac{s(\lambda_i)-2s(\lambda_u)+s(\lambda_r)}{(\Delta\lambda)^2} \qquad \text{(eq.01)}$$

Onde: d^2s – Segunda derivada espectral, s – Sinal verdadeiro da reflectância (λ_i - maior comprimento de onda λ_u - menor comprimento de onda) e $\Delta\lambda$ – separação entre as bandas adjacentes (constante).

Resultados

A figura 03 exibe as curvas espectrais das massas de agua em todos os comprimentos de onda dos pontos amostrais A,B,C e D nas datas em estudo.

a) b)

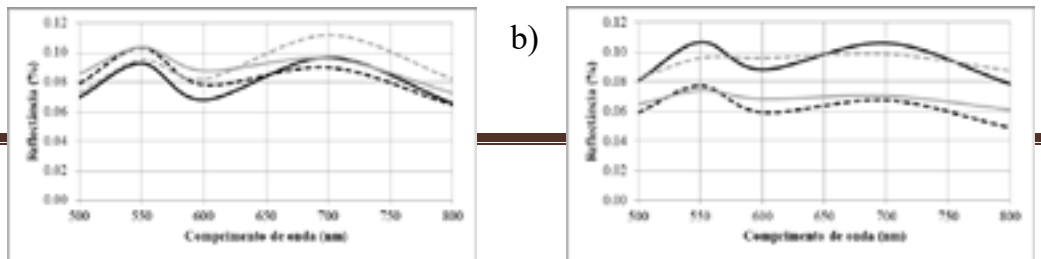


Figura 03 - Assinatura espectral da agua em a) 2017 e b) 2018

Observa-se na figura 03 que há diminuição de reflectancia na faixa do azul, isso se deve a matéria orgânica dissolvida na agua reduz sua reflectância, nessa faixa.

Houve em ambos os anos um pico de valores de reflectância na faixa do verde. Este aumento nos valores de reflectância, aconteceu devido ao processo de espalhamento no interior das células do fitoplâncton que possuem pigmentos de clorofila-a.

Por outro lado houve um pico de absorção em 615 nm, de acordo com Gitelson (1992),este comportamento pode está associado à presença de ficocianina, um pigmento acessório encontrado em alguns tipos de algas, como as cianobactérias. A figura também mostra uma inversão de tendência do efeito da matéria orgânica dissolvida quando se passa da região do visível para o infravermelho. Segundo (NOVO,2010) essa inversão ocorre devido no infravermelho próximo apresentar um espalhamento celular que supera o efeito da absorção da agua aumentando assim os valores de reflectância nessa faixa.

As assinaturas espectrais seguiram o mesmo comportamento de com algas nas analises de (JENSEN ,2009) e (NOVO,2010). De modo geral, os quatro espectros de reflectância apresentaram curvas com assinaturas semelhantes, porém com picos mais acentuados e valores maiores em 2017 ,exceto no ponto A.Nas curvas de segunda derivada que, de acordo com Goodin et al. (1993), mantêm realçadas feições que indicam a presença de clorofila e mostra que a mesma remove efeitos de sólidos em suspensão na água. Verificam-se feições de analise ponto A,B,C e D.

a) b)

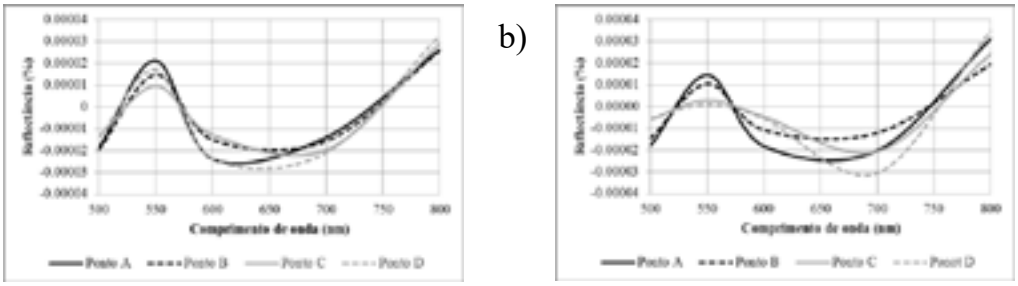


Figura 4) Segunda derivada da reflectancia da agua em a) 2017 e b) 2018

Na região visível, um pico no espectro na faixa do verde (500 a 600 nm) principalmente nas curvas de 2017 que é específico para clorofila predominante. Já na a curva de reflectancia da segunda derivada mostram um forte pico de absorção vermelho e infra-vermelho 660 e 710 nm. Isso ocorre devido a absorção da agua após a remoção dos efeitos de turbidez de segunda derivada , o efeito restante é específico apenas para a clorofila.

O observa - se nas curvas dos ambos os anos o intercepto com o eixo das abcissas. Segundo Goodin et al (1993), os pontos de intercção com o eixo das abcissas representa nenhum padrão de componentes opticamente ativos ou estrutura ordenada que possa ser atribuída a condições na água. De modo geral as assinaturas das figuras 5 estão em concordância com o que foi exposto por Goodin et al. (1993), percebe-se que as regiões indicadas nesses cinco pontos apresentam fortes relações com as curvas de reflectância original.

Visto que após a analise derivativa da assinatura espectral foi observado que a faixa do verde é a melhor, após a remoção de efeitos de sólidos inorgânicos em suspensão, para identificação de biomassa fitoplanctônica no Açude Castanhão através disso, foi gerado os mapas de distribuição espacial de clorofila-a a partir de valores de reflectância da banda de comprimento de onda central 560 nm, para as datas de 26/09/2017 e 26/09/2018 processadas no software QGIS 2.18. Foram escolhidos

quatro pontos – A, B, C e D - como pontos característicos para discussão dos resultados.

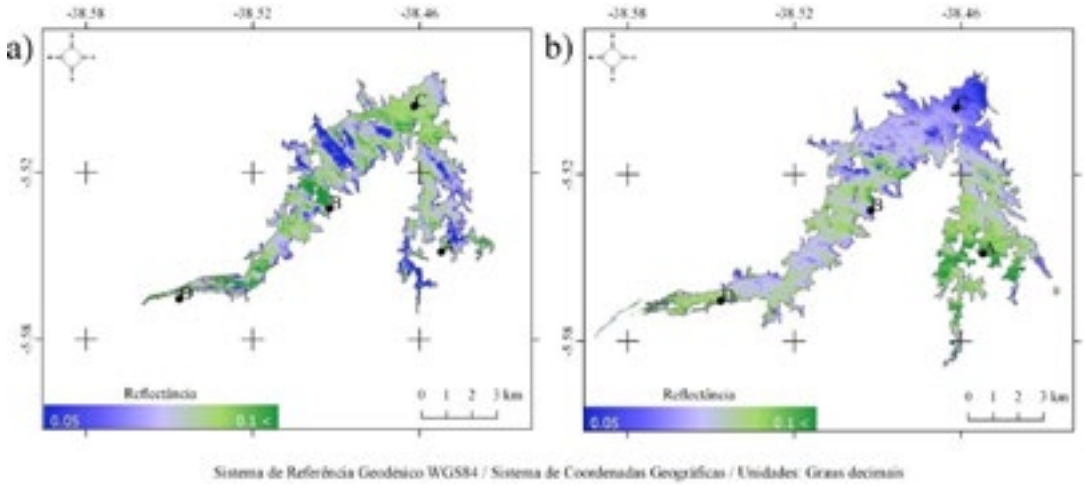


Figura 4 –a) mapa da Reflectancia de clorofila-a do Açude Castanhão em 2017 e em b) 2018.

Em 2018, no ponto A, devido à topografia acentuada e o início do acúmulo de água, foi formado uma inundação nas margens do açude, isso trouxe um aumento na concentração de clorofila-a e, consequentemente, altos valores de refletância em relação ao ano de 2017, onde houve um recuo de volume de água nas margens do açude. No ponto B é possível observar altos valores de reflectância na água em ambos os anos, sendo mais acentuado em 2017.

Isso se deve aos afluentes do açude em contato direto com a vasta área de agricultura irrigada, localizada no centro da Estação Ecológica do Castanhão (figura 5 a). Apesar de ser uma unidade de conservação, existe uma área de aproximadamente 3 km² ocupada por culturas agrícolas às margens do açude. Essas culturas depositam diretamente compostos orgânicos no açude, acarretando no aumento de concentração de clorofila-a e, consequentemente, o aumento de material orgânico em suspensão. No ponto C, é a parte mais baixa do reservatório, onde está localizada a Barragem

Castanhão com aproximadamente 20 metros de altura abaixo do ponto A e 19 metros abaixo do ponto D.

É possível observar, nesse ponto que, em 2018, devido ao aumento do volume de agua e da área superficial do açude, apresentou baixos valores de reflectância, por conter menos concentrações sedimentos orgânicos dissolvidos na água. Já em 2017, apresenta valores altos de reflectância devido à quantidade de fitoplâncton em suspensão, já que nesta data, o açude se encontrava em volume morto e menor área superficial. O ponto D é a parte aluvial do açude que apresenta, em ambos os anos, valores altos de reflectância da água. Neste ponto, há pequenas ilhas que são mostradas na figura 05 a), deixando a espessura do curso d'agua estreita, acarretando no depósito de compostos orgânicos trazidos da água, tornando-a rica em material clorofilado.

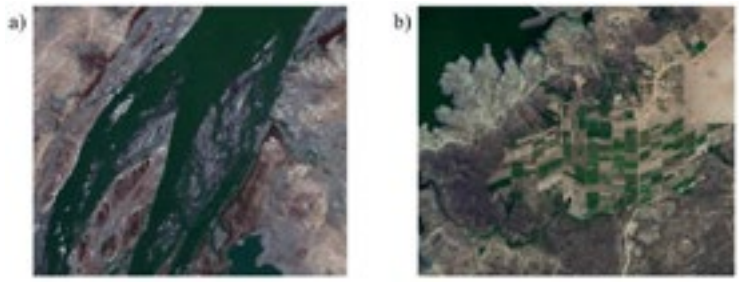


Figura 05 - Imagens de áreas próximas do ponto a) D e b) B. Fonte: Google Earth.

De modo geral, as datas em estudo, foram períodos de temperaturas elevadas que aceleram as florações de fitoplâncton na superfície do açude, em que seu comportamento espectral, é semelhante ao da vegetação terrestre com o máximo de reflectância na faixa do verde. Observou-se nos mapas que a refletância da água está em sua totalidade acima de 0.05. Ambas as imagens apresentaram um valor médio 0.09 e desvio padrão de 0.02.É importante salientar mesmo com o aumento do volume da água e área superficial do açude em 2018, a média dos valores de reflectância da

água permaneceu inalterável. Segundo a Companhia de Gestão e Recursos Hídricos do Ceará (COGERH) o Açude Castanhão se manteve em estado eutrofizado, com concentrações médias de clorofila-a de 43,39 ng/L e 42,23 ng/L em 2017 e 2018 respectivamente.

Conclusão

A distribuição espacial da reflectância da agua utilizando imagens de satélite Sentinel 2A, auxiliou no monitoramento espacial de parâmetros de qualidade da agua no Açude Castanhão. Devido a resolução temporal do satélite Sentinel – 2A, este tipo de monitoramento pode ser desenvolvido de forma eficiente e sendo assim possível visualizar a distribuição espacial da resposta espectral da agua com altas e baixas concentrações de clorofila-a durante um determinado período.

A resolução espectral do sensor MSI pode ter dificultado a caracterização de algumas feições espectrais da água que ocorrem em comprimentos de onda específicos. Essa particularidade, possivelmente pode ter generalizado a resposta espectral em certos intervalos espectrais, inibindo a indicação de objetos orticamente ativos predominante no reservatório. Este trabalho apresentou que o sensoriamento remoto oferece diversas técnicas de se monitorar parâmetros de qualidade bioquímica para recursos hídricos em diferentes áreas e escala de tempo. A derivação sucessiva na segunda derivada na faixa do verde mostrou-se sensível às concentrações de clorofila-a analisadas na segunda derivada, tão quanto a presença de outros componentes, que permitiram uma análise da clorofila-a, sugerindo a inserção de outras variáveis limnológicas.

Vale ressaltar que o uso de dados meteorológicos e a ocupação do solo foi extremamente importante para compreender a dinâmica da presença de clorofila no Açude que se que foram diretamente proporcionais ao comportamento espectral da agua do Reservatório Castanhão em estado de eutrofizado.

Referencias bibliograficas

BATISTA.A.A, Sazonalidade e variação espacial do índice de estado trófico do açude Orós, Ceará, Brasil. Revista Agro@mbiente On-line, v. 8, n. 1, p. 39-48, janeiro-abril, 2014.Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, RR.

CONGERH. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. Eutrofização dos Açudes do Estado do Ceará. Disponível em: www.hidro.ce.gov.br/acude/eutrofização . Acessado em 12/01/2019.

ESA Sentinel online. Level-1C Algorithm.Disponivel em: https://sentinel.esa.int/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/level-1c/algorithm. Acessado 10/01/2019.

GITELSON, A. A.. (2008). A simple semi-analytical model for remote estimation of chlorophyll-a in turbid waters: Validation. Remote Sensing of Environment.

GOODIN, D. G. et al. Analysis of suspended solids in water using remotely sensed high resolution derivate spectra.Manhattan, v. 59, n. 4, p. 505-510, abr. 1993, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

JENSEN, J. R. – 2009. Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres. Parêntese Editora, São Paulo, 650 pp.

LONDE, L. Comportamento espectral de fitoplâncton de águas interiores do brasil como suporte à aplicação de sensores hiperespectrais. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. Tese de Doutorado, Divisão de Sensoriamento Remoto.

LORENZZETI, J. A. Princípios físicos de sensoriamento remoto. São Paulo: Blucher, 2015.

MENESES, P. R., MADEIRA NETTO, J. S. Sensoriamento remoto: reflectância de alvos naturais. Brasília: UNB-Embrapa Cerrados, 2001. 262 p.

NOVO, E. M. L. de M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. Editora Edgar Blücher ltda. São José dos Campos, 1989. 308p.

TSAI, F. AND PHILPOT, W. (1998) Derivative Analysis of Hyperspectral Data. Remote Sensing of Environment, 66, 41-51. http://dx.doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00032-7

VENTURA.D.L.T. Uso do sensoriamento remoto para o monitoramento da concentração de clorofila-a em açudes do semiárido. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília – BRASÍLIA Março de 2013.

YACOBI, Y. Z. Remote sensing of chlorophyll in Lake Kinneret using high-spectral-resolution radiometer and Landsat TM: spectral features of reflectance and algorithm development. Journa1 of P1ankton Research, v. l7, n.11, 2155- 2173, 1995.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE EVOLUTIVA DA COBERTURA VEGETAL E URBANIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE BARCARENA - PARÁ

Jessica Cristina Carneiro de Sousa [(a)], João Vicente Tavares Calandrini de Azevedo[(b)] Osmar Guedes da Silva Junior[(c)], Igor Fransua Silva Macedo[(d)], Débora Cristina de Lima Miranda[(e)], Fernanda Batista Ferreira[(f)]

[(a)] Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, jessycacrisstyna@gmail.com
[(b)] Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, calandrini21@hotmail.com
[(d)] Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, osmar.guedes@gmail.com
[(d)] Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, hfransuar@gmail.com
[(e)] Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, deborramiranda@gmail.com
[(f)] Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, fernandabast.ferreira@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este trabalho se circunscreve ao uso da técnica de índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) que permite analisar a cobertura vegetal de áreas urbanas do município de Barcarena- PA, nos anos de 1986, 2008 e 2017. Diante disto, pode-se observar um aumento progressivo na área urbana do município e uma redução na cobertura vegetal entre os anos estudados, e uma variação no que se refere a exposição do solo e corpo hídrico, ambos com uma queda em relação aos dois primeiros anos e em seguida uma sutil elevação. Sendo assim a alteração da área dessa unidade repercute negativamente na sustentabilidade dos seus recursos hídricos e, o entendimento destes sistemas através da caracterização de seus constituintes físicos associados às tipologias de uso, configura-se como um atributo essencial na busca de soluções para o desenfreado impacto sobre os recursos hídricos. Logo a vegetação tem um papel importante nesse contexto pois influencia na entrada de água e descarga para outros sítios.

Palavras chave: índice de vegetação, Barcarena, solo exposto, área urbana.

1. Introdução

Os índices de vegetação têm sido bastante utilizados no estudo de áreas antropizadas com vegetação em ambiente urbano, principalmente quando se trata de cidades de médio porte como é o caso (Rodrigues *et al.* 2012). As pesquisas de mapeamento e quantificação de área verde vêm aumentando nas últimas décadas e neste contexto, o uso do sensoriamento remoto, com base na análise de faixas do espectro eletromagnético, são uns dos meios que se dispõem para o monitoramento da vegetação e eventos antrópicos por meio dos seus índices (Santos *et al.* 2016).

Os impactos causados pelo desmatamento podem influenciar na distribuição de água por uma superfície além na quantidade de chuva que ocorre no local, devido a diminuição da evapotranspiração. Além disso a urbanização desacelerada gera mais danos ao meio ambiente e principalmente em regiões onde ocorrem corpos d'água, acelerando assim seu assoreamento.

1.1. localização da Área de Estudo

A área de estudo se encontra na região norte do Brasil, corresponde ao município de Barcarena no estado do Pará, localizado entre as coordenadas geográficas 01° 30' 21" S e 48° 37' 33" W, com distância de 112 km da capital paraense, Belém. O acesso ao município pode ser realizado por rodovias, mas também por hidrovias.

No primeiro tipo de acesso, o trajeto se inicia a partir da Rodovia Federal BR-010, posteriormente BR-316 até o município de Marituba, em seguida utiliza-se o complexo Alça Viária, que inclui as pontes sobre os rios Guamá, Acará e Moju, além das rodovias PA-155, PA-483, PA-481 e novamente PA-483 até o terminal rodoviário de Barcarena (Figura 01). O acesso por hidrovias pode ser feito por balsas, com saída do porto de Arapari, em Belém.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo, no qual se observa as rotas e o trajeto a partir da capital do estado do Pará, Belém.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e Métodos

A metodologia empregada para a realização do trabalho ocorreu em etapas, iniciando pela organização bibliográfica para o levantamento dos dados, seguido da obtenção das imagens, geração do NDVI e por fim, a análise dos resultados obtidos.

2.1 Materiais

Foram utilizadas imagens do satélite landsat 5, sensor TM (Thematic Mapper) resolução espacial 30 metros, dos anos de 1986 e 2008, enquanto que as imagens de 2017 são oriundas do satélite Alos Palsar. A escolha de tais imagens é justificada pela disponibilidade gratuita pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pela resolução adequada para a área de estudo e pela ausência de nuvens, que proporcionou a melhor visualização das feições de interesse. A elaboração do banco de dados bem como a geração do NDVI e mapas temáticos utilizou-se o Software ArcGIS versão 10.5.

2.2 Métodos

Após a obtenção das imagens de satélite, aplicou-se a função Image Analysis do ArcGIS escolhendo-se as bandas que ressaltasse a vegetação. A técnica de NDVI (Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada) é utilizada principalmente em estudos de cunho ambiental e permite fazer análises, em diversas escalas, sobre a cobertura vegetal de determinada região. O comportamento espectral (curva espectral) da vegetação mostra uma absorção do pigmento da clorofila no comprimento de onda correspondente ao vermelho (V) e alta reflectância das plantas no comprimento de onda do infravermelho próximo (IVP) (Figura 2). Desta forma utilizam-se as bandas dos sensores ópticos que possuem esses comprimentos de onda para que seja aplicada na equação: **NDVI = (IVP - V) / (IVP + V)**.

Figura 2. Valores referentes a razão entre as bandas (V) e (IVP) (Melo *et al. 2011)*.

Como observado na figura 2, os valores do NDVI oscilam de -1 a +1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal, ou seja, ela apresenta-se mais densa, úmida e bem desenvolvida (COSTA *et al*., 2007). Para água, os valores ocorrem próximos de -1, devido a reflectância da banda 3 ser maior que a 4. Quando há nuvens presentes o valor é expresso próximo de zero, pois elas são refletidas de forma semelhante tanto no infravermelho quanto infravermelho próximo. Para áreas urbanas ou de solo exposto (com ou sem vegetação rala), os valores são positivos, mas não muito elevados.

Com base nessas premissas, as imagens NDVI foram classificadas em corpos hídricos, vegetação, área urbana e solo exposto. Essas imagens foram convertidas para shapefile a partir da função conversion tools no Arctoolbox, este processo foi necessário para calcular a área total da região estudada, bem como o percentual de cada classe.

3. Resultados

Com base na classificação digital, foi possível analisar a distribuição espacial, bem como, gerar o percentual das formas de uso e vegetação do município de Barcarena, que possui área total de 825,3 km. Os resultados obtidos estão dispostos em três mapas temáticos do local, dos anos 1986, 2008, 2017 e de forma simplificada na tabela 01.

Tabela 1 - Percentual das classes por área, dos anos 1986, 2008 e 2017.

Classes	Área em 1986 (Km)	Percentual (%)	Área em 2008 (Km)	Percentual (%)	Área em 2017 (Km)	Percentual (%)
Área Urbana	31,28	3,8	39,57	5	53,4	6,4
Solo Exposto	49,41	6	75,6	9,2	63,94	7,7
Vegetação	729,35	88	694,87	84	694,77	84,2
Corpos hídricos	15,26	1,8	15,42	1,9	14,14	1,7
Total	**825,3**	**100**	**825,3**	**100**	**825,3**	**100**

ISBN: 978-85-7282-778-2

3.1 Mapa Temático-1986

A análise do mapa de 1986 teve como resultados o valor de 88%, do total da área, composto por vegetação, que pode ser tanto densa quanto pouco espessa. Em seguida a classe solo exposto, que compreendia cerca de 6%. Em ordem decrescente de grandeza, tem-se a classe área urbana, que compreendia cerca de 3,8%, indicando um discreto crescimento urbano e por fim os corpos hídricos que correspondiam a 1,8%.

Na figura 3 é possível observar que as áreas degradadas se localizam na região noroeste onde se encontram espaços urbanos com tons laranja/rosados que podem indicar ainda áreas de pastagem. O cultivo vegetal e manejo animal podem ocasionar a fragmentação da vegetação matriz e o surgimento de bolsões de solos compactados, áreas com vegetação rasteira e solo exposto. As cores verde escuro, apontam índices mais elevados de NDVI, assim, correspondem a vegetação sadia e com seu balanço hídrico equilibrado, como pode ser observado na região da de Barcarena, onde são encontrados vegetação nativa amazônica, bem preservada.

ISBN: 978-85-7282-778-2

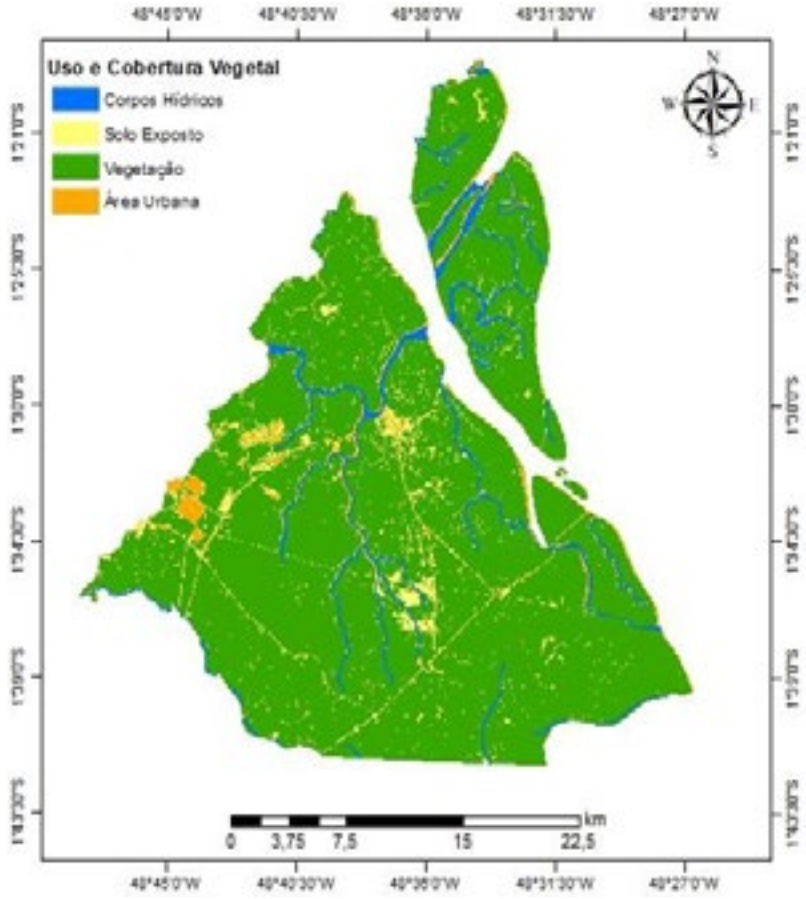


Figura 3. Na figura, se observa a distribuição das classes na área de estudo, para o ano de 1986.

3.2 Mapa Temático-2008

No ano de 2008, a classe mais representativa continuou sendo a vegetação nativa amazônica com mais de 80 % de ocorrência. Houve um pequeno aumento de solos expostos se concentrando ao redor de áreas urbanas (Figura 4).

Esse aumento de solo exposto inclui vias abertas para transporte. Barcarena no ano de 2008 já contava com uma boa economia em relação ao beneficiamento e exportação de caulim, alumina, alumínio e cabos para transmissão de energia elétrica. A economia tem base tradicional na Agricultura, mas também avança com o turismo e com as indústrias instaladas na cidade, gerando crescimento econômico para o município.

ISBN: 978-85-7282-778-2

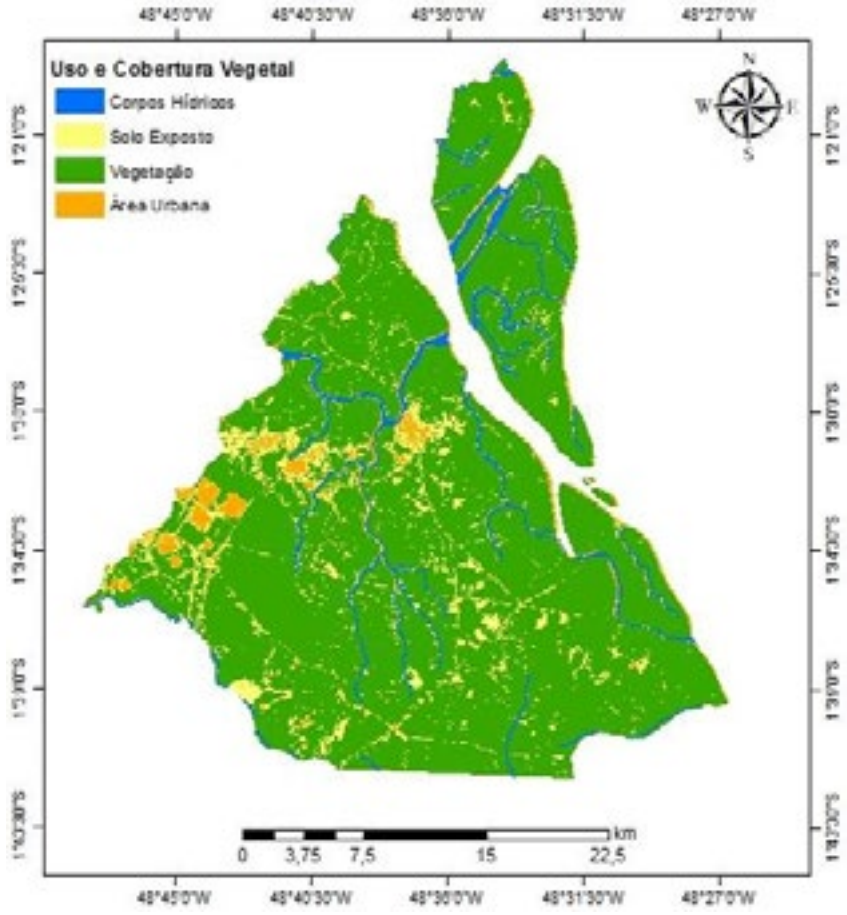


Figura 4. Na figura, se observa a distribuição das classes na área de estudo, para o ano de 2008.

3.3 Mapa Temático-2017

No ano de 2017 houve pouca mudança nas taxas de vegetação, área urbana, solo exposto e corpos hídricos, como se verifica na figura 5. Isso indica que o município vem trabalhando com os mesmos sistemas econômicos, só que de maneira concentrada como citado anteriormente. Já que o município envolve atividades como beneficiamento de caulim e alumina.

A população trabalha com a floresta e seus derivados de maneira bastante eficiente o que pode ajudar a explicar a preservação alta da mata amazônica. Barcarena tem inúmeros

ISBN: 978-85-7282-778-2

trabalhos feitos com sementes e cipós, talas de gurumã e jupati, piaçaba, nó de taperebazeiro e bambu. Também existem trabalhos manuais e que as mulheres têm importância fundamental e criam vestidos, bolsas, sandálias e outros acessórios que compõem um estilo regional bastante variado, usando diversos tipos de materiais naturais.

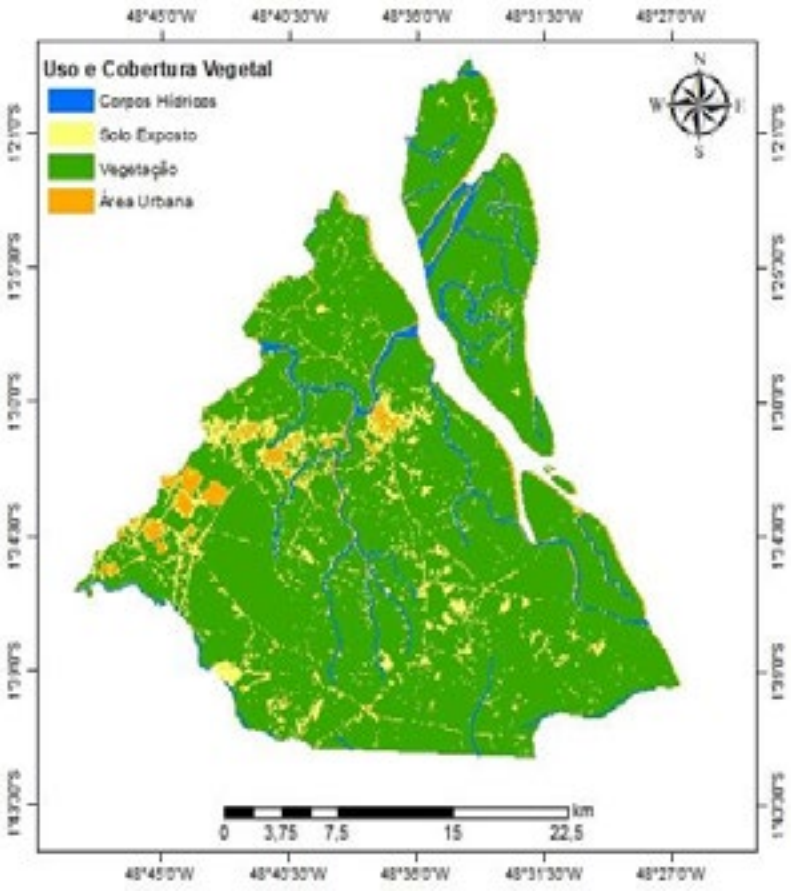


Figura 5. Na figura, se observa a distribuição das classes na área de estudo, para o ano de 2017.

4. Conclusão

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os testes de aplicação do índice de vegetação se mostraram eficazes na análise da cobertura vegetal do município de Barcarena, sendo possível de agora em diante monitorar as áreas através desse método. Além de ser uma ferramenta que pode ajudar a prevenir o avanço do desmatamento em regiões pouco ocupadas evitando a sua ocupação clandestina e criminosa.

Os baixos valores de NDVI em diversos setores do município de Barcarena podem ser explicados pelas atividades exercidas nessas regiões, como a agricultura praticada próxima às margens dos corpos hídricos, bem como por serem desenvolvidas sem o devido cuidado com a vegetação existente na região. Não houve tantas mudanças nas taxas o que indica um uso bastante moderado da área ou a falta de exploração até o momento. Seria interessante uma visita ao município para tentar entender melhor sobre a economia deste.

O NDVI, sendo uma das principais fontes de fornecimento de informações e identificação dessas áreas, torna-se um eficaz aliado a vistorias em grandes áreas de biomassa, havendo a necessidade de resultados rápidos e eficiente. Acima de tudo, é uma ferramenta de monitoramento e preservação do meio ambiente e da ocupação e impactos da chegada de comunidades urbanas nesses locais.

5. Referências Bibliográficas

Costa F. H. Dos S., Filho C. R. De S., Risso A. Análise Temporal De NDVI E Mapas Potências Naturais De Erosão Na Região Do Vale Do Ribeira, São Paulo. *In*: Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto, 13, 2007. Anais. Florianópolis, Inpe, 2007. CD-ROM.

Melo E. T, Sales M. C. L., Oliveira J. G. B. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da Microbacia Hidrográfica Do Riacho Dos Cavalos, Crateús-CE. RA´E GA, v. 23, p. 520-533, Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR, 2011.

Rodrigues M. T.; Rodrigues B.T. Aplicação Do Índice Da Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI) Em Imagens CBERS 2B No Município De Botucatu-SP (Application Of Contents Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) In Pictures CBERS 2B In Botucatu-SP). BioEng, Tupã, v.6 n.3, p. 139-147, Set/Dez. 2012.

Santos L.S.S, Gutierres C.B.B, Silva O.M.MS., Lino J.A.G., Pontes A.N. Aplicação Do Índice De Vegetação Por Diferença Normalizada (NDVI) Para Análise De Desflorestamento Nas Bacias Do Murucutu E Aurá Na Região Metropolitana De Belém, PA.II Encontro Amazônico De Meio Ambiente E Energias Renováveis. Set.2016.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO USO DE DRONES PARA ATUALIZAÇÃO DE CADASTRO URBANO: ESTUDO DE DOIS SETORES NA CIDADE JATAÍ/GO

Lorena Santos da Costa [(a)], Bruno Jefferson Soares de Oliveira [(b)], Luan Teodoro da Silva[(c)], Carlos Eduardo Damasceno [(d)], Marcelo Antônio Souza Santos [(e)], Alécio Perini Martins [(f)]

[(a)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, lorennafortes95@gmail.com
[(b)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, jeffbrunojeffersoms.o@gmail.com
[(c)] Estudante de Licenciatura em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, luants16@gmail.com
[(d)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, eduardo.geo@outlook.com.br
[(e)] Estudante de Licenciatura em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, marceloantoniosouza13@gmail.com
[(f)] Professor, Doutor, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, alecioperini@yahoo.com.br

Eixo: 9 - Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Dentre as aplicações das Geotecnologias, o uso de drones apresenta diversas possibilidades considerando seu custo relativamente baixo e facilidade de operação, adequando-se às atividades da prática profissional do Geógrafo, especialmente o planejamento urbano. A pesquisa tem como objetivo apresentar as potencialidades do uso de drones como geotecnologias alternativas no processo de cadastro urbano. A metodologia se divide em duas etapas, sendo uma de campo para aerolevantamento e georreferenciamento, e uma de laboratório para processamento das informações. Como área experimental foram definidos os setores Dorival de Carvalho e Filostro Machado na cidade de Jataí, no Sudoeste de Goiás. Como resultados, foram calculadas áreas diferentes daquelas indicadas no mapa urbano da Prefeitura Municipal, além da identificação de lotes desmembrados ou com mais de uma área construída, que não constavam no cadastro oficial do município. Assim, demonstra-se a importância destas ferramentas para auxiliar o poder público no monitoramento e gestão do espaço urbano.

Palavras chave: Drones; Geotecnologias; Cadastro urbano.

1. Introdução

Nas últimas décadas, sobretudo no período pós Guerra Fria, são notórios os avanços nos setores de tecnologias e informação, que tem feito com que as distâncias se tornem relativamente menores a cada dia. Incorporar essas modificações que impõem uma velocidade nunca antes imaginada passa a ser imprescindível a todos os setores da sociedade. No mesmo ritmo de outras tecnologias do setor, as Geotecnologias vêm imprimindo aos estudos geográficos uma evolução muito importante considerando os ganhos em tempo e qualidade que proporcionam às pesquisas (geo)espaciais.

> Também conhecidas como "geoprocessamento", as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia. (ROSA, 2005, p. 81).

Atualmente, grande parte das aplicações de ferramentas de geotecnologias estão ligadas ao planejamento ambiental e à gestão de espaços urbanos e rurais. No que diz respeito à gestão municipal, Rosa (2005, p.88) destaca que 80% das atividades administradas por uma prefeitura diz respeito à localização.

Para a realização do planejamento urbano é necessário uma base de dados atualizados, no qual as informações devem ser precisas e dar suporte à tomada de decisão. Por exemplo, para o cadastro imobiliário, é possível relacionar cadastros urbanos a sua localização espacial e a valores cobrados em impostos. Além disso, são tecnologias fundamentais à construção de planos diretores, transporte urbano, monitoramento de uso e ocupação do solo e áreas de risco, cadastro de lotes.

A aerofotogrametria, segundo Carvalho e Leite (2009, p. 25–30) têm por finalidade determinar a forma, dimensão e posição dos objetos contidos numa fotografia através de medidas efetuadas sobre a mesma. Estes levantamentos geram imagens de altíssima resolução, na maioria das vezes centimétrica, utilizadas para construir e/ou atualizar a base cadastral de um município. Os órgãos gestores das cidades necessitam de bases cadastrais

atualizadas e com imagens em grande escala, o que acaba sendo inviável para muitos municípios considerando os custos elevados, tanto nas imagens aéreas com maior detalhamento, como em softwares para a gestão destes dados.

É bastante comum a utilização de imagens aéreas obtidas por câmeras multiespectrais e satélites para o sensoriamento remoto. Até o final do século XX, essas imagens eram obtidas somente através de aviões tripulados ou imagens de satélite e, com o avanço tecnológico, começaram a ser utilizadas as Aeronaves Remotamente Pilotadas, sendo os mais comuns os veículos remotamente pilotados como os VANTs e os Drones. De acordo com a Agencia Nacional de Aviação Civil (2017, p. 2),

> O termo" drone" é utilizado popularmente para descrever qualquer aeronave (ou mesmo outro tipo de veículo) que possua alto grau de automatismo. No entanto, como não há uma definição formal para o termo, a regulamentação da Agência não utiliza essa nomenclatura, mas sim "aeromodelos" e "aeronaves remotamente pilotadas" (RPA). O que diferencia essas duas categorias de drones é a sua finalidade: Aeromodelo é toda aeronave não tripulada com finalidade de recreação. Aeronave Remotamente Pilotada (RPA) é uma aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota que tenha qualquer outra finalidade que não seja recreativa, tais como comercial, corporativa e experimental (ANAC, 2017, p.2).

As primeiras Aeronaves Remotamente Pilotadas surgem ainda na década de 1960, ganhando importância na década de 80 devido ao uso para fins militares. Esses dispositivos atualmente são vistos pelas pessoas como forma de divertimento, mas têm funções mais sérias sendo cada vez mais utilizado por diversos tipos de profissionais. Ao longo dos anos, os drones passaram por sucessivos avanços tecnológicos, se tornando mais robustos e com melhores câmeras acopladas e adequadas ao uso civil. Atualmente, são utilizados como equipamentos para monitoramento de segurança, entrega de produtos, auxilio em incêndios em locais com difícil acesso, entre outros.

Os drones apresentam-se como uma nova Geotecnologia, sendo utilizado para planejamento, gestão e monitoramento ambiental, planejamento urbano, georreferenciamento de imóveis rurais, entre outras finalidades. A necessidade de imagens com alta resolução é um

dos motores que impulsionam o uso de drones como geotecnologia. A carência de mapeamentos em escalas grandes no Brasil, a desatualização das bases de dados oficiais ou sua falta de detalhamento e a praticidade são alguns dos motivos que fazem com que estas tecnologias sejam cada vez mais empregadas. Apesar dos pontos positivos, estas tecnologias ainda apresentam muitas limitações, sobretudo relacionadas ao curto tempo de vôo e a cobertura de pequenas áreas, o que torna necessária a troca frequente de baterias e perda de sinal quando a aeronave se distancia do controle de solo.

Em mapeamentos urbanos, os drones têm se mostrado como uma ótima alternativa por permitirem a obtenção de fotografias aéreas em alta resolução, com ótima relação custo-benefício quando se compara o preço destas aeronaves ao de VANT´s ou serviços convencionais de aerofotogrametria. Ainda, apresentam rapidez na captura de imagens e um processamento relativamente fácil, permitindo o estabelecimento de planos de vôo em aplicativos gratuitos para smartphones. Assim, o objetivo da pesquisa é apresentar os drones como geotecnologias alternativas para atividades de cadastro urbano, considerando a facilidade de aplicação, o nível de detalhamento das imagens e seu baixo custo.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

Como área experimental, foram delimitados dois setores da cidade de Jataí, localizada no Sudoeste do Estado de Goiás (Figura 1), que estão inseridos no plano de Regularização Fundiária da Prefeitura Municipal. São setores relativamente pequenos, escolhidos por permitirem o mapeamento em alta resolução com um único vôo da aeronave.

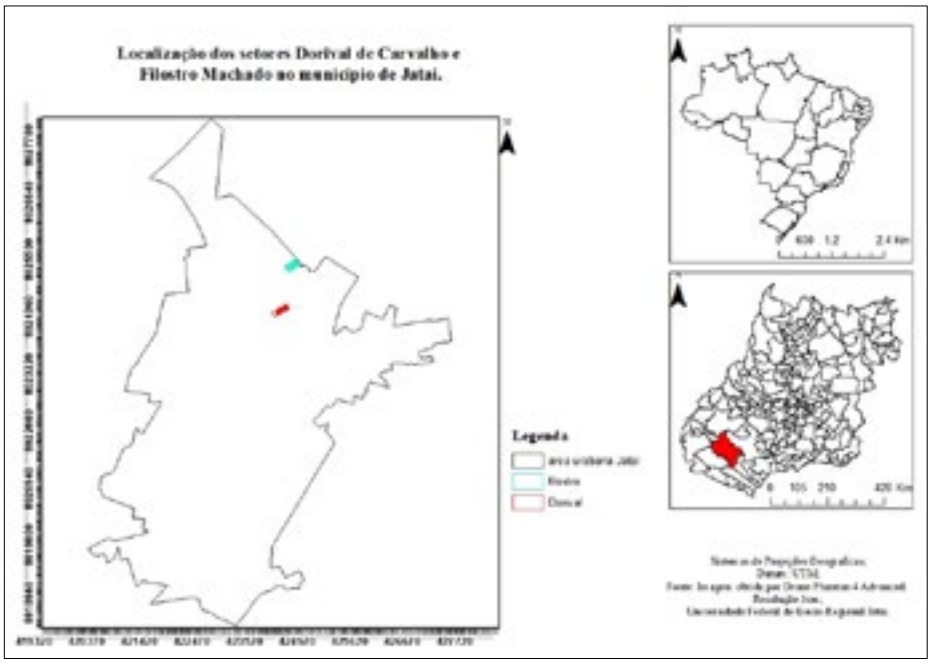


Figura 1- Localização da área de estudo

Os Setores Dorival de Carvalho e Filostro Machado localizam-se na zona norte de Jataí, em área periférica ocupada principalmente por população de classe média-baixa. O Setor Dorival de Carvalho tem uma área de 28.410m², divididos em 7 quadras e 80 lotes com área média de 355,13m² variando entre 91,56m² e 7.453m². O Setor Filostro Machado tem área de 18.270m², dividida em 5 quadras, 114 lotes de 247,98m² em média variando entre 101,2m² e 363,8m². 80% dos lotes apresentam uma área média de 250m². Ambos os setores apresentam uma área verde central representada por uma praça com quadra de esportes, bancos, espaço gramado e algumas árvores.

2.2. Procedimentos

A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo uma de campo para aquisição das imagens aéreas, e uma de laboratório para processamento das informações. Em campo, foram utilizados como equipamentos um Drone Phantom4 Advanced da DJI e aparelhos GNSS

topográfico (Trimble Geoexplorer 2008 series) e de navegação (Garmim Etrex30). Inicialmente, fez-se a marcação de quatro vértices nos extremos dos setores, seguidos pela marcação de pontos intermediários para georreferenciamento da área. Estes marcos foram feitos com tinta branca, em um espaço de 40cm², com uma marcação central em vermelho, visível nas imagens aéreas, para obtenção das coordenadas (Figura 2).

Figura 2- Processo de marcação do terreno e Obtenção das coordenadas.

Para verificar a precisão do posicionamento, foram coletadas coordenadas com GNSS de Navegação e Topográfico, sendo este último deixado sobre a marcação por um período de três minutos a 1,50m de altura do solo para rastreio de posição. Para regularização fundiária, a Lei Federal n° 13.465 de 11 de julho de 2017 dispõe que o projeto deve conter levantamento cadastral e planialtimétrico, com georreferenciamento da área. Já o Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018, define em seu artigo 29, parágrafo 3º, que o erro posicional esférico dos vértices que definem o limite das glebas deve ser menor ou igual a oito centímetros, o que exige o uso de equipamentos de alta precisão.

Os levantamentos em campo foram realizados no período entre 11:00h e 13:00h, visando o mínimo de interferência possível das sombras no terreno, em dias de tempo aberto e com baixa velocidade dos ventos, garantindo melhor qualidade às imagens e maior estabilidade ao equipamento. Para o planejamento de vôo foi utilizado o aplicativo gratuito para smartphones DroneDeploy. O aplicativo permite configurações de setup como altitude de vôo, geração de imagens 3D, direcionamento de plano, retorno automático para o ponto de decolagem, entre outros. Também avisa o tempo total de voo e a quantidade de baterias necessárias para recobrimento da área. Após a obtenção das imagens, em laboratório, construiu-se o ortomosaico da área com o software Agisoft Photoscan versão de teste, visto se tratar de um software proprietário.

As informações topográficas passaram por correção diferencial no software Pathfinder Office que acompanha o equipamento Trimble Geoexplorer. A primeira etapa do processo consiste em transferir os arquivos (pontos coletados em campo) do equipamento GNSS pelo aplicativo data transfer, em formato .ssf. A próxima etapa foi realizar a correção diferencial utilizando a base da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC – Estação GOJA), sendo necessário realizar um cadastro como primeira etapa do processo. Após confirmação do cadastro, realizou-se o download da estação de Jataí, de acordo com a data de coleta dos pontos, e posteriormente, realizou-se a correção diferencial no software Pathfinder Office. O resultado foi exportado em formato shapefile (shp).

O ortomosaico foi exportado em formato TIFF e processado no software ArcGIS 10.1®, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG – Regional Jataí. Inicialmente, a imagem foi georreferenciada com as coordenadas corrigidas do equipamento topográfico e com as coordenadas obtidas pelo GNSS de navegação sem correção diferencial a fim de comparar a precisão dos dois produtos. Posteriormente, criou-se de forma manual a delimitação de quadras e lotes dos dois setores, comparando-os com a base oficial da cidade disponibilizada pela prefeitura e aferindo o erro desta base. As áreas dos lotes foram

calculadas e comparadas às áreas do mapeamento oficial, identificando ainda os lotes que foram desmembrados.

3. Resultados e discussão.

Após o processamento das imagens, constatou-se que existem diferenças entre as áreas obtidas por aerolevantamento e as demonstradas no mapeamento oficial do município. Um exemplo disso é a quadra 1 do setor Filostro Machado, onde a área calculada foi de 3164,7m², enquanto que a área demonstrada pela prefeitura foi de 3097m² demostrando uma diferença de 67m aproximadamente. Na tabela 1 é possível comparar as áreas dos lotes obtidas por aerolevantamento e as áreas constantes no mapeamento do município, indicando a importância destas geotecnologias para mapeamentos que exigem uma maior precisão.

Tabela I - Comparação das áreas dos lotes da Quadra 1 do Setor Filostro Machado.

Lotes	Área	Área Prefeitura
1	287,6	263,5
2	246,3	250
3	253,2	250
4	248,5	250
5	248,8	250
6	251,1	250
7	265,8	250
8	253,9	250
9	244,7	250
10	251,7	250
11	255,2	250
12	357,9	333,5

O mapa da figura 3 demonstra o trabalho realizado no Setor Filostro Machado, para o qual chegou-se a um erro médio de 0,094m no processo de correção diferencial e georreferenciamento de imagem, pouco superior ao exigido na legislação para Regularização Fundiária. Isso indica que seria necessário manter o equipamento sobre os pontos de controle por mais tempo, para obter um posicionamento mais preciso, ou usar equipamentos como os geodésicos da Trimble, que apresenta erro milimétrico após correção diferencial. Se

comparado com o georrefenciamento por GNSS de navegação, sem correção diferencial, o erro médio é de 1,64m, inadequado para um levantamento desta natureza.

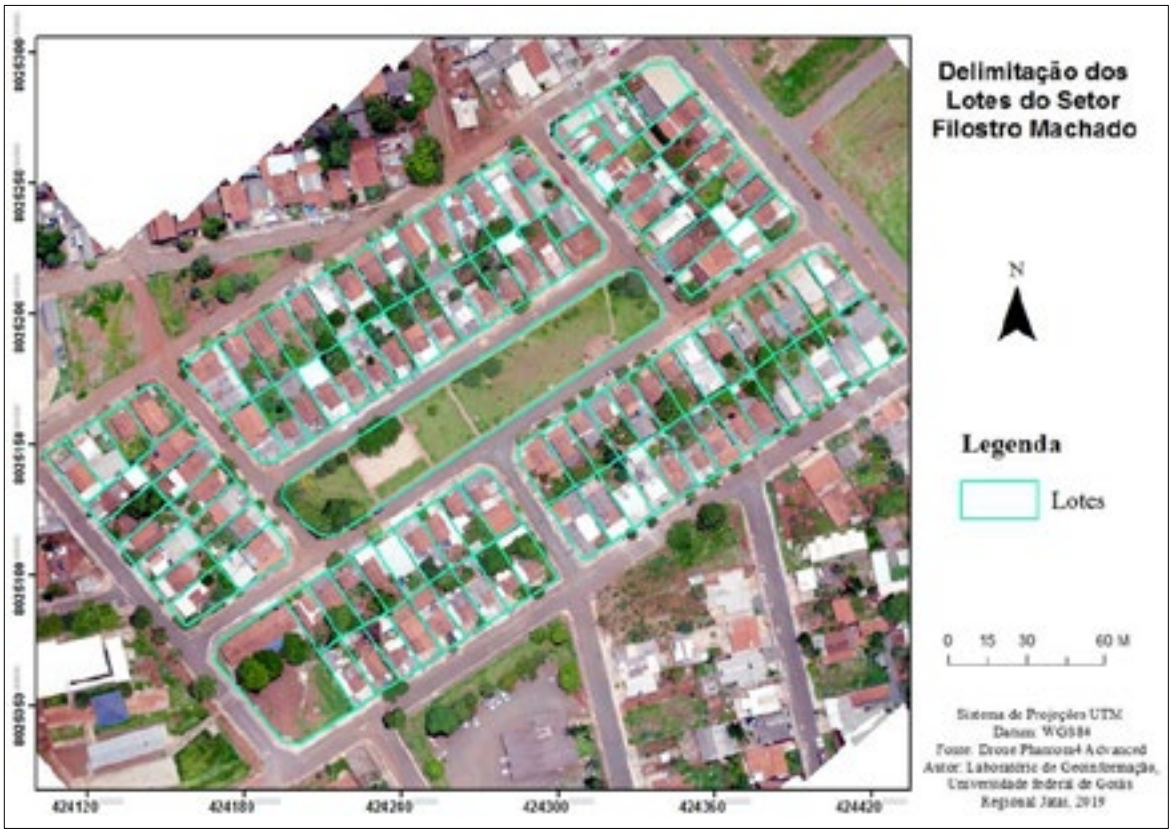


Figura 3 - Delimitação dos lotes do setor Filostro Machado

No setor Dorival de Carvalho (Figura 4) obteve-se um erro médio de 0,085m, quase no limite exigido pela legislação, com o mesmo período de 3 minutos de rastreamento, demonstrando que as condições do tempo atmosférico e horário de rastreamento também podem interferir na qualidade do georreferenciamento. Já com as coordenadas obtidas por GNSS de Navegação apresentaram erro médio de 1,24m. Quando se compara as áreas mapeadas por aerolevantamento e georreferenciadas em campo e as áreas demonstradas pelo mapeamento oficial da Prefeitura Municipal de Jataí para o mesmo setor, nota-se uma grande distorção, seja no posicionamento, seja nas dimensões de quadras e lotes (Figura 5). Outra observação importante é a presença de lotes desmembrados, com mais de uma área construída,

que no cadastro oficial consta como um único lote, tal como consta no registro do loteamento, indicando a necessidade de atualização das bases cadastrais.

Figura 4 - Delimitação dos lotes do setor Dorival de Carvalho

Através da verificação das imagens aéreas obtidas e com a base da Prefeitura Municipal de Jataí pode-se notar que os bairros Filostro Machado e Dorival de Carvalho além de apresentarem quadras com tamanhos de lotes diferentes em comparação com a base de Prefeitura, também apresentam em algumas áreas lotes não consolidados, ou seja, no Setor Dorival de Carvalho apresenta 80 lotes na imagem aérea obtida, enquanto que na base da prefeitura é composto por 78 lotes. Assim segue também o Setor Filostro Machado com 114 lotes delimitados através da imagem aérea obtida enquanto que a base da prefeitura apresenta somente 90 lotes.

Figura 5 - Comparação da diferença entre os mapeamentos obtidos por aerolevantamento (em azul) e as áreas demonstradas pela Prefeitura Municipal (em vermelho).

4. Considerações finais.

A partir da pesquisa desenvolvida, fica clara a importância e a potencialidade do uso de drones como ferramenta para o planejamento urbano, sobretudo para atualização do cadastro e regularização de áreas consolidadas. Considera-se que os objetivos da pesquisa foram alcançados, visto a maior precisão no cálculo de áreas e no posicionamento das estruturas urbanas do setor, proporcionados pela altíssima resolução das imagens.

Entre os pontos negativos, destacam-se a duração das baterias das aeronaves, que em média é de 25 minutos, conferindo baixa autonomia de trabalho e restrição nas dimensões das áreas estudadas, além da necessidade de aquisição de suprimentos extra e as sucessivas restrições para uso destes equipamentos em áreas urbanas, sobretudo em proximidades de aeroportos e prédios, indicando que o Brasil precisa avançar bastante no sentido de regulamentar e controlar o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas em atividades de monitoramento, planejamento e gestão territorial.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de Auxílio Financeiro ao projeto "ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE DRONES PARA LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS: Aplicações em planejamento urbano, regularização fundiária e monitoramento agrícola e ambiental" aprovado no edital universal 2018; a Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, principalmente à UAE de Estudos Geográficos, e à Prefeitura Municipal de Jataí pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

6. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL - ANAC. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94**. Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor: Norma cria condições para operações mais seguras**. Brasília, 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 9.310, de 15 de março de 2018**. Institui as normas gerais e os procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana e estabelece os procedimentos para a avaliação e a alienação dos imóveis da União. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/legislacao/ListaTextoSigen.action?norma=26374512&id=26374519&idBinario=26374523&mime=application/rtf>. Acesso em: 29 jan. 2019.

BRASIL. **Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017**. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13465.htm>. Acesso em: 29 jan. 2019.

CARVALHO, G.A.; LEITE, D. V. B. **Geoprocessamento na gestão urbana municipal – a experiência dos municípios mineiros Sabará e Nova Lima**. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. Natal, Brasil, 25 a 30 abril 2009. Anais. INPE, 2009. P. 3643-3650. Disponível em: <(http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@/2008/11.14.21.52/doc/3643-3650.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2018.

ROSA, R. **Geotecnologias na Geografia aplicada**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 16, p. 81-90, 30 abr. 2011. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>. Acesso em: 12 out. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE GEOECOLÓGICA DAS ENCHENTES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS DA ÁREA GÊNESE DE PETRÓPOLIS-RJ

Fernando de Souza Antunes [(a)], Manoel do Couto Fernandes [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, fernando.antunes@ufrj.br

[(b)] Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, manoel.fernandes@ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O aumento da população urbana intensificou o processo de urbanização das cidades no Brasil, levando a uma alteração sem precedentes na paisagem. Na área gênese do município de Petrópolis (RJ) a intensificação da urbanização levou a importantes intervenções nos rios, acarretando em um grande número de enchentes, entre outros problemas. Este trabalho visa uma análise geográfica das enchentes na área gênese de Petrópolis, à luz da geoecologia, operacionalizada pelo uso da cartografia. A partir de dados extraídos de documentos cartográficos (mapa histórico e base cartográfica) foram feitas uma série de análises espaciais a fim de quantificar formas urbanas que evidenciem a intensidade da urbanização em cada bacia hidrográfica, mostrando quais as bacias mais alteradas e correlacionando estes resultados com a ocorrência de enchentes. A análise mostra que a bacia do rio Quitandinha apresenta maior alteração na paisagem, sendo justamente a que apresenta maior quantidade de enchentes, confirmando a hipótese inicial.

Palavras chave: Análise geográfica, geoecologia, cartografia, geoprocessamento, enchentes.

1. Introdução

As áreas urbanas ganharam, a partir da primeira Revolução Industrial, grande importância na hierarquia espacial, sendo, então, destino de milhares de pessoas em busca de

melhores condições de vida e trabalho. No decorrer da história, este processo aumentou ao ponto de termos hoje, no Brasil, 84,4% da população brasileira vivendo em cidades (IBGE, 2010).

Nesse sentido, o processo de urbanização se intensificou, seguindo o aumento da população, alterando de sobremaneira as paisagens urbanas brasileiras. E os rios foram um dos elementos físicos da paisagem que mais intensamente foram alterados para atender às demandas territoriais cada vez maiores. Nessas áreas, as alterações nos rios, e na paisagem urbana como um todo, modificaram a dinâmica do ciclo hidrológico, visto que a contínua impermeabilização do solo trazida pela pavimentação e edificações acarretou em uma série de problemas ambientais, levando Botelho (2011) a confirmar o exposto e acrescentar que, substituir a cobertura vegetal por construções antrópicas acarreta na drástica redução da infiltração da água da chuva, aumentando, portanto, o escoamento superficial, que atinge mais rapidamente o expulsório das bacias e de maneira mais concentrada, aumentando a magnitude e frequência de enchentes, problema ambiental recorrente nas cidades brasileiras. Botelho (2011) afirma ainda que as bacias hidrográficas urbanas são marcadas pelo tempo de concentração de suas águas e pelo aumento dos picos de cheias quando se compara com as condições anteriores à urbanização daquela mesma área, havendo um aumento de picos de cheias de até seis vezes.

As intervenções nos canais fluviais há muito vêm interferindo no fluxo natural dos rios. Sergipe (2009) chama de intervenção "*toda e qualquer atividade, obra e empreendimento que altere as condições de escoamento das águas, criando obstáculo, produzindo modificações ou perturbando o fluxo dessas águas*". Diversos tipos de intervenções aconteceram nos canais fluviais do país, sendo Petrópolis, na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, mais um município que se valeu destas intervenções ao longo de sua história. Sendo seu espaço urbano bem peculiar, Petrópolis é cortada por diversos rios, que serviram como eixos para o planejamento e instalação do município no século XIX. Assim, a cidade se alongou por suas planícies de inundação encaixadas nos fundos de vale, apresentando um padrão tentacular, no

ISBN: 978-85-7282-778-2

que diz respeito à configuração espacial urbana (SILVA, 2000; AMBROZIO, 2008; ANTUNES, 2017).

Essa característica do espaço urbano petropolitano já trazia riscos de enchentes, visto que, já em sua fundação, a ocupação populacional se dava nas planícies de inundação dos canais, mas foi ao longo do tempo, com o adensamento populacional e a intensificação da urbanização, que as intervenções se deram de maneira mais contundente, gerando graves problemas de enchentes. Magalhães (1966) afirma que as indústrias em Petrópolis atendiam a um padrão de instalação no espaço urbano de Petrópolis: ao lado dos canais; sobretudo as indústrias têxteis, que utilizavam a água abundante tanto na produção fabril, quanto na geração de energia elétrica para o funcionamento da fábrica. Dessa maneira, grandes intervenções foram feitas nos canais fluviais do espaço urbano de Petrópolis por um grande número de indústrias.

Acredita-se que as enchentes recorrentes na área gênese de Petrópolis estão relacionadas com as intervenções nos canais fluviais, decorrentes da forte expansão urbana trazida a reboque pela forte industrialização, até meados do século XX, e sua decorrente expansão demográfica.

A partir do exposto, apresenta-se como objetivo deste trabalho uma análise geográfica das enchentes no espaço urbano de Petrópolis (distrito sede, chamado também de Petrópolis) à luz da perspectiva da geoecologia, utilizando a cartografia e geoprocessamento como instrumentos na operacionalização das análises.

2. Abordagem teórico-metodológica

A fim de dar solidez ao presente trabalho, procurou-se fundamentá-lo em um arcabouço teórico-metodológico consagrado, contemplando também a operacionalização do mesmo. Para tanto, decidiu-se atrelar o estudo dos problemas das enchentes nas bacias hidrográficas urbanas de Petrópolis ao conceito de geoecologia, ligado ao fato deste conceito vir sendo utilizado como fundamentação teórico-metodológica para estudos de análise da dinâmica da paisagem.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2.1 A geoecologia e sua operacionalização

A geoecologia, também conhecida como ecologia da paisagem, pode ser entendida como uma interface entre os estudos da Geografia e da Ecologia, sendo, portanto, trabalhado de forma abrangente tanto por Geógrafos, quanto por Biólogos. Tendo início nos estudos de Troll em 1939, houveram diversos outros autores que escreveram sobre o assunto, tais como Klink (1974) e Forman & Godron (1986).

A partir das leituras de Coura (2012) e Forman & Godron (1986), decidiu-se utilizar o conceito de geoecologia como uma ciência que investiga métodos, procedimentos e técnicas de investigação, a fim de obter um conhecimento sobre o meio natural em sua estrutura, função e dinâmica, permitindo estabelecer um diagnóstico operacional da paisagem através dos subsistemas que a compõem. Forman & Godron (1986) citam três principais características: a estrutura, que pode ser definida como as relações espaciais entre os ecossistemas presentes em determinada paisagem, bem como os elementos internos de cada um destes ecossistemas, estando ligadas com a distribuição de energia, a configuração e a composição espaciais dos elementos; a função, entendida como ações interativas de fluxos de energia, materiais e espécies dos ecossistemas componentes da paisagem; a mudança ou dinâmica na estrutura e nas funções dos ecossistemas componentes da paisagem, em um intervalo temporal bem definido.

A partir do entendimento da geoecologia, em toda a sua complexidade de análises de suas variáveis, Menezes (2000); Bonham-Carter (1996); Burrough & Mcdonnell (1998); Fernandes (2009), dentre outros, trazem a discussão do uso de geotecnologias como um importante aliado na integração de diferentes inter-relações entre os diferentes elementos componentes da paisagem. Lang & Blaschke (2009) ressaltam que os métodos de processamento de informações geográficas são adequados para apoiar as mais diferentes tarefas de planejamento, no que se refere à detecção da situação real e de uma flexível combinação de diferentes camadas de dados. Além disso, os autores mencionam que essa tecnologia trabalha em diferentes escalas e, em razão disso, consideram particularidades do espaço natural, não

obstante, como relações paisagísticas amplas. A harmonização e integração desses conjuntos de dados é um dos desafios atuais também no planejamento da paisagem.

Juntamente com as geotecnologias, a cartografia histórica vem sendo utilizada como um importante instrumento de aquisição de dados pretéritos, mostrando ao analista as formas espaciais do passado, bem como dando uma ideia dos processos que acarretavam em tais formas. Menezes (2009) afirma então que a cartografia histórica é considerada um importante instrumento de suporte à análise geográfica, onde é possível, dentre outras aplicações, analisar a dinâmica da paisagem (geoecologia), como as intervenções feitas nos canais fluviais pela intensificação da urbanização. Essas análises geográficas a partir de mapas históricos são possíveis graças à utilização de Sistema de Informações Geográficas (SIG), que permite a transformação de arquivos originais (mapas analógicos) em arquivos digitais (arquivos vetoriais).

Fernandes (2009) afirma que, em se tratando de geoecologia, as geotecnologias se tornaram ainda mais importantes, já que facilitam de sobremaneira a operacionalidade das análises complexas inerentes a esse tipo de avaliação integrativa.

A figura 1 mostra um recorte da Planta de Petrópolis, também conhecida como Planta Koeler, finalizada em 1946, em que é possível visualizar uma das ilhas fluviais que foram mantidas no início da construção de Petrópolis, no rio Quitandinha, à época no quarteirão Rhenania Central. No decorrer do tempo, as ilhas fluviais, sobretudo a mostrada na figura 1, foram retiradas, como pode ser visto no recorte da imagem WorldView-2, de 2015, na figura 2.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 1 – Exemplo de ilha fluvial do rio Quitandinha.

A retirada de ilhas fluviais é uma intervenção forte na paisagem, podendo alterar completamente a dinâmica do canal. Neves (2017) apontou os locais das enchentes mais comuns no primeiro distrito de Petrópolis (figura 3), e a maior e a maior frequência desses eventos é justamente onde existia a ilha fluvial mostradas na figura 1.

A partir da análise do mapa histórico (Planta Koeler), foi possível identificar na paisagem natural pretérita que haviam formas espaciais que já não fazem mais parte da paisagem atual, construída. Não só as ilhas fluviais desapareceram da área gênese de Petrópolis, como os rios dessa área foram intensamente alterados. Dessa maneira, a análise da dinâmica da paisagem se fez a partir dos dados de localização das enchentes, mostradas na figura 3, e os dados referentes às formas urbanas que evidenciam o intenso processo de urbanização na área gênese de Petrópolis (área da Planta Koeler).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 2 – Recorte do rio Quitandinha sem ilha fluvial (2015).

Um dos mais fortes sinais da urbanização intensa nas cidades brasileiras é a ocupação de encostas e no caso de Petrópolis, historicamente, essa ocupação se deu como maior intensidade nas décadas de 1960 e 1970 (AMBROZIO, 2008; ANTUNES, 2017). Além das encostas, a necessidade de atendimento às demandas por moradia de uma crescente população urbana que vinha atrás de trabalho nas fábricas de Petrópolis fez alterar de sobremaneira o padrão de urbanização e configuração urbana estipulado pelo código de obras, fazendo surgir inúmeras servidões e escadarias na área gênese. Estas servidões e escadarias eram abertas para acessar as subdivisões de fundos de lotes, que fora proibida pelo antigo código de obras (RABAÇO, 1985).

ISBN: 978-85-7282-778-2

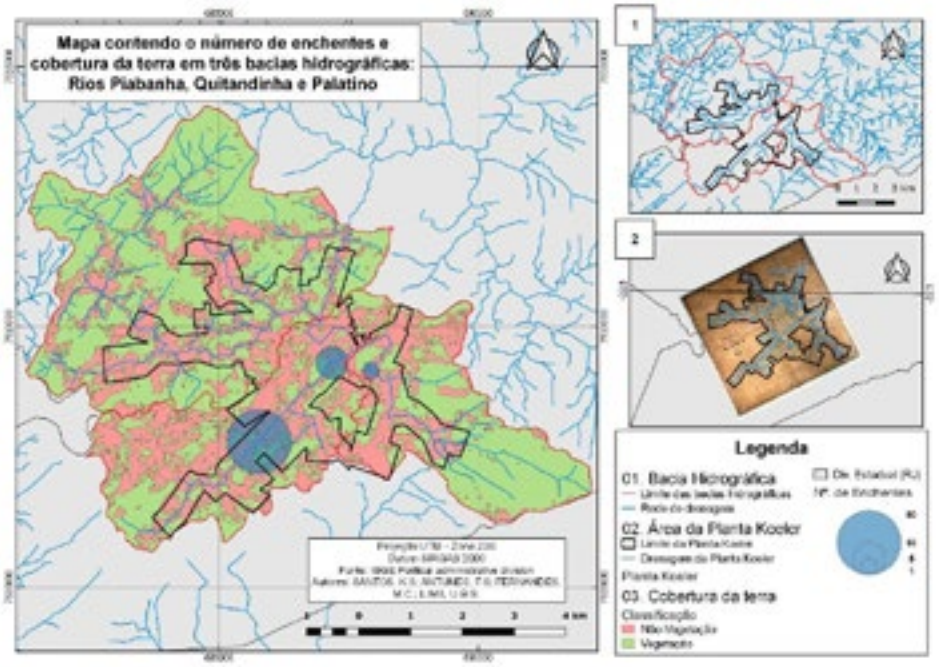


Figura 3 – dados acerca da área de estudo e acerca da operacionalização do trabalho.

Para cada bacia hidrográfica urbana (Piabanha, Quitandinha e Palatino), foram calculadas a quantidade de servidões e escadarias, bem como as áreas das classes de cobertura da terra (vegetação e não-vegetação), que foi feito a partir da imagem WorldView-2, de 2015, visando entender o quanto a paisagem natural foi alterada para paisagem construída. Pelo passado industrial de Petrópolis e a importância que essas indústrias tiveram na urbanização e, portanto, na alteração do espaço urbano da área gênese de Petrópolis, foi calculado o número de indústrias contidas em cada bacia hidrográfica urbana.

3. Resultados

As características evidenciadas com os resultados dos cálculos realizados são um importante indício de causa e efeito relativos aos problemas ambientais de enchentes em Petrópolis, na área gênese.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com a ajuda de um SIG, foi feita uma consulta espacial a fim de quantificar o número de escadarias e servidões em cada bacia hidrográfica. Essas formas urbanas foram extraídas da base cartográfica da prefeitura de Petrópolis, de 1999, na escala 1:2.000 (escala de mapeamento cadastral, própria para análises do espaço urbano). O resultado apresentado na tabela 1 mostra que as bacias Piabanha e Quitandinha têm, respectivamente, as maiores quantidades dessas formas urbanas.

Tabela 1 – Número de escadarias e servidões em cada bacia hidrográfica urbana.

Bacia hidrográfica	Nº Escadas	Nº Servidões	Total
Piabanha	709	1058	1767
Quitandinha	724	999	1723
Palatino	322	472	794

Com o intuito de tornar a análise mais robusta, foi feita uma nova consulta espacial para determinar a quantidade de indústrias em cada bacia hidrográfica urbana de Petrópolis (tabela 2). Essa análise foi feita baseada no que foi trazido por Ambrozio (2008), Silva (2000) e Antunes (2017), onde ficou evidenciado, após análises de documentos históricos; bibliografia do final do século XIX e início e metade do século XX; e mapas históricos, que as indústrias tiveram grande influência na mudança da configuração espacial do espaço urbano de Petrópolis, inclusive facilitando o aparecimento das escadarias e servidões, fato ligado ao adensamento populacional no entorno, sobretudo, das grandes fábricas da área gênese (ANTUNES, 2017). A localização das indústrias foi adquirida através do mapeamento realizado por Magalhães (1966), antes do processo de desconcentração industrial.

Tabela 2 – Número de indústrias em cada bacia hidrográfica urbana.

Bacia hidrográfica	Nº Indústrias
Piabanha	39
Quitandinha	38
Palatino	29

ISBN: 978-85-7282-778-2

Após análise da tabela 2, fica evidenciado mais uma vez que as bacias hidrográficas Piabanha e Quitandinha, respectivamente, tiveram as maiores quantidades de indústrias, fato que vai ao encontro dos resultados da tabela 1.

A tabela 3 traz mais um conjunto de dados que corrobora a hipótese deste trabalho, que mostra a bacia hidrográfica do rio Quitandinha como o maior nível de alteração (56,78%). Nestes dados, a bacia hidrográfica do rio Piabanha, que sempre apresentou as maiores influências antrópicas, figura-se como a menos alterada, mas por uma pequena diferença (2,89%) para a bacia hidrográfica do rio Palatino, que se figura com o segundo maior nível de alteração (34,51%).

Tabela 3 – Nível de mudança de cada bacia hidrográfica urbana.

Bacia hidrográfica	Vegetação (km²)	Não Vegetação (km²)	Total (km²)	Nível de alteração
Quitandinha	5,72	7,52	13,24	56,78%
Palatino	6,60	3,48	10,08	34,51%
Piabanha	16,77	7,76	24,53	31,62%

4. Conclusão

A partir de uma análise geográfica realizada neste trabalho, permitiu trazer conclusões acerca dos problemas de enchentes na área gênese de Petrópolis.

Para a operacionalização do trabalho, ficou evidente que a cartografia, aliada às geotecnologias, foi fundamental para entender a dinâmica da paisagem. Nesse sentido, a cartografia histórica se apresentou, como reforçado por Menezes (2009), como uma importante fonte de dados espaciais pretéritos, que dá ao analista um ponto de partida para analisar a dinâmica da paisagem, facilitando, portanto, a delimitação do recorte temporal e espacial da análise. Ao mesmo tempo, as geotecnologias, como exposto anteriormente se faz determinante nas análises geoecológicas ao possibilitar que sejam analisados, em um só ambiente operacional (SIG) dados espaciais de diversas naturezas, escalas e tempos. A possibilidade de consulta espacial de formas urbanas que evidenciam maior intensidade do processo de urbanização para

cada bacia hidrográfica urbana joga luz nas localizações de intervenções nos canais fluviais que levam ao problema de enchentes na área de estudo.

A mudança no espaço urbano da área gênese acarretou, ao longo do tempo, na alteração da função de alguns elementos físicos da paisagem, como o canal, a planície de inundação, as encostas e o próprio solo, e, a partir da ocupação e, sobretudo, o adensamento territorial urbano na área gênese, que se fez ao longo dos principais rios da cidade, foi alterada a função destes elementos físicos da paisagem e a sua estrutura geral. O sistema, que antes funcionava segundo suas especificações, sofreu intervenções importantes (como a retificação de canais e a retirada de ilhas fluviais) e vem extrapolando energia e matéria (enchentes).

A discussão trazida neste trabalho se mostrou pertinente para análises geográficas que levem em consideração variadas fontes de dados e abordagens teórico-metodológicas. A utilização da cartografia histórica, aliada às geotecnologias, e à geografia física traz uma nova visão para análises geográficas, sobretudo à luz da geoecologia.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de doutorado e taxa de bancada.

Referências bibliográficas

AMBROZIO, J. C. G.**O Presente e o Passado no Processo Urbano da Cidade de Petrópolis (Uma História Territorial)**. 2008. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo. 2008.

ANTUNES, F. S. **Geotecnologias e cartografia histórica no auxílio à análise da organização espacial da área gênese de Petrópolis - RJ**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro 2017.

BONHAM-CARTER, G. F. (1996). **Geographic Information Systems for Geoscientists - Modelling with GIS**. Kindlington: Pergamon Press, 2º ed., 400 p.

BOTELHO, R. G. M. Bacias hidrográficas urbanas. (2011). In: GUERRA, A. J. T. (Org) **Geomorfologia urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p 71-110.

BURROUGH, P.A. & MCDONNELL, R.A. (1998). **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press, New York, 2º ed., 333 pp.

COURA, P. H. F. **Avaliação das áreas de preservação permanente em superfície real na área de proteção ambiental de Petrópolis, RJ**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro 2012.

FERNANDES, M.C. (2009). Discussões conceituais e metodológicas do uso de geoprocessamento em análises geoecológicas In: BICALHO, A. M. S. M.; GOMES, P. C. C. (Org). **Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica**. Rio de Janeiro: Publit, p. 280-299.

FORMAN, R.T.T. & GODRON, M. (1986). **Overall structure. In: Landscape Ecology**. New York: wiley, cap. 6, pp. 191 - 221.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em:http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf

KLINK, H. (1974). **Geoecology and natural regionalization - bases for environmental research**. In: Applied Sciences and Development. Institute for Scientifc Co-operation. vol. 4, pp. 48 - 73.

LANG, S.; BLASCHKE, T. (2009) **Análise da paisagem com SIG**. Tradução: KUX, H.J.H. São Paulo: Oficina de Textos. 424 p.

MAGALHÃES, C. **A Função Industrial de Petrópolis**. Revista Brasileira de Geografia, IBGE, ano XXIII, Janeiro-março, n. 1, pp.19-55, jan-mar1966. <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1966_v28_n1.pdf>. Acesso em: 10 jan 2019

MENEZES, P. M. L. (2009). Cartografia histórica: um instrumento de análise geográfica. In: BICALHO, A. M. S. M.; GOMES, P. C. C. (Org). **Questões metodológicas e novas temáticas na pesquisa geográfica**. Rio de Janeiro: Publit, p. 249-265.

MENEZES, P.M.L. (2000). **A interface Cartografia-Geoecologia nos estudos diagnósticos e prognósticos da paisagem: um modelo de avaliação de procedimentos analítico-integrativos**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Depto. de Geografia, IGEO/UFRJ, 208 f

NEVES, L. V. **Estudos geoecológico de deslizamentos e inundações em Petrópolis (RJ): reflexões sobre o paradoxo do Primeiro Distrito**. Dissertação de Mestrado em Geografia, Departamento de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro 2017.

RABAÇO, H.J. **História de Petrópolis. Petrópolis**. Instituto Histórico de Petrópolis / Universidade Católica de Petrópolis, 1985.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. **Glossário: termos empregados em gestão de recursos hídricos pela SEPLANTEC/SRH/Sergipe**. Disponível em: <http://www.seplantec-srh.se.gov.br>. Acesso em: 23 jan. 2019.

SILVA, A. G. **Petrópolis: idealismo e inovações na gênese de uma cidade no Brasil-Império**. Dissertação de Mestrado, 142f. Rio de Janeiro: IPPUR-UFRJ. 2000

TROLL, C. (1939). **Luftboldplan und ökologischebodenforschung**. Zeistscrift der Gesellschaftfúr Edkundezer Berlin, p.p. 241-298.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA PRELIMINAR DOS MAPAS DERIVADOS DO MODELO DIGITAL DE TERRENO (MDT) DO CARIRI CEARENSE LESTE, SETOR 3

Thiago Gabriel Souza do Nascimento [(a)], Tharlles Walef Alencar Silva [(b)], Simone Cardoso Ribeiro [(c)], Juliana Maria Oliveira Silva [(d)]

[(a)] Departamento de Geociências, Universidade Regional do Cariri, Email: thiago_pkc@hotmail.com
[(b)]Departamento de Geociências, Universidade Regional do Cariri, Email: tharlleswalefer17@gmail.com
[(c)] Departamento de Geociências, Universidade Regional do Cariri, Email: simone.ribeiro@urca.br
[(d)] Departamento de Geociências, Universidade Regional do Cariri, Email: juliana.oliveira@urca.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Cada vez mais utilizado na geomorfologia, o Modelo Digital do Terreno (MDT), proporciona uma visão tridimensional de uma área auxiliando na pesquisa. O trabalho faz parte de um projeto maior que tem como finalidade realizar o mapeamento geomorfológico do Cariri Cearense (Leste) no qual foi divido em três setores devido sua extensão. Nessa perspectiva, o presente estudo tem como objeto realizar uma análise de mapas de hipsometria, declividade e orientação de vertentes gerados a partir do MDT que corresponde ao setor 3 da pesquisa - municípios de Jardim, Brejo Santo, Mauriti, Penaforte, Jatí e Porteiras, no sul cearense. A metodologia utilizada foi apoiada no MDT, utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no software ArcGis, e pesquisa bibliográfica como aprofundamento teórico.

Palavras chave: MDT, Mapeamento, Geomorfologia, Cariri cearense

1. INTRODUÇÃO

A incorporação do processamento digital de imagens se torna muito recorrente nos estudos geomorfológicos para a caracterização das formas de relevo e do ambiente, fornecendo novos meios de investigação para executar pesquisas de cunho científico na geomorfologia.

A representação cartográfica na geomorfologia busca espacializar seu objeto de estudo, as formas de relevo, e assim melhor visualiza-las buscando entender seus processos e dinâmica envolvidos. Atualmente, a espacialização desse objeto se dá, principalmente, através de técnicas usadas para interpretação das formas do relevo trazidas a tona pelas novas tecnologias aliadas ao geoprocessamento.

Essas variadas geotecnologias, contem diversas ferramentas de análise no monitoramento e identificação de áreas. O uso dessas tecnologias remete muita atenção dos usuários nos procedimentos que permitem o desenvolvimento de pesquisas referentes o estudo na região geográfica escolhida.

O modelo digital de elevação do terreno se torna cada vez mais eficaz nos estudos do relevo e no mapeamento geomorfológico por apresentar uma visão tridimensional da área estudada. Um modelo digital do terreno, segundo Camara e Medeiros (2006, apud DIAS, 2016, p. 153), "é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Este modelo pode ser gerado a partir de curvas de nível e pontos altimétricos."

O presente trabalho busca realizar uma análise dos mapas gerados a partir do modelo digital de terreno como declividade, hipsometria e orientação de vertentes frisando seu potencial para a elaboração de produtos cartográficos que podem subsidiar a construção do conhecimento geomorfológico. O recorte definido como área de estudo, fica localizado na porção sul do Ceará, abrangendo seis municípios no leste do Cariri: Jardim, Porteiras, Brejo Santo, Mauriti, Jati e Penaforte que totalizam uma área de aproximadamente 2.985,934 km² (IBGE, 2017).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico sobre trabalhos que abordam o uso do Modelo Digital de Terreno para melhor entender sua utilidade na geomorfologia e melhor analisa-lo dentro do contexto. Além disso, foi também realizado levantamento cartográfico para auxílio dessa produção.

Tendo como sequencia, foi produzido o Modelo Digital do Terreno da área, para isso se fez necessário a aquisição, processamento e utilização de imagens SRTM para a elaboração do MDT. O processemento foi realizado através do software ArcGIS 10.3.

As imagens de radar do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) foram adquiridas no site do TOPODATA (INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais) que disponibiliza imagens com resolução espacial de 30x30 metros, no qual foram escolhidos dois

ISBN: 978-85-7282-778-2

quadrantes que correspondem à área de interesse. A partir dessas imagens foi gerado o mosaico que engloba toda área de estudo.

A partir do Modelo Digital de Terreno foram gerados mapas para melhor compreender a geomorfologia do local. Os mapas correspondem ao de declividade, hipsometria e orientação de vertentes. O desenvolvimento desses mapas foi realizado, também, no software ArcGis 10.3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado gerado consiste nos produtos derivados do Modelo Digital do Terreno (Figura 1) que servirão como documento cartográfico da área de estudo. A interpretação visual do MDT envolve uma identificação e comparação de vários padrões das imagens como cor, forma, textura e tonalidade que podem ser observados nos mapas de declividade, hipsometria e orientação de vertentes que permitem fazer uma descrição minuciosa da área de estudo.

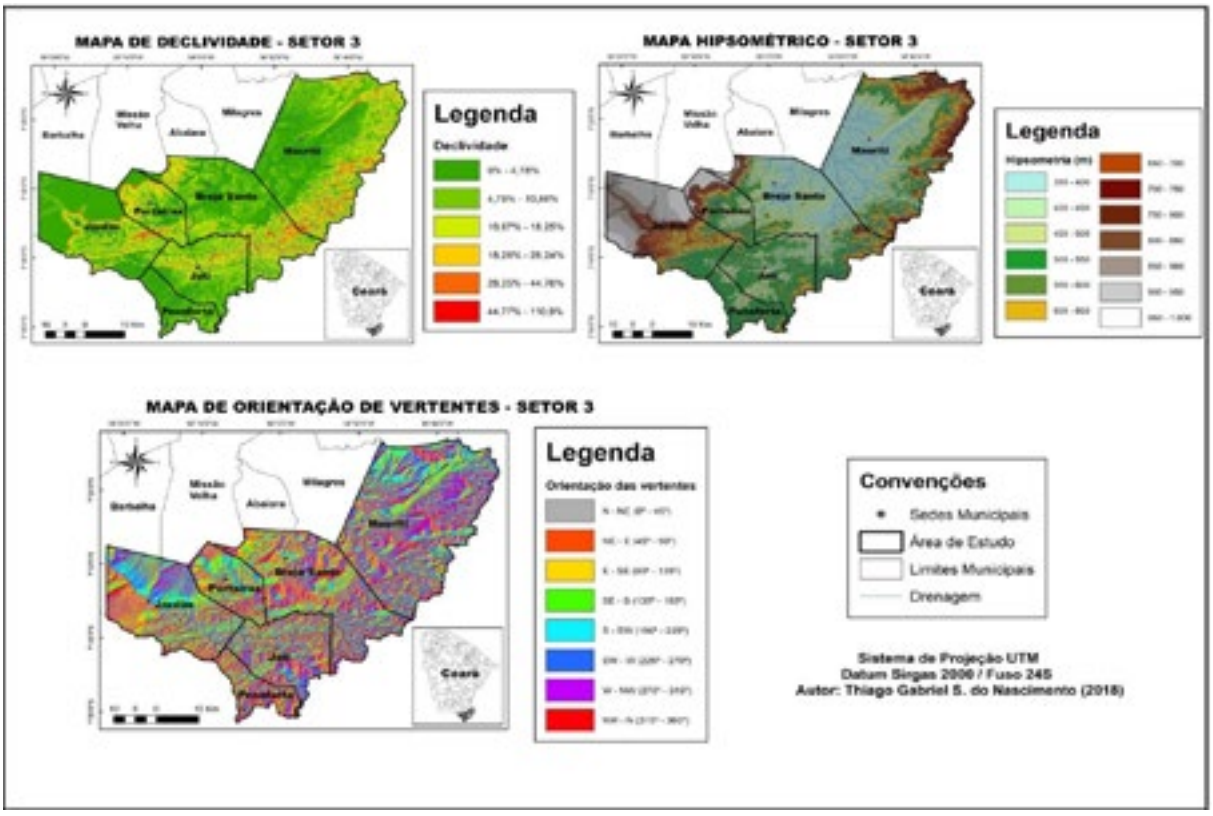


Figura 1 – Mapas de Declividade, Hipsometria e Orientação de Vertentes

ISBN: 978-85-7282-778-2

Através do mapa hipsométrico foi possível verificar a altimetria da área, no qual foram totalizadas 13 classes altimétricas com intervalos de 50 metros. O território apresentou uma elevação que oscila entre 350 a 1000 metros. Com relevo caracterizado predominantemente por baixas e médias altitudes, destaca-se aqui o município de Jardim com maior índice de elevação chegando a alcançar 1000 metros por abranger área da Chapada do Araripe, que engloba ainda partes dos municípios de Porteiras e Brejo Santo. Vale ressaltar que a maioria da área de estudo tem altitudes variando de 350 a 600 metros por estarem situado em ares de depressão periférica à Chapada.

Observando o mapa de declividade concebido conforme classes propostas pela Embrapa (1979), percebe-se que este setor apresenta maior área plana (0% - 4,78%) em seu território, apresentando também relevo do tipo suave ondulado (4,78% - 10,86%) englobando áreas como Mauriti, Brejo Santo e o topo da Chapada do Araripe em Jardim e Porteiras.

Em oposição a essas áreas mais planas, encontra-se com predominância de áreas escarpadas com intervalo de declividade de 44,77% - 110,8%, principalmente nas áreas da encosta da chapada do Araripe presente nos municípios de Jardim, Porteiras e Brejo Santo, e em serras cristalinas a leste de Brejo Santo e Mauriti. A declividade acima de 28,25% apresenta áreas com relevo fortemente ondulado que ocupa uma pequena porcentagem no mapa, em áreas cristalinas acima referidas.

O mapa de orientação de vertentes apresenta informações importantes para a geomorfologia da área de estudo. No processo, foram estabelecidas oito classes de orientação com intervalo de 45º em cada uma. No mapa podemos observar que a orientação varia muito de acordo com a localidade. Em Mauriti, por exemplo, percebe-se leve predominância das vertentes para oeste. No município de Jardim, suas vertentes encontram-se quase a sotavento e, além disso, as mesmas possuem elevadas declividades. Assim, ao longo do dia e no decorrer do ano, as vertentes voltadas para norte, nordeste e noroeste são áreas com maior umidade natural, posto que estão voltadas para barlavento. Já as áreas orientadas para o sul e sudeste retêm ao longo do dia e do ano uma quantidade menor de umidade no solo e nos materiais superficiais inconsolidados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho produziu mapas temáticos derivados do MDT, os quais demonstraram ser bastante úteis para a caracterização geomórfica preliminar da área de estudo, proporcionando informações gerais e com nível de detalhamento compatíveis para tal, reforçando assim sua potencialidade no emprego da análise digital do relevo.

AGRADECIMENTO: à Funcap, pelo financiamento da pesquisa "Mapeamento Geomorfológico do Cariri Cearense como Subsídio para Estudos de Geodiversidade" no Edital BPI2018, no qual sou bolsista de IC.

Referências Bibliográficas

DIAS, Erika Rodrigues. Geração de Modelo Digital de Elevação utilizando dados do SRTM como subsídio ao planejamento e gestão territorial do município de Lucena (PB)/Generation of Digital Elevation Model using SRTM data as grant to territorial planning and management (...). **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 151-159, 2016.

IBGE - Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/panorama> Acesso em: 30 Novembro de 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DAS CAPTURAS DE DRENAGEM REFERENTES BACIAS DOS RIOS CAMARAGIBE E ARIPIBU – PE

Wemerson Flávio da Silva [(a)], George Pereira Oliveira [(b)], Carla Suelânia da Silva [(c)], Leandro Diomério João dos Santos [(d)], Bruno de A. C. Tavares [(e)] e Osvaldo Girão [(f)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Geografia / Universidade Federal de Pernambuco, wemerson.fsilva@gmail.com

[(b)] Programa de Pós-Graduação em Geografia / Universidade Federal de Pernambuco, georgegeotec15@gmail.com

[(c)] Programa de Pós-Graduação em Geografia / Universidade Federal de Pernambuco, csuelania.geografia@gmail.com

[(d)] Programa de Pós-Graduação em Geografia / Universidade Federal de Pernambuco, leandrodiomerio@hotmail.com

[(e)] Professor Adjunto do Departamento de Arqueologia / Universidade Federal de Pernambuco, brunoactavares@gmail.com

[(f)] Professor Associado do Departamento de Ciências Geográficas / Universidade Federal de Pernambuco, osgirao@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada a estudos ambientais

Resumo

As captutas fluviais trazem à análise geomorfológica uma compreensão da relação da mutabilidade dos divisores de drenagem entre as bacias hidrográficas. O presente trabalho tem como objetivo um estudo preliminar das bacias do rio Aripibú e Camaragibe, pertencentes a bacia hidrográfica do Sirinhaém, onde a utilização de ferramentas morfométricas permitiu observar uma maior susceptibilidade da bacia do rio Camaragibe a ter suas drenagens capturadas pela bacia do rio Aripibú (oeste) e bacia do rio Ipojuca (norte). Os mapas de distribuição espacial e densidade de fotolineamentos, curvas hipsométricas e perfil longitudinal corroboram com a análise e indicam que a bacia do rio Camaragibe sofreu um possível basculamento regional devido a reativação de estruturas do embasamento, o que teria resultado em soerguimento diferencial. Os valores de χ e as anomalias de rearranjo da drenagem

apontam que a bacia do rio Camaragibe está exposta ao avanço da dissecação sofrendo pirataria fluvial.

Palavras chave: Capturas fluviais. Bacias hidrográficas. Valores de χ. Rearranjo de drenagem

1. Introdução

A bacia hidrográfica do Sirinhaém está localizada sobre a margem passiva da borda oriental do nordeste brasileiro ao sul da Zona de Cisalhamento Pernambuco ao qual corresponde um importante lineamento regional. A configuração morfológica da bacia denota para uma abordagem das capturas fluviais, principalmente quando a análise se foca em um dos bons exemplos que é a relação entre as bacias do rio Camaragibe e Aripibu, ambas pertencentes a bacia do rio Sirinhaém (FIGURA 01), além do avanço da dissecação das drenagens da bacia do rio Ipojuca em relação a bacia do rio Camaragibe e Aripibú.

Geologicamente a área de estudo se insere no Terreno Pernambuco-Alagoas (SANTOS, 1995). Este corresponde a segmentos crustais meso a neoproterozoicos da Província Borborema constituídos por um embasamento granítico-migmatítico intrudido por batólitos graníticos brasilianos (BRITO NEVES, 2000; CPRM, 2014).

O *trend* regional NE-SW é marcado por duas Zonas de Cisalhamento (ZC) Sinistral (CPRM, 2000; 2014), uma ao norte e outra a sul das duas sub-bacias analisadas. Esta última, por exemplo, é responsável pela mudança de direção abrupta do rio Sirinhaém em seu baixo curso. As estruturas da área estão, majoritariamente, subordinadas à Zona de Cisalhamento (ZC) Pernambuco (BRITO NEVES et.al, 2000).

Em relação a compartimentação geomorfológica, segundo Corrêa et al. (2010) o médio e baixo curso onde se localizam as bacias do rio Camaragibe e Aripibú compreende a Depressão Pré-litorânea. Por conseguinte, as respectivas bacias estão sobre a porção oriental do Planalto da Borborema expostas a precipitações orográficas advindas da umidade trazida pelos ventos úmidos dos setores E-SE, sendo as escarpas neste setor recobertas por espessos mantos de alteração (CORRÊA et al. 2010).

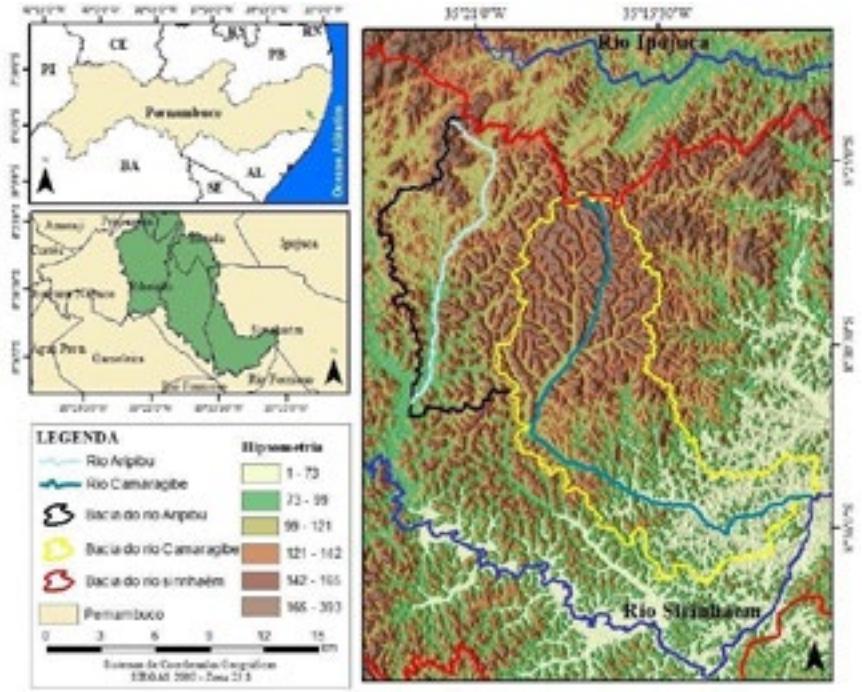


Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo

A atual compartimentação geomorfológica da Zona da Mata de Pernambuco começou a se estabelecer após a abertura final do Atlântico no Cretáceo Superior, à medida que o rifteamento da margem continental era submetido a sucessivas fases de soerguimento. Essa reativação deu-se prioritariamente ao longo de estruturas herdadas do Pré-Cambriano, gerando uma série de blocos falhados, limitados por escarpas que se erguem em direção ao interior como degraus (CORRÊA et al. 2010; GIRÃO et al., 2013). A Zona da Mata Sul, onde está inserida a bacia do rio Sirinhaém, apresenta um predomínio de relevos pluriconvexos sobre rochas cristalinas pré-cambrianas, na escala morfométrica de colinas, que se elevam da linha de costa em direção ao interior com topos que vão dos 50 m aos 250 m de altitude, estando em relação ao contexto morfoestrutural, no Piemonte da Borborema (GIRÃO et al., 2013).

O objetivo deste trabalho é compreender de forma preliminar, utilizando análises morfométricas e ferramentas geomórficas como índice de Chi, além de fotolineamentos, perfil de dissecação das bacias analisadas, evidências das anomalias com ajuda da imagem Sentinel 2 para identificação dos vales secos, cotovelos de drenagem local e regional. Portanto, a partir dessas técnicas de geoprocessamento foi identificado indícios de capturas de drenagem entre as bacias do rio Aripibú e Camaragibe, assim como, o avanço da dissecação fluvial da bacia do rio Ipojuca em relação as respectivas bacias estudadas.

Materiais e Métodos

A elaboração do presente artigo fez uso de um conjunto de técnicas de análise morfoestrutural e morfométrica do relevo, tanto na escala de bacias de drenagem como de canais. Os dados altimétricos utilizados foram extraídos de imagens de radar ALOS-PALSAR, com resolução espacial de 12,5 m, as quais foram processadas no software ArcGIS 10.4.

Inicialmente procedeu-se com a extração manual de fotolineamentos estruturais, conforme metodologia empregada por Radaideh et al. (2016). Para isso foram elaborados dois modelos de relevo sombreados multidirecionais, agrupando o primeiro os azimutes de 0°, 45°, 90° e 135°, o qual realça as feições negativas (fundos de vales), enquanto o segundo reúne os azimutes de 180°, 225°, 270° e 315°, destacando assim as feições positivas (cristas alinhadas). A camada vetorial resultante foi submetida à um processo de interpolação de linhas, fazendo-se assim o cálculo de densidade das estruturas mapeadas.

Os fotolineamentos extraídos, bem como os canais de primeira e segunda ordem, foram exportados para o software Spring 5.4, onde foram confeccionados os diagramas de roseta de frequência e comprimento absolutos, no caso das feições lineares de relevo, e de frequência para a rede de drenagem. Com isso, pode-se visualizar o *trend* estrutural predominante.

Em escala de bacia de drenagem, fez-se a extração das curvas hipsométricas (STRAHLER, 1952), as quais apresentam a proporção relativa dos diferentes setores das

bacias acima ou abaixo de uma determinada altitude. Para tal procedimento, usou-se da extensão CalHypso (PÉREZ-PEÑA; AZAÑÓN; AZOR, 2009), implementada no software ArcGIS 10.4.

A grau de estabilidade do dos divisores de drenagem foi medido a partir da métrica de χ (WILLETT et al., 2014), o qual analisa as cotas de elevação nas quais se encontram os atuais canais de cabeceira. Valores contrastantes entre os flancos opostos do divisor indicam sua estabilidade e migração em direção às áreas onde o índice de χ é mais elevado, enquanto que onde há equilíbrio tem-se um divisor estacionário (WILLET et al., 2014; FORTE; WHIPPLE, 2018). Os cálculos necessários para isso foram elaborados na extensão DvideTools (FORTE; WHIPPLE, 2018), implementada no software MATLAB.

Por fim, para a escala de canal foram confeccionados perfis longitudinais com linhas de tendência, nos quais se destacaram as principais quebras de patamar e grau de entalhamento das drenagens analisadas.

Resultados e Discussões

O estudo de bacias hidrográficas em margem passiva pode contribuir para a compreensão da evolução geomorfológica desses setores, principalmente sobre a borda oriental do Nordeste brasileiro. Estudos recentes (ALVES et al., 2019) indicam que esta área permaneceu sobre estresse tectônico muito tempo depois do principal rompimento no final do Jurássico Superior – Cretáceo. Portanto, corroborando com outros trabalhos na área que apontam reativações tectônicas do Neógeno e no Quaternário (por exemplo, NOGUEIRA et al., 2010; BEZERRA et al., 2014). Estes trabalhos apontam que a borda oriental do Nordeste tem uma evolução pós-rifte bem menos estável do que preconizava os trabalhos clássicos.

Análise dos lineamentos e das morfoestruturas

Os lineamentos da região de estudo apresentaram comprimento de centenas de metros até segmentos quilométricos. A maioria destes seguem um *trend* diferente do regional, ou seja, as Zonas de Cisalhamentos regionais têm direção NE-SW, todavia, o *trend* local se mostra NW-SE. Estes lineamentos foram traçados sobre o seguimento dos topos das colinas e

os padrões retos dos vales e canais fluviais. Isto posto, pode indicar que houve uma superposição de diferentes eventos tectônicos sugerindo uma hipótese que possivelmente uma reativação do Cretáceo fraturou essa área em um *trend* diferente das ZCs Pré-cambrianas (FIGURA 02).

Neste sentido, em um primeiro momento o *trend* NW-SE se sobrepôs ao *trend* regional a qual pode ter ocorrido por uma possível reativação pós-cretácea das ZCs NE-SW, todavia, os registros deste contexto ficaram na paisagem como demonstrado pelo próprio rio Camaragibe as quais a morfologia da área aponta que o mesmo seguia a direção NE-SW e, posteriormente, infletiu para o *trend* atual. Portanto, os principais canais da região passam a infletir para o *trend* NW-SE.

A densidade de drenagem do quadrante da área de estudo aponta para uma concentração a montante da bacia do rio Camaragibe ao qual sugere que o possível basculamento ocorreu de forma mais intensa nesta região, por conseguinte, as colinas deste ponto apresentam topos com padrões retilíneos e alongados, assim como, os vales e canais fluviais indicando que a dissecação seguiu o controle estrutural configurado após o basculamento. É importante salientar que esta possível subida regional se deu entre as duas ZCs sinistral conduzindo a uma subida diferencial entre as bacias dos rios Aripibú e Camaragibe.

A área onde ocorre a densidade de lineamentos é composta por uma geologia composta pelo Complexo Belém São Francisco com presença de Anfibolito, Migmatito, Metadiorito, Ortognaisse granodiorito e Ortognaisse Tonalítico e a Suíte Intrusiva Leucocrática Peroluminosa com Metagranitóide, Leucogranitóides, granodiorito a granitos entre outros (CPRM, 2014), esta última também compõe o substrato geológico do médio e baixo curso do rio Camaragibe. Portanto, a diferença altimétrica dos trechos a montante da bacia em relação à jusante não ocorre por erosão diferencial, já que consiste da mesma base geológica, por conseguinte, corroborando com a hipótese de basculamento do ponto de maior densidade de lineamento apontada no mapa da figura 02.

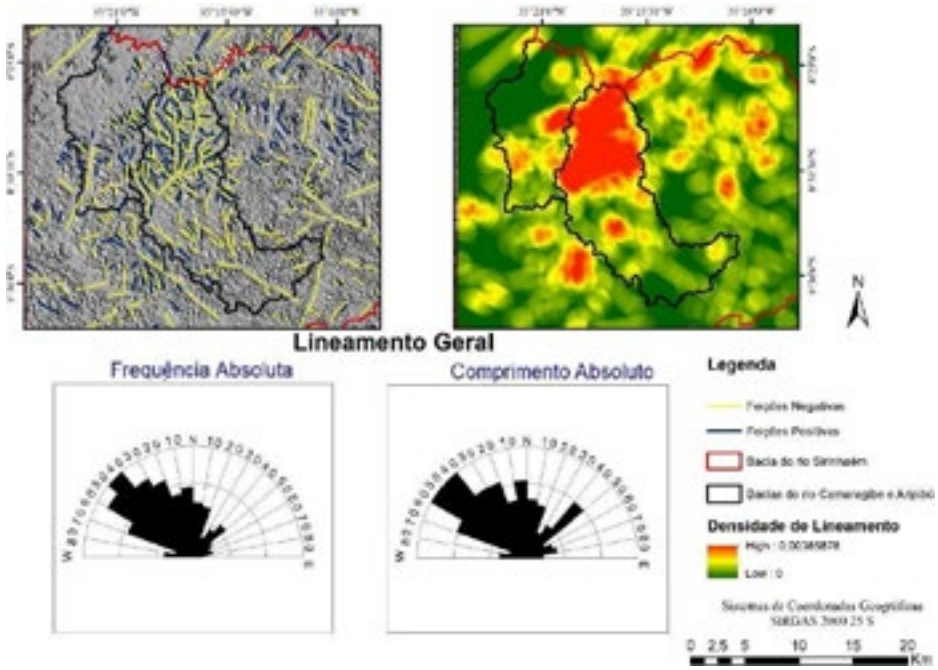


Figura 02 – Mapa de lineamentos e densidade de lineamentos das bacias do rio Aripibú e Camaragibe

Sobre a direção preferencial dos lineamentos dos canais de primeira ordem o gráfico de rosetas mostra a predominância do *trend* NW-SE, ou seja, a drenagem responsável pelo início da dissecação segue a tendência atual, no entanto, quando se observa a roseta dos canais de segunda ordem fica nítido que a tendência destaca o *trend* NE-SW, deste modo, constata-se que alguns canais de segunda ordem acompanham o *trend* regional das ZCs Pré-cambrianas, isto posto, reforça uma ideia de superposição de eventos tectônicos (FIGURA 03).

Na análise do gráfico de curvas hipsométricas entre as duas bacias é observado que a bacia do rio Aripibú é mais dissecada quando comparada a do Camaragibe. Quando se atenta para geologia se tem a compreensão que as unidades geológicas se repetem em ambas as bacias, por conseguinte, a diferença na dissecação não pode ser apenas atribuída a erosão diferencial, assim sendo, a atribuição de um soerguimento diferencial pode ser plausível para

esta área (FIGURA 04). Por conseguinte, o a bacia do rio Camaragibe tem um potencial de dissecação maior, portanto, é sobre esta a qual ocorre os avanços das drenagens da bacia do rio Aripibú (a oeste) e a da bacia do rio Ipojuca (a norte) configurando a bacia do rio Camaragibe como a principal área a ser capturada por outras bacias.

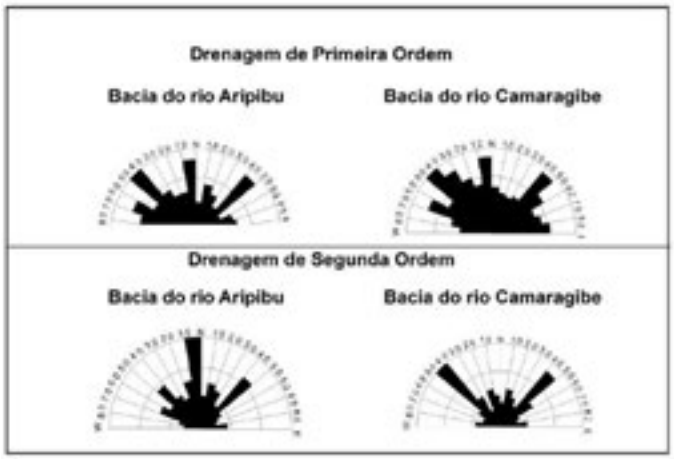


Figura 03 – Gráficos de Roseta representando a tendência geral dos canais de primeira e segunda ordem.

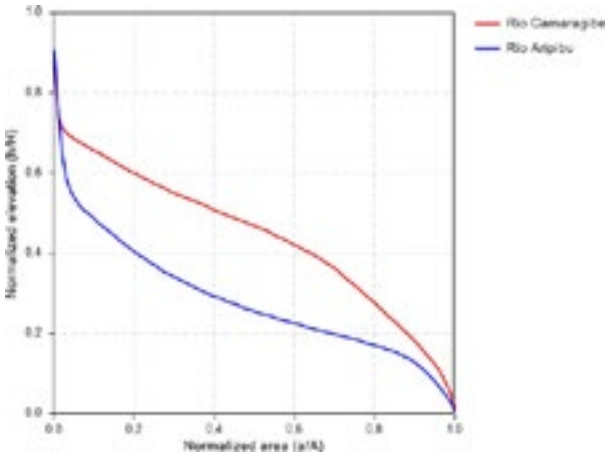


Figura 04 – Gráfico de curvas hipsométricas indicando o grau de dissecação das duas bacias

Em relação aos valores de χ da área de estudo observa-se que a montante da bacia do rio Camaragibe, onde a altimetria está mais elevada, tem um maior potencial de ser capturado

como indica o mapa (FIGURA 05). Assim como, ao norte da bacia do rio Aripibú tem forte iminência a ser pirateada, todavia, como indicam as curvas hipsométricas, a bacia do rio Aripibú é mais dissecada, portanto, ao comparar as duas bacias percebe-se que a do rio Camaragibe está mais propensa a ser capturada, principalmente pelas drenagens da bacia do rio Ipojuca. Nota-se que a bacia do rio Ipojuca avança sobre as bacias do rio Aripibú e Camaragibe, consequentemente, progride sobre a bacia do rio Sirinhaém.

As evidências de rearranjo de drenagem foram observadas sobre o modelo de elevação digital gerado a partir da imagem ALOS PALSAR, auxiliado pela imagem do satélite Sentinel 2, nas quais destaca-se a concentração de anomalias como vales secos a montante da bacia do rio Camaragibe em seu divisor com a bacia do rio Ipojuca, assim como um cotovelo de drenagem local, elementos que indicam ação de capturas fluviais, corroborando com os valores de χ.

As áreas em destaque A e B foram justamente escolhidas por conta da concentração de pontos de rearranjo de drenagem e com intenção de dar ênfase aos valores de χ com o propósito de apontar os divisores de drenagem da bacia do rio Camaragibe com a bacia do rio Ipojuca (A) e Aripibú (B), indicando as características de pirataria fluvial que estão ocorrendo sobre a drenagens. Outros pontos a serem ressaltados são os dois cotovelos regionais aparentes sobre o rio Camaragibe, estes apontam duas mudanças significativas na direção seguida pelo canal principal. O cotovelo regional no médio curso, por exemplo, pode ser um indício da antiga cabeceira de drenagem do rio Camaragibe a qual posteriormente foi capturado pela drenagem que se desenvolveu mais a montante (possível antiga drenagem do Aripibú) e atualmente configura-se como pertencente a bacia do rio Camaragibe.

Ocorre pontos de rearranjo fluvial mapeados também sobre a o divisor das bacias do rio Aripibú com a drenagem da bacia do rio Amaraji (a oeste), principalmente a ocorrência de vales secos. E como mostram a característica da drenagem dada através dos valores de χ os canais que pertencem a bacia do Amaraji estão capturando as drenagens do rio Aripibú. A jusante da bacia do rio Camaragibe a presença de alguns vales secos, as quais, um deles perto

do segundo cotovelo regional do canal principal, corroborando com a mudança do curso fluvial após a captura de drenagem.

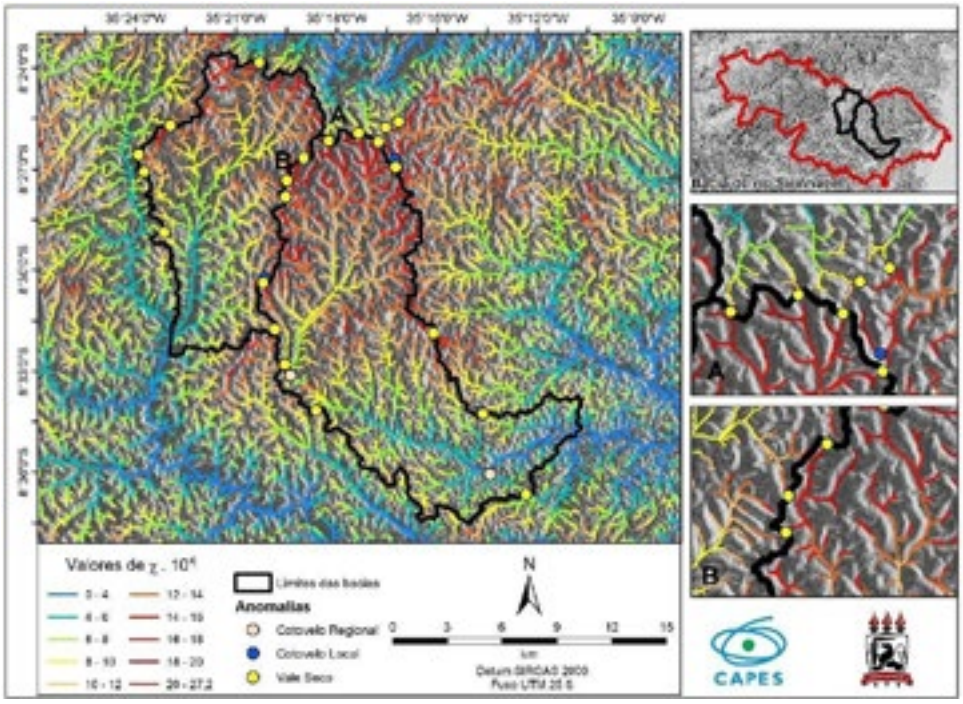


Figura 05 – Mapa dos valores de χ e pontos indicando rearranjos de drenagem

Quando se analisa os perfis longitudinais (FIGURA 06) dos rios Camaragibe e Aripibú observa-se a diferença entre os dois, principalmente em relação a curva de tendência. O perfil do rio Aripibú segue a linha de tendência, como destacado no gráfico, todavia, ao examinar o perfil do rio Camaragibe observa-se que o médio curso está bem acima da curva de tendência, corroborando com a área de densidade de lineamentos, assim como, com a elevação mais acentuada.

Esse ponto configura forte influência estrutural, contudo, novamente trazendo a geologia ao contexto, trata-se de uma área de mesma base geológica, portanto, como abordado mais acima a atribuição de um soerguimento diferencial pode ser uma hipótese plausível para a área. Não obstante, esta parte da bacia do rio Camaragibe denota-se mais susceptível a ser capturada como mostra a análise anterior.

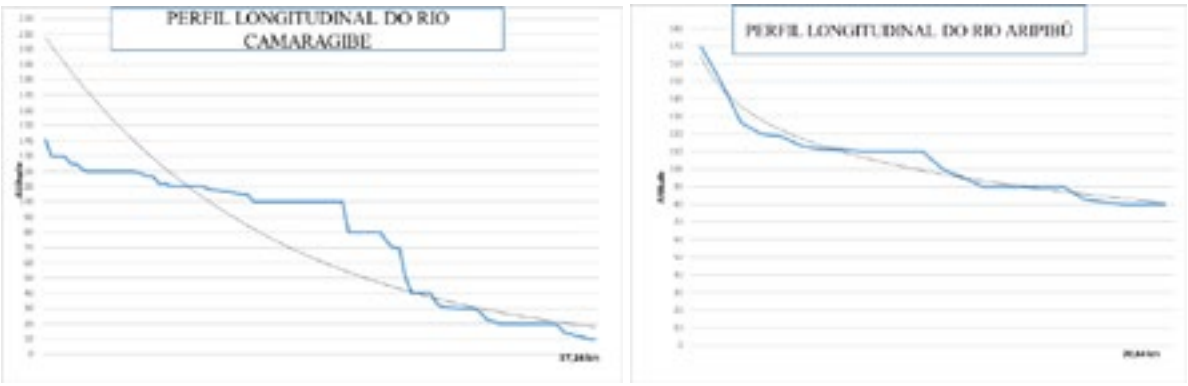


Figura 06 – Perfis longitudinais dos rios Camaragibe e Aripibú e suas respectivas curvas de tendências

Considerações finais

O artigo buscou realizar uma análise preliminar das bacias do rio Aripibú e Camaragibe no intuito de compreender algumas evidencias de capturas fluviais utilizando ferramentas morfométricas. A partir das técnicas utilizadas observou-se que a bacia do rio Camaragibe é a mais susceptível a pirataria fluvial, sofrendo pressões das drenagens da bacia do rio Aripibú (oeste) e da bacia do rio Ipojuca ao norte. A distribuição dos elementos de rearranjo fluvial aponta este contexto e corroboram com a densidade de lineamentos, curvas hipsométricas e perfil longitudinal indicando o contexto de favorecimento de capturas. Os cotovelos regionais no médio e baixo curso, por exemplo, revelam capturas pretéritas com mudança no curso do rio principal da bacia do Camaragibe. Contudo, este trabalho consiste em um estudo introdutório que vai se estender para toda a bacia do rio Sirinhaém.

Referências Bibliográficas

ALVES, F.C.; ROSSETTI, D.F.; VALERIANO, M.M.; ANDRADES FILHO, C.O. **Neotectonics in the South American passive margin: Evidence of Late Quaternary uplifting in the northern Paraiba Basin (NE Brazil)**. Geomorphology 325, 1 – 16, 2019.

BEZERRA, F.H.R., ROSSETTI, D.F., OLIVEIRA, R.G., MEDEIROS, W.E., BRITO NEVES, B.B., BALSAMO, F., NOGUEIRA, F.C.C., DANTAS, E.L., ANDRADES FILHO, C., GÓES, A.M. **Neotectonic reactivation of shear zones and implications for faulting style and geometry in the continental margin of NE Brazil.** Tectonophysics 614, 78–90, 2014.

BRITO NEVES, B. B.; SANTOS, E. J.; VAN SCHMUS, W. R. Tectonic history of the Borborema Province. In: CORDANI (Ed.). **Tectonic evolution of South America**. 2000. p. 151-182.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Carta Geológica Folha Aracaju-NE SC-24-X.** Recife: Superintência Regional - SUREG-RE, 2000. Escala 1:500.000. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Geologia/Geologia-Basica/Carta-Geologica-do-Brasil-ao-Milionesimo-298.html. Acesso em: 07/01/2019.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Org. TORRES, Fernanda Soares de Miranda; PFALTZGRAFF, Pedro Augusto dos Santos. Recife, 2014.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; MONTEIRO, K. A.; CAVALCANTI, L. C. S.; LIRA, D. R. **Megageomorfologia E Morfoestrutura Do Planalto Da Borborema**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 31 (1/2), p.35-52, 2010.

FORTE, A. M.; WHIPPLE, K. X. **Criteria and tools for determining drainage divide stability.** Earth and Planetary Science Letters, v. 493, p.102–117, 2018.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B.; NÓBREGA, R. S.; DUARTE, C. C. O papel do clima nos estudos de prevenção e diagnóstico de riscos geomorfológicos em bacias hidrográficas na Zona da Mata Sul de Pernambuco. In: GUERRA, A. J. T.; OLIVEIRA JORGE, M. C. (org), **Erosão e movimentos de massa: recuperação de áreas degradadas e prevenção de acidentes.** São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2013.

NOGUEIRA, F.C., BEZERRA, F.H.R., FUCK, R.A. **Quaternary fault kinematics and chronology in intraplate northeastern Brazil.** J. Geodyn. 49, 79–91, 2010.

PÉREZ-PEÑA, J. V.; AZAÑON, A. M.; AZOR, A. **CalHypso: an ArcGIS extension to calculate hypsometric curves and their statistical moments. Applications to drainage basin analysis in SE Spain.** Computers & Geosciences, v. 35, p. 1214–1223, 2009.

RADAIDEH, O. M. A.; GRASEMANN, B.; MELICHAR, R.; MOSAR, J. **Detection and analysis of morphotectonic features utilizing satellite remote sensing and GIS: An example in SW Jordan.** Geomorphology, Amsterdan, v. 275, n. 1. p. 58-79, 2016.

SANTOS, E. J. **O complexo granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de floresta, Província Borborema**. 1995. 219 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SILVA FILHO, A. F.; GUIMARÃES, I. P.; VAN SCHMUS, W. R. **Crustal evolution of the Pernambuco-Alagoas complex, Borborema Province, NE Brazil: Nd isotopic data from neoproterozoic granitoids**. Godwana Research, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 409-422, 2002.

STRAHLER, A. N. **"Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography".** GSA Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

WILLETT, S. D.; MCCOY, S. W.; PERRON, J. T.; GOREN, L.; CHEN, C. Dynamic reorganization of river basins. **Science**, v. 343, 1117-1127, 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA DE USO E COBERTURA DA TERRA NO ALTO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LONTRA, TO

Hudson Damasio Alves (1), Carlos Augusto Machado(2), Daniel Araujo Ramos dos Santos (3)

(1) Universidade Federal do Tocantins, Curso de Geogafia, hudsondamasio18.hda@gmail.com

(2) Universidade Federal do Tocantins, Curso de Geogafia, delagnesse@mail.uft.edu.br

(3) Universidade Federal do Tocantins, Curso de Geogafia daniel.a.santos@mail.uft.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Através do uso das geociências é possível traçar uma análise multitemporal da dinâmica de modificação da paisagem oferecendo dados orbitais que possibilitam traçar explicações sistêmicas. A confecção de diagnósticos possibilita analisar e acompanhar a dinâmica de uso e ocupação da terra. A metodologia empregada usou de imagens dos satélites LANDSAT-5, sensor TM (Thematic Mapper), com resolução espacial de 30 m; LANDSAT-8, sensor OLI (Operational Land Imager), com resolução espacial de 30 metros. Foram selecionadas imagens geradas entre os anos de 1985 a 2015, com intervalos de 5 anos. Conforme resultados constatamos forte avanço da pecuária intensiva sobre as formações florestais entre o período de 1985 a 2010, um aumento de cerca de 89, 20%. Cabe destacar que a área urbana teve um aumento de quase 350%, durante este mesmo período.

Palavras chave: Rio Lontra, Araguaína, Multitmeporal, Uso e cobertura dos solos

1. Introdução

As alterações das dinâmicas socioambientais impulsionam preocupações com seus impactos. Alguns estudos pontuam os grandes avanços técnicos e metodológicos na observação e registro de informações geográficas da superfície terrestre, e também o acúmulo de dados em nível orbital da superfície terrestre nos últimos trinta anos.

De tal forma, existe na atualidade, a possibilidade de interpretações quantitativas e

qualitativas de qualquer parte do globo em escalas cartográficas mais aproximadas de situações locais e regionais (PONZONI, et al., 1986, FLORENZANO, 2007, SILVA et al., 2013).Araguaína, cidade localizada na porção norte do Tocantins apresenta um crescimento acelerado com desdobramentos socioambientais desordenados, de sua gênese agropastoril até a última década, com destaque a expansão da malha urbana (PEREIRA, 2013).

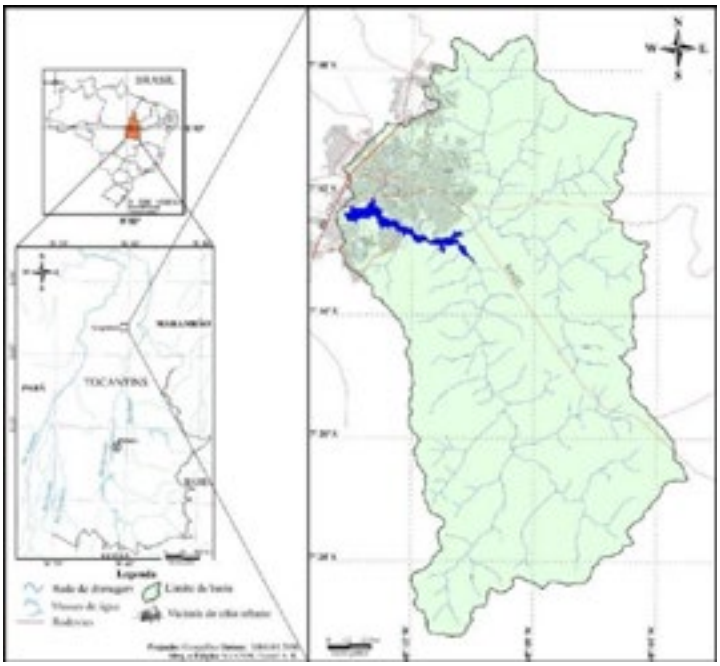


Figura 1- Localização da área de estudo

Nesta situação, a execução de um diagnóstico do uso e ocupação no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Lontra, Araguaína (TO) (Figura 1) é apontado por muitos autores, como um importante indicador para fundamentar políticas públicas eficientes, que fomentariam tomadas de decisão alinhadas as condições de capacidade de suporte da paisagem, o que poderia diminuir significativamente as problemáticas socioeconômicas (IBGE, 2013; LEITE; ROSA, 2012).

2. Materiais e Métodos

A metodologia empregada usou de imagens dos satélites LANDSAT-5, sensor TM

ISBN: 978-85-7282-778-2

(Thematic Mapper), com resolução espacial de 30 m; LANDSAT 8, sensor OLI (Operational Land Imager), com resolução espacial de 30 metros. Foram selecionadas imagens geradas entre os anos de 1985 a 2015, com intervalos de 5 anos. As chaves de interpretações foram criadas para cada conjunto de imagens utilizadas, com o critério de observação das respostas espectrais e informações coletadas no trabalho de campo.

As classes definidas para a classificação supervisionada foram a de Corpos hídricos continentais, Áreas urbanas, Formações florestais, Formações campestres, Agricultura temporária e Áreas de pastagem (IBGE, 2009).

Os testes realizados na segmentação de imagens no Spring indicaram os parâmetros com valor de similaridade 10 e área de 50 pixel com a melhor resposta para se classificar e mapear as classes temáticas. Outra técnica empregada foi a de restauração, que consiste em estimar os aspectos da resolução espacial, de 30 para 10 m. Os trabalhos de campo foram de suma importância para o identificação, refinamento e validação da referida pesquisa.

3. Resultados e discussões

A área de estudo corresponde ao alto curso da bacia hidrográfica do rio Lontra, que apresentou uma área com 449 km² um perímetro de 117 km, o que compreende 11% da área de todo o sistema fluvial que é afluente da margem direita do rio Araguaia. Constatamos a predominância de áreas com destino agropastoril em torno do município de Araguaína. Verificamos que estas áreas correspondem a cerca de 254 km², o que corrobora para um crescimento acelerado com desdobramentos socioambientais desordenados, de sua gênese agropastoril até a última década, com destaque a expansão da malha urbana (PEREIRA, 2013).

O incremento desenfreado de práticas antrópicas sobre o meio aliado a ausência de planejamento de uso da paisagem, possibilita a existência de inúmeros problemas, na área em estudo como por exemplo, constantes queimadas. Estas práticas deixam o solo desnudo e pobre em macro e micronutrientes, sujeitos a intensas erosões e processos de arenização.

ISBN: 978-85-7282-778-2

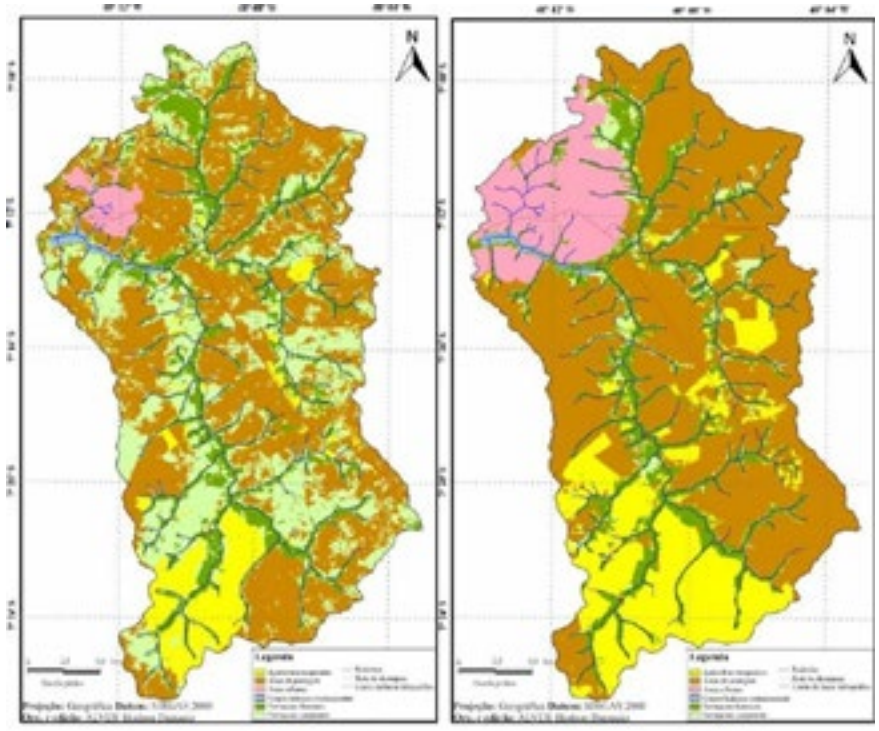


Figura 1- Na Figura-1 A, cenário do uso e ocupação dos solos no ano de 1985, Figura-1 B, destaca o ano de 2015.

O crescimento do meio urbano merece destaque como a classe que mais ganhou áreas, aonde houve um aumento acumulado de cerca de 347% entre 1985 e 2010. Cabe destacar também o intenso crescimento das atividades relacionadas a pecuária extensiva, em 1985 correspondendo a 35,04km² e em 2010 tendo 66,10km², percebemos um acumulado crescente de 89,20% neste recorte temporal.

A forte presença de pecuárias extensivas contribui para o desmatamento das formações florestais, podemos citar o período que abrange os anos de 1985 a 2000, aonde houve um decrescente das áreas de floresta na bacia num primeiro momento contava com 111km², decaindo aos 52 km² no ano 2000. Em trabalhos de campo constatamos a presença de pequenos campos de agricultura nos arredores da malha urbana, o plantio das culturas se restringe a milho, feijão e mandioca.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações finais

É possível observar que as pastagens em 1985 detinham 221 km² (vide Figura 1 A) enquanto que no ano 2000 saltou para 287 km², ou seja, um aumento significativo de 31%, indicando o grande destaque para a pecuária extensiva na região, já entre 2000 e 2010 ocorreu uma redução para 254 km².

Diante deste cenário, cabe preocupações quanto aos impactos causados pelo intensivo avanço de práticas antrópicas, como o incremento da pecuária extensiva , assim como a expansão da malha urbana que tem causado significativas perdas de áreas para as formações florestais do alto curso da Bacia hidrográfica do Rio Lontra.

5. Referências Bibliográficas

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2007.

IBGE– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**/ IBGE, Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais. Série, manuais técnicos em Geociências, Vol. 7, 3° ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

PEREIRA, A. J. **Leituras de paisagens urbanas:** Um estudo de Araguaína- TO. 312f. 2013. (Tese de Doutorado em Geografia). Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2013.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: Estratégias e Resultados.** Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, Brasil, 2007.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DO ESTADO DE GOIÁS NO ANO DE 2017, UMA MÉDIA MENSAL UTILIZANDO A PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE

Charles Vinícius Gonçalves Tiarini [(a)], Sylvia Elaine Marques de Farias [(b)]
Gislaine Cristina Luiz [(C)]

[(a)] Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG/Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA/Universidade Federal de Goiás - UFG, charlestiarini@gmail.com

[(b)] Laboratório de Climatologia - CLIMAGEO/Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA/Universidade Federal de Goiás - UFG, sylfarias@gmail.com

[(c)] Laboratório de Climatologia - CLIMAGEO/Instituto de Estudos Sócio-Ambientais - IESA/Universidade Federal de Goiás - UFG, gislaneluiz@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Com a atual realidade dos satélites orbitais, ficou fácil levantar e manipular dados da superfície da terra, sendo que milhares de informações são coletadas a todo instantes sobre as condições de sua superfície. Com os dados de precipitação que são obtidos pela constelação TRMM e a plataforma de geoprocessamento paralelo em nuvens da Google Earth Engine, foi possível gerar mapas temáticos, gráficos quantitativos de precipitação de média mensal para o estado de Goiás no ano de 2017, com mínima de precipitação de 0.31mm em junho e máxima de 268.39mm em novembro.

Palavras chave: TRMM, Sensoriamento Remoto, Precipitação, Chuva, Google Earth Engine

1- Introdução

A dinâmica atmosférica tem impacto substancial sobre o meio físico e consequentemente sobre a vida humana. Tendo em vista que, variáveis climáticas como: precipitação, ciclo da água, balanços hídricos, movimentos das massas de ar, umidade relativa da atmosfera, temperatura, pressão e volume das massas influenciam diretamente nos meios produção ou podem causar desastres naturais no meio urbano ou rural. Quando percebemos os períodos de estiagem ou mesmo de uma geada, podemos ministrar e mitigar operações para diminuir a perda de recursos investidos na agricultura e com a previsão de chuvas acumuladas, podemos alertar áreas de risco e então, evitar possíveis tragédias. Atualmente, com a realidade dos satélites e das ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), temos acesso para adquirir, processar e analisar dados precisos das condições do uso e ocupação do solo e também das condições dinâmicas da atmosfera. Com o advento da plataforma Google Earth Engine e a possibilidade de executar algoritmos em programação paralela nas nuvens, com a linguagem JavaScript, se tornou não apenas possível, mais amigável (Gorelick et al, 2017) de se fazer progresso com os desafios ambientais encontrados pela sociedade, para melhor manipular e direcionar os recursos da terra.

Todavia, a possibilidade de observação da precipitação por satélite sobre áreas remotas e extensas, permitiu preencher uma lacuna deixada pela rede convencional de pluviometria, não somente provendo informações em regiões onde ela é esparsa ou inexistente, mas possibilitando informações mais refinadas e robustas (Farias, 2016). Sobre este aspecto, o Estado de Goiás que contribui significativamente para economia brasileira com atividades agropecuárias, pode se beneficiar dos dados satelitários, assim como da plataforma do Google Earth Engine (GEE). Assim. Nesse aspecto, o objetivo do trabalho em questão, é apresentar a plataforma do GEE, e por meio dos dados de precipitação da constelação TRMM, fazer uma média mensal de chuva para o ano de 2017 no estado de Goiás.

2. Materiais e Métodos

Para a execução do dado trabalho e sucesso em obter os resultados esperados, desde o levantamento bibliográfico à elaboração dos mapas temáticos, foi preferível seguir uma série de procedimentos metodológicos: Para aquisição dos dados matriciais rasters da constelação TRMM, visando efetuar as médias mensais de precipitação, todas as cenas já capturadas pelo sensor *Precipitation Radar* (PR) foram importadas ao script da plataforma Google Earth Engine, filtrando-as por datas, visando armazenar dados acumulados de precipitação referente a cada mês do ano. Foi feita uma média aritmética dos pixels de cada dia do mês para se ter a média mensal. Em seguida, é feita uma média dos valores pluviométricos de cada píxel da área de estudo, visando exportar as informações quantitativas tabulares para plotagem do gráfico temporal, Os dados foram exportados para ambiente SIG ArcMap do pacote ArcGIS 10.4 da ESRI para melhor compreensão da dispersão da chuva pelo estado.

3. Resultados e Discussões

Entendendo a facilidade de se trabalhar na plataforma do Google Earth Engine com dados satelitários gratuítos disponibilizado pelas principais agências espaciais, como NASA, USGS, NOAA, JAXA, ESA, etc. A ferramenta se torna ideal para operar dados climáticos, devido sua facilidade de manipulação em big data, operando métodos aritméticos que facilitam em suas análises, como soma, média, mediana, etc, nas classes e objetos de imagem. Para execução da metodologia, foi preferível trabalhar em uma escala em nível de estado, optando pelo Estado de Goiás, uma vez que cada pixel de precipitação do Satélite TRMM, tem 30 km de resolução (9.10^8 m^2), deixando as regiões de escalas maiores pouco distinguíveis quando expostas em mapa. A média mensal de precipitação para o estado de Goiás no ano de 2017, pode ser acompanhada na Figura 1 a seguir:

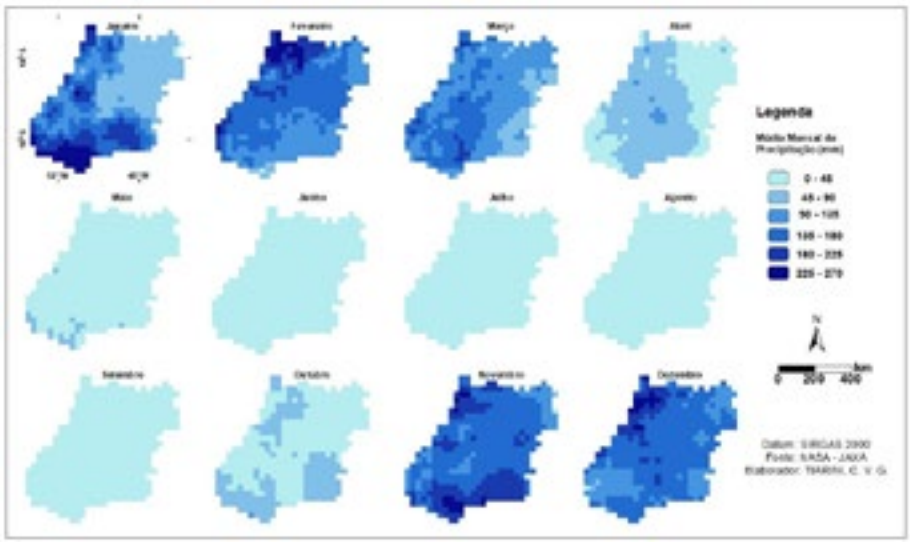


Figura 1 - Mapa temático quantitativo ordenado das regiões de média mensal da precipitação no estado de Goiás para o ano de 2017

Quando analisamos o mapa exposto, percebemos que os dados de precipitação da constelação TRMM são condizentes com o clima da região. Por estar no centro do Brasil e no core do domínio morfoclimático do Cerrado, o Estado de Goiás apresenta 6 meses de chuva e 6 meses de estiagem (Ab´Saber, 2003). Fazendo-se uma média dos valores de precipitação da área para cada mês, percebemos a quantidade da precipitação média como ilustrado na Figura 2 adiante:

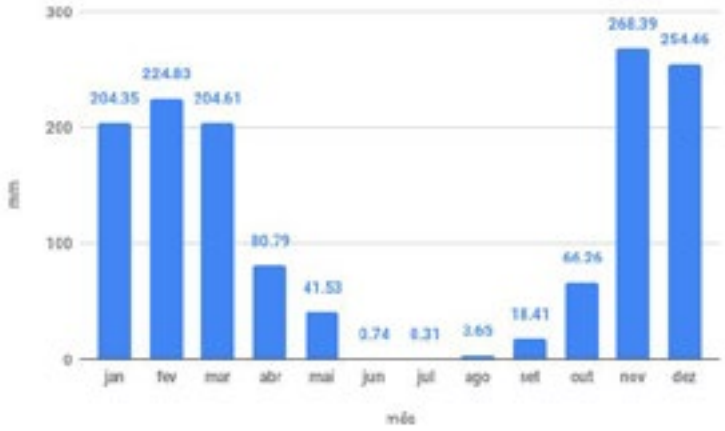


Figura 2 - Gráfico da precipitação média do estado de Goiás em milímetros por metro quadrado em função aos meses do ano de 2017

Como disposto no mapa, no gráfico e citados nas bibliografias, no recorte espacial há um período de estiagem que vai abril até o mês de setembro, tendo médias de chuva de maio à setembro, menores que 25mm (Faria et al, 2016), com menores médias de precipitação para o mês de julho, 0,31mm, o que é normal para a região. Já o período de estações chuvosas vai de outubro à março, tendo mais chuvas nos meses de novembro e em dezembro para o ano da análise, com valores de média, superiores à 260mm. .

4. Considerações Finais

A metodologia aplicada à região pode ser expandida facilmente para outras escalas, como a nível nacional ou mundial, e também pode operar outros sensores de imageação satelitária voltados para o clima ou outros ramos das análises ambientais. Economizando maquinário, uma vez que seu processamento não se dá de forma sequencial, mas sim paralela, dividindo suas tarefas para milhares de processadores alocados na "nuvem", facilitando a análise dos fatores que influenciam na dinâmica da atmosfera.

5. Referências Bibliográficas

FARIAS, S. E. M. de, LUIZ, G. C., **Disponibilidade Hídrica No Cerrado Brasileiro**, XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica - SBCG, Goiânia, Goiás, Outubro de 2016

GORELICK, N. et al, **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone**, Remote Sensing of Environment, Amsterdã, 2017

AB'SABER, A., **Os Domínios de Natureza no Brasil:** Potencialidades Paisagísticas, Ateliê Editorial, Cotia, São Paulo, p. 120, 2013

FARIAS, S. E. M. **Estimativas satelitárias de precipitação sobre o bioma cerrado**: possibilidades e perspectivas. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO. Abril. 2016.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE QUALITATIVA DAS PERDAS DE SOLO NA BACIA DO RIO DAS FÊMEAS – BA

Rafael Queirós Nascimento [(a)], José Yure Gomes dos Santos [(b)]

[(a)] Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias, UFOB, rafaelnascimento.1@hotmail.com
[(b)] Centro das Humanidades, UFOB, joseyure.santos@ufob.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente estudo apresenta uma análise qualitativa das perdas de solo na Bacia do Rio das Fêmeas, Estado da Bahia, através da utilização da USLE em ambiente SIG. Para tanto foram utilizados dados de precipitação, relevo, solos e imagens de sensoriamento remoto. As perdas de solo médias na bacia, para o atual uso e ocupação do solo, foram classificadas como baixas. A região com a maior perda de solo, classificada como moderada, foi a região oeste da bacia, onde predomina a agricultura de sequeiro, que possui uma maior susceptibilidade a processos erosivos e que ocupa a maior parcela de área na bacia (58,59%). A região com a menor perda de solo está na região leste, onde está concentrada as maiores porções de área de vegetação nativa (37,33% do total da área da bacia), classe considerada atenuadora de processos erosivos, que aprentou uma perda de solo média classificada como muito baixa.

Palavras chave: USLE, SIG, bacia hidrográfica, perdas de solo.

1. Introdução

A erosão dos solos, pela ação hídrica, constitue-se hoje em um problema ambiental que afeta diferentes regiões em todo o globo. Problema este que tem se potencializado nas últimas décadas em decorrência das severas alteração no uso e ocupação do solo das bacias hidrográficas para o desenvolvimento de atividades econômicas. Podendo causar problemas

como o empobrecimento dos solos (a partir do carreamento dos nutrientes do solo), poluição das águas, assoreamento de rios e reservatórios, bem como contribuir para enchentes em eventos extremos.

A Região Oeste do Estado da Bahia é uma extensa região que tem passado nas últimas décadas por um processo intenso de alteração no seu uso e ocupação do solo para o desenvolvimento de atividades agrícolas de grande escala. A Bacia Hidrográfica do Rio das Fêmeas, localizada nessa região, desde o início da década de 1980 vem sendo submetida a intensos processos de alteração no uso e ocupação do solo, devido à expansão agrícola na região do Oeste da Bahia, com a supressão da vegetação nativa que passou de 99% de ocupação no ano de 1976 para aproximadamente 39% em 2017, sendo que a agricultura irrigada e de sequeiro passaram de 0% no ano de 1976 para aproximadamente 60,6% de ocupação em 2017, tornando o solo desta bacia mais vulnerável aos processos erosivos (NASCIMENTO e SANTOS, 2019).

Muitos modelos hidrossedimentológicos foram desenvolvidos para uma maior compreensão dos processos erosivos do solo, e um dos modelos mais conhecidos e utilizado é a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978), que leva em consideração fatores como topografia, erodibilidade do solo, erosividade da chuva, ocupação do solo e práticas conservacionistas. Além de possuir um baixo custo, este modelo é de fácil manuseio e pode ser integrado ao ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e apresentar as estimativas de perdas de solo distribuidas espacialmente.

Esse método vem sendo amplamente utilizado em escalas de bacias hidrográficas, como nos estudos de Paranhas Filho *et al.* (2003), Farinasso *et al.* (2006), Irvem *et al.* (2007) e Silva *et al.* (2012), e permite além de uma estimativa quantitativa das perdas de solo, uma análise qualitativa dessas perdas, sendo possível assim categorizar qualitativamente as áreas quanto a sua maior ou menor susceptibilidade a processos erosivos em uma bacia hidrográfica. Tornando-se assim um instrumento valioso para a gestão ambiental.

Desta forma, em decorrência das intenção alterações no uso e ocupação do solo da Bacia do Rio das Fêmeas, fruto da expansão agrícola instalada na região desde o início da década de 1980, o presente estudo tem como objetivo estimar e analisar qualitativamente as suas perdas de solo.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A Bacia do Rio das Fêmeas situa-se na região do extremo Oeste da Bahia, entre as coordenadas 12º18’ e 13º12’ de latitude sul e 45º04’ e 46º20’ de longitude oeste (Figura 1(a)), possui uma área de drenagem de aproximadamente 6.421 km², correspondente a 8,6% do total da área de abrangência da Bacia do Rio Grande, que é o último grande tributário da margem esquerda do Rio São Francisco e um dos principais responsáveis pela manutenção da sua vazão nos períodos de estiagem.

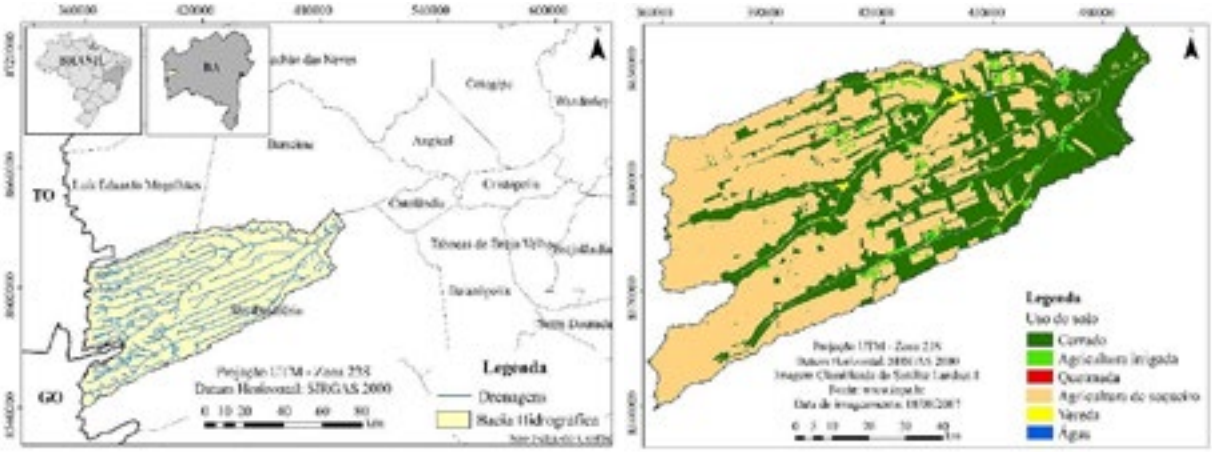


Figura 1(a) – Mapa de localização da Bacia do Rio das Fêmeas. Figura 1(b) – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio das Fêmeas.

2.2 Equação Universal de Perda de Solo (USLE)

As perdas de solo na Bacia do Rio das Fêmeas foram estimadas, em ambiente SIG, por meio da utilização da USLE, dada pela equação proposta por Wischmeier e Smith (1978):

$$A = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

Onde *A* é perda de solo por unidade de área ao longo do tempo (t.ha^{-1}.ano^{-1}); *R* é o índice de erosão causado pela chuva (MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}); *K* é o fator de erodibilidade do solo (t.h.MJ^{-1}.mm^{-1}); *LS* é o fator topográfico que diz respeito à extensão da vertente (metros) e a declividade da vertente (adimensional, calculado em %); *C* é o fator de cobertura e manejo do solo (adimensional); *P* é o fator de práticas conservacionistas (adimensional).

Erosividade da chuva (fator R)

O fator *R* consiste na capacidade da chuva de causar erosão no solo. Para a determinação desse parâmetro foram obtidos dados pluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), de estações localizadas no entorno da Bacia do Rio das Fêmeas, durante o período de 1978 a 2016 e utilizada a equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1985):

$$R = \sum_{i=1}^{12} 89{,}823.\left(\frac{Pm^2}{Pa}\right)^{0{,}759} \quad (2)$$

Em que *R* é a erosividade da chuva (MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}); *Pm* é a precipitação média mensal (mm); e *Pa* é a precipitação total anual (mm).

Erodibilidade do solo (fator K)

O fator *K* representa a susceptibilidade de um solo a erosão e pode ser obtido através da equação proposta por Williams (1975), que leva em consideração as frações de areia grossa, areia fina, silte, argila e carbono orgânico presentes no solo:

$$K = f_{areiag} \cdot f_{ar\text{-}si} \cdot f_{Corg} \cdot f_{areiaf} \quad (3)$$

Onde f_{areiag} é a fração de areia grossa; $f_{ar\text{-}si}$ é a fração de argila e silte; f_{Corg} é a fração de carbono orgânico e f_{areiaf} é a fração de areia fina.

Cada valor do fator *K* foi associado à sua mancha de solo na bacia hidrográfica em ambiente SIG. O mapa de solos utilizado na Bacia do Rio das Fêmeas, para associação dos valores do fator *K*, foi produzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

(EMBRAPA) na escala de 1:5.000.000 e as informações físicas de cada tipo de solo foram obtidas no Sistema de Informações de Solos Brasileiros da EMBRAPA.

Fator topográfico (fator LS)

O fator *LS* consiste na capacidade que o comprimento e a declividade das encostas tem de influenciar na taxa de erosão causada pelas águas da chuva. Quanto maior o comprimento da rampa e maior a sua declividade, maior será a erosão.

O fator *LS* foi obtido por meio de imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, adquiridas no portal do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Para o cálculo do fator *LS* foi utilizada a extensão ArcMUSLE, que baseia-se na equação desenvolvida por Zhang *et al.* (2009):

$$LS = \left(\frac{V.\Delta}{22,13}\right)^{0,4} . \left(\frac{sin\theta}{0,0896}\right)^{1,3} \quad (4)$$

Em que V significa o fluxo acumulado de cada célula; Δ o tamanho de cada célula da imagem dado em metros; Θ o ângulo de declividade em graus.

Fator de cobertura e manejo do solo (fator C)

O fator *C* representa a relação entre valores de perdas de solo em terreno cultivado em certas condições e as perdas correspondentes de um terreno que está descoberto e cultivado (CARVALHO, 2008). Para a sua determinação, faz-se necessário o conhecimento do uso e ocupação do solo da área analisada.

O mapa de uso e ocupação do solo da Bacia do Rio das Fêmeas (Figura 1b) foi obtido a partir do processo de classificação supervisionada de uma imagem do satélite Landsat 8 (órbita ponto 220-69 de 18/08/2017), utilizando para tanto o algoritmo *Support Vector Machine* (SVM) do *software* ENVI 5.5. A classificação foi validada com trabalho de campo através da coleta de pontos de localização.

Os valores do fator *C* foram obtidos a partir da literatura em estudos de bacias com coberturas do solo semelhantes as existentes na Bacia do Rio das Fêmeas. A Tabela 1 apresenta os valores do fator *C* para cada tipo de uso e ocupação do solo.

Tabela 1 – Fator *C* para cada classe de uso e ocupação do solo.

Uso do solo	Área (ha)	Área (%)	Fator *C*	Fonte
Cerrado	23.97	37,33%	0,0007	Paranhas Filho *et al.* (2003)
Agricultura irrigada	12.640,1	1,97%	0,018	Farinasso *et al.* (2006)
Queimada	335,21	0,05%	0,01	Paranhas Filho *et al.* (2003)
Agricultura de sequeiro	376.19	58,59%	0,2	Paranhas Filho *et al.* (2003)
Vereda	12.651,9	1,97%	0,012	Farinasso *et al.* (2006)
Água	567,63	0,09%	0	Farinasso *et al.* (2006)

Práticas conservacionistas (Fator P)

O fator *P* representa a utilização de práticas que proporcionam uma maior proteção ao solo quanto a sua perda em áreas ocupadas. Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1985), os valores do fator *P* variam de 1 a 0,1 de acordo com a prática conservacionista utilizada, tais como: plantio morro abaixo; plantio em contorno; alternância de capinas mais plantio em contorno; cordões de vegetação permanente e terraços. Quanto mais eficiente for a prática adotada, menor será o valor do fator *P*.

Devido falta de informações da realização de práticas conservacionistas na região da Bacia do Rio das Fêmeas, foi o atribuído o valor de 1, conforme realizado também nos estudos de Irvem *et al.* (2007), Silva *et al*. (2012) e Fistarol (2016).

2.3 Análise qualitativa das perdas de solo

Para análise qualitativa das perdas de solo na Bacia do Rio das Fêmeas foi utilizada a classificação adotada por Irvem *et al.* (2007) e Silva *et al.* (2012), apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação das perdas de solo em bacias hidrográficas.

Perdas de solo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$)	Classificação
<5	Muito baixa
5 – 12	Baixa
12 – 50	Moderada
50 – 100	Forte
100 – 200	Muito forte
>200	Extremamente forte

3 Resultados e discussões

A Figura 2(a) apresenta distribuição espacial do fator *R* na Bacia do Rio das Fêmeas, que possui valores mínimos de 6.176,2 ($MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$), máximos de 8.804,2 ($MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$) e um valor médio de 7.269,1 ($MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1}$), considerado muito forte conforme classificação da Eletrobrás (1988), citada por Carvalho (2008).

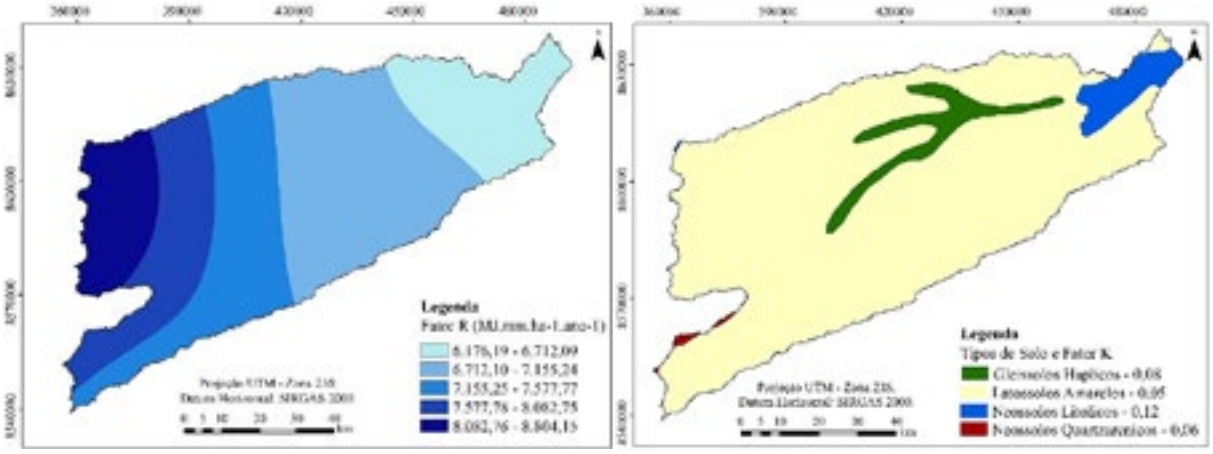


Figura 2(a) – Fator *R* espacializado na Bacia do Rio das Fêmeas. Figura 2(b) – Fator *K* espacializado na bacia do Rio das Fêmeas.

Os valores de erosividade da chuva aumentam no sentido de leste para oeste, assim como os índices pluviométricos, ficando a porção oeste da bacia, que concentrada a maior parte da área agrícola, conforme a Figura 1(b), susceptível a uma maior degradação do solo pelo impacto das gotas de chuva.

A Figura 2(b) apresenta os tipos de solo presentes na bacia e seus respectivos valores do fator *K*, que apresentam valores considerados de fraca erodibilidade de acordo com a classificação proposta pela Eletrobrás (1988), citada por Carvalho (2008).. O solo com menor potencial de erosão é o Latossolo Amarelo, que corresponde a mais de 90% da área da bacia, logo o fator *K* contribui pouco para a erosão do solo. Já o solo mais suscetível à erosão o Neossolo Litólico, que corresponde a uma porção de apenas 3,97%, e localiza-se na porção leste da bacia, próximo a foz.

A Figura 3(a) representa o fator *LS* na bacia que apresenta um valor médio de 0,31. A classe predominante varia de 0 até 0,3, seguida da classe 0,4 até 1,0, demonstrando que a topografia é muito plana no interior da bacia, o que indica que o fator *LS* não é um agravante na perda e erosão do solo em uma porção considerável da bacia. Na porção leste da bacia o valor aumenta de 7,8 até 22,0 e é explicado pela ocorrência das feições geomorfológicas dos Planaltos em Patamares que ocasionam esse aumento no desnível, aumentando assim o potencial de erosão do solo, a partir desse fator, nessa parte da bacia.

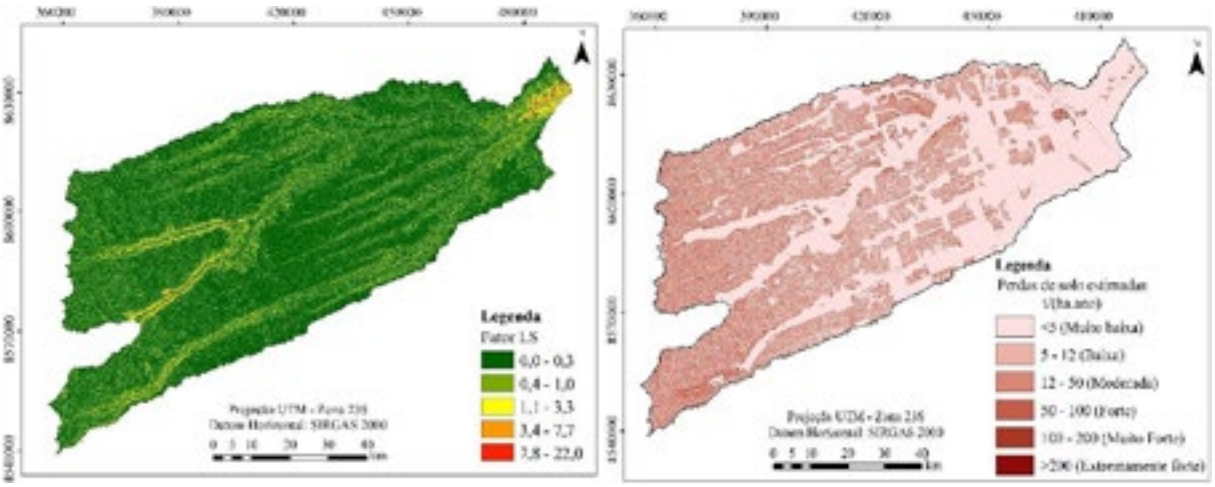


Figura 3(a) – Mapa de distribuição do Fator *LS* na Bacia do Rio das Fêmeas. Figura 3(b) – Mapa de perda de solo para a Bacia do Rio das Fêmeas.

Em relação ao fator *C* (Tabela 1), a classe agricultura de sequeiro (Figura 1(b)), que possui uma área de 58,59%, é a mais vulnerável aos processos erosivos do solo devido sua maior exposição aos impactos das gotas de chuva, além do fluxo laminar intenso, contribuindo assim para uma maior desagregação e transporte de sedimentos. A classe cerrado (Figura 1(b)), abrange uma área de 37,33% de área e possui o menor valor para o fator *C* (Tabela 1), devido a cobertura vegetal ser um bom atenuante aos processos erosivos, já que protege o solo contra o impacto direto das gotas de chuva, além das raízes contribuírem para uma maior estabilidade do solo, infiltração e diminuição da quantidade de solo transportado pela erosão laminar.

A classe agricultura irrigada (Figura 1(b)), possui o valor de fator *C* inferior a agricultura de sequeiro (0,018), já que apresenta uma cobertura do solo mais constante ao longo do ano quando comparado a agricultura de sequeiro, o que diminiu assim a sua susceptibilidade aos processos erosivos, quando comparado com a agricultura de sequeiro.

A Figura 3(b) apresenta a estimativa de perda de solo para a Bacia do Rio das Fêmeas, no período e nas condições analisadas. As perdas de solo na bacia variaram de 0 a 380 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$, com valores médios de 10,85 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$, sendo considerada baixa de acordo com a classificação adotada por Irvem *et al.* (2007) e Silva *et al.* (2012).

A Tabela 3 apresenta a distribuição qualitativa das perdas de solo na Bacia do Rio das Fêmeas.

Tabela 3 – Distribuição qualitativa das perdas de solo.

Perdas de solo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$)	Classificação	Área (%)
<5	Muito baixa	53,85%
5 – 12	Baixa	14,21%
12 – 50	Moderada	29,08%
50 – 100	Forte	2,65%
100 – 200	Muito Forte	0,20%
>200	Extremamente Forte	0,01%

Observa-se que 53,85% da bacia apresenta perdas de solo consideradas muito baixas (Tabela 3). Isso decorre do consórcio de fatores com baixa susceptibilidade a processos erosivos

em parte considerável da bacia, como o fator *K* do Latossolo Amarelo, o fator *LS* e o fator *C* das áreas de vegetação nativa.

Por outro lado, as áreas que apresentaram uma perda de solo mais intensas foram aquelas que tiveram o consórcio de fatores com um potencial erosivo mais intenso, como o fator *R* da porção oeste e o fator *C* da agricultura de sequeiro.

A Tabela 4 apresenta as perdas de solo de acordo com o uso e ocupação do solo, o que corrobora essa análise.

Tabela 4 – Classificação das perdas de solo de acordo com uso e ocupação.

Uso do solo	Área (ha)	(%)	Perda de solo ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$)		Classificação
			Média	Desvio Padrão	
Agricultura de sequeiro	376.19	58,59%	18,25	17,02	Moderada
Cerrado	239.70	37,33%	0,13	0,32	Muito baixa
Agricultura irrigada	12.640,1	1,97%	1,91	1,74	Muito baixa
Vereda	12.651,9	1,97%	3,46	11,55	Muito baixa
Água	567,63	0,09%	0	0	Muito baixa
Queimada	335,21	0,05%	1,32	2,33	Muito baixa

A agricultura de sequeiro, que ocupa 58,59% da área total da bacia (Tabela 4) e que apresenta um valor do fator *C* mais elevado, apresentou uma perda de solo média de 18,25 ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$), sendo classificada como moderada. Já a classe cerrado, que possui a segunda maior representatividade de área da bacia, com 37,33%, mas um valor inferio do fator *C*, apresentou uma média de perda de solo de apenas 0,13 ($t.ha^{-1}.ano^{-1}$), sendo classificada como muito baixa.

As demais classes de uso e ocupação do solo como agricultura irrigada, vereda, água, queimada, possuem uma área de cobertura bem inferior e foram classificadas como perda de solo nula ou pequena (Tabela 4).

As perdas de solo estimadas para a Bacia do Rio das Fêmeas foram inferiores as estimadas para a Bacia do Rio de Ondas por Fistarol *et al.* (2016), que estimou uma perda de

solo média considerada moderada (média de 13,36 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$) e valores superiores de perdas na classe de agricultura de sequeiro (média de 32,69 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$).

Embora ambas as bacias possuam as características físicas e de ocupação semelhante, os maiores valores estimados de perdas de solo para a Bacia do Rio de Ondas, quando comparado a Bacia do Rio das Fêmeas, deve-se ao fato da Bacia do Rio das Fêmeas apresentar mais áreas com valores elevados do fator *LS*.

4. Considerações finais

A perda de solo média da Bacia do Rio de Ondas, para o atual uso e ocupação do solo, foi estimada em 10,85 $t.ha^{-1}ano^{-1}$, sendo considerada baixa.

Os fatores principais para a contribuição dos processos erosivos foram o *LS* e *C*, com maior destaque para o fator *C*. A região com maior potencial para perda de solo foi a região oeste da bacia, onde se concentra a maior parte das áreas de agricultura de sequeiro, o que evidencia que esse uso, sem a adoção de práticas conservacionistas adequadas, contribui em grande quantidade para a perda de solo. Por outro lado, a região leste da bacia, onde predomina a vegetação nativa do cerrado, apresentou uma perda de solo muito baixa, demonstrando assim a eficiência da cobertura vegetal na atenuação de processos erosivos.

Deve ser estimulado o uso de práticas conservacionistas que diminuam as perdas de solo em áreas agrícolas, bem como a preservação da vegetação nativa da região.

Para um maior entendimento, essas estimativas de perdas de solo aqui apresentadas, devem ser corroboradas a partir de cálculos de taxa de transferência de sedimentos e dados sedimentométricos coletados em campo.

Agradecimentos

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do CNPq em parceria com a UFOB pela bolsa de iniciação científica do primeiro autor.

Referências Bibliográficas

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; RAMOS, V. M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solo utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 7, n. 2, p. 73-85, 2006.

FISTAROL, P. H. B.; SANTOS, J. Y. G.; NAKAMURA, T. C. Estimativas das perdas de solo na Bacia do Rio de Ondas, Estado da Bahia. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS. 12., 2016, Porto Velho. **Anais**... Porto Velho: ABRH.

IRVEM, A.; TOPALOGLU, F.; UYGUR, V. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan River Basin in Turkey. **Journal of Hydrology**. v. 336, n. 1, p. 30 – 37, 2007.

NASCIMENTO, R. Q.; SANTOS, J. Y. G. Análise das alterações ocorridas no uso e ocupação do solo da Bacia do Rio das Fêmeas, Estado da Bahia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 19., 2019, Santos. **Anais**... Santos: SELPER Brasil.

PARANHAS FILHO, A. C.; FIORI, A. P.; DISPERATI, L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTORIA, G. Avaliação multitemporal das perdas de solo na Bacia do Rio Taguarizinho – MS. **Boletim Paranaense de Geociências**. v. 52, p. 49 – 59, 2003.

SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L., SANTOS, C. A. G.; Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and priorization of critical sub-catchments: a case of study of Tapacurá catchment. **Natural Hazards**. v. 62, n. 3, p. 953 – 970, 2012.

WILLIAMS, J. R. Sediment routing for agricultural watersheds. **Journal of the American Water Resources Association**. v. 11, p. 965 – 974, 1975.

WISCHMEIER, W. R.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: Guide to conservation farming**. US Department of Agricultural Handbook, 1978, n. 537, p. 58.

ZHANG, Y.; DEGROOTE, J.; WOLTER, C.; SUGUMARAN, R. Integration of Modified Universal Soil Loss Equation (MEUPS) into a GIS framework to asses of soil erosion risk. **Land Degradation & Development**. v. 20, n. 1, p. 84 – 91, 2009.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE TEMPORAL DA PAISAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO PADRE INÁCIO-MT, BRASIL

Alexander Webber Perlandim Ramos [(a)], Camila Souza da Silva [(a)], Grazielle Martinez da Silva [(a)], Bruna Martins de Lima [(b)]

[(a)] Mestrando(a) do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, webber.unemat@gmail.com; camilaengftal@gmail.com; grazielle_martinez@hotmail.com
[(b)] Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, Universidade do Estado de Mato Grosso, brunamartins_af@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As fortes pressões antrópicas geradas sobre os ambientes tem impactado significativamente os recursos naturais ocasionando diversos problemas ambientais. Assim, o escopo do presente trabalho foi avaliar de forma espaço-temporal as mudanças na paisagem da bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio-MT. Para tanto, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5 dos anos de 1997 e 2007 e Landsat-8 de 2017, que foram georreferenciadas, recortadas, segmentadas e classificadas. Nas últimas duas décadas, a classe Floresta Estacional Semi-decidual Submontana apresentou uma redução de 48,66 km², convertida em áreas de pastagem, sendo a classe que obteve maior crescimento (25,48%) ao longo do período analisado. As áreas de Savana Arborizada sem floresta-de-galeria/Florestada que abrangiam 645,30 km² da bacia em 1997 decresceram para 227,34 km² em 2017. As geotecnologias se mostraram importantes ferramentas no monitoramento ambiental evidenciando que a pecuária, principal atividade econômica da região, exerce forte influência nas alterações na paisagem da bacia de pesquisa.

Palavras chave: Sensoriamento remoto; Conservação ambiental; Pastagem.

1. Introdução

O crescimento das atividades antrópicas tem impactado significativamente os recursos naturais, ocasionando grandes problemas devido às pressões geradas sobre os ambientes. Tais alterações estão diretamente ligadas aos modelos de exploração/produção, sem as devidas preocupações com as capacidades ambientais, principalmente em razão dos modelos de consumo atuais que utilizando os recursos

naturais como bens financeiros (OLIVEIRA; TEIXEIRA; PASSOS, 2018; RAMOS et al., 2018; MESSIAS et al., 2012).

Nessa perspectiva, o monitoramento ambiental principalmente no âmbito das bacias hidrográficas, que de acordo com Baruqui e Fernandes (1985) são sistemas adequados para a avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, têm auxiliado na tomada de decisão dos órgãos públicos, sendo as geotecnologias ferramentas essenciais neste processo, pois, possibilitam o gerenciamento dos componentes naturais agregando dados espaciais derivados de fontes multivariadas permitindo a compreensão da dinâmica da paisagem (NOMA; KÖRTING; FONSECA, 2013; RAMOS et al., 2018).

Brito (2010) destaca que, as ferramentas computacionais desenvolvidas para o geoprocessamento permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes, por criar bancos de dados georreferenciados, permitindo a automatização da produção de documentos cartográficos oferecendo diversas vantagens na gestão ambiental e territorial, devido a sua precisão e qualidade, sendo uma das formas mais eficientes de análise, uteis ao planejamento e monitoramento ambiental (GOUVEIA et al., 2015; POELKING, 2007).

Face ao exposto, considerando a importância de estudos que contribuam na geração de subsídios para o gerenciamento conservacionista da paisagem da Bacia do Alto Paraguai (BAP), que abrange o Pantanal, maior planície alagável do mundo, o presente trabalho foi realizado com o escopo de avaliar de forma espaço-temporal as mudanças na paisagem da bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio, decorrentes da ação antrópica, através da utilização de geotecnologias como ferramenta de suporte.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio (BHCPI) está localizada na região sudoeste de planejamento do Estado de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2017), entre as

coordenadas geográficas 57º45' a 58º07" de longitude oeste e 15º34' a 16º18' de latitude sul. Com uma área territorial de 1.726,53 km² a bacia está distribuída nos municípios de Cáceres (74,79%), Mirassol D'Oeste (17,20%) e Curvelândia (8,01%) (DASSOLLER et al., 2014), abrangendo os biomas Pantanal e Cerrado (Figura 1).

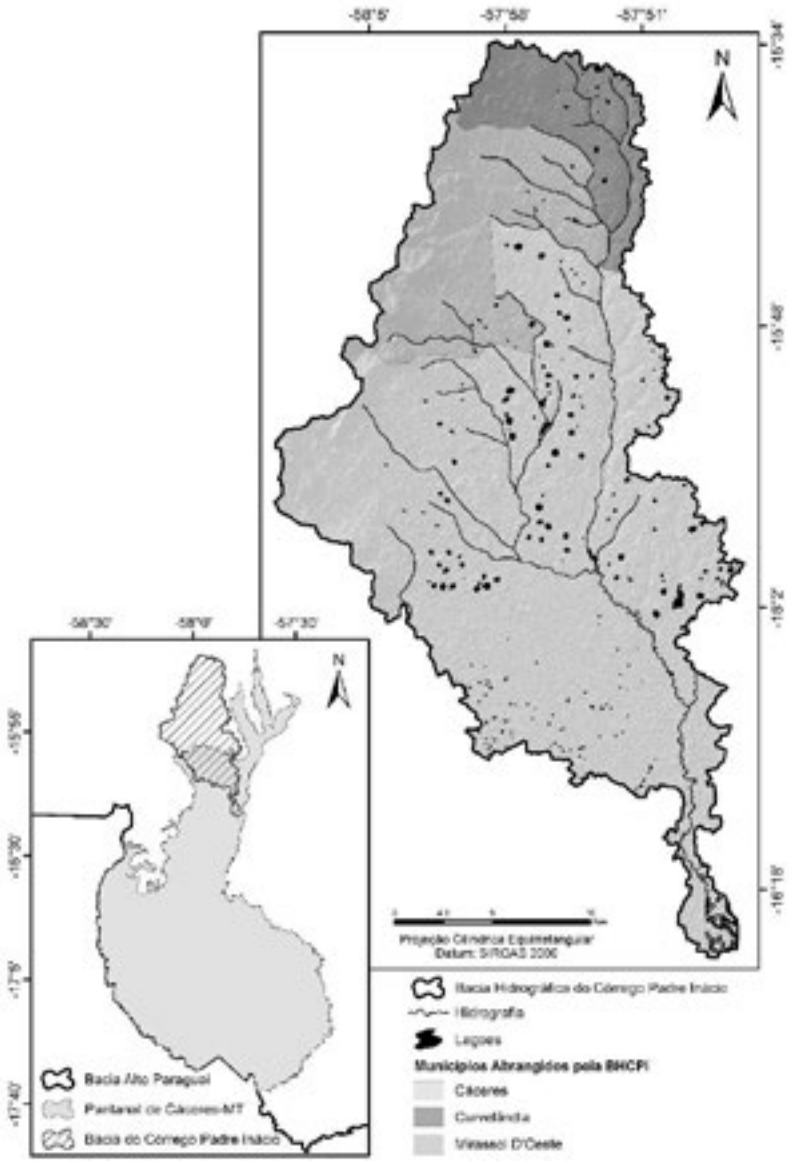


Figura 1 – Bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio no contexto da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal de Cáceres. Bases cartográficas: LabGEO UNEMAT. Elaboração: Os autores (2018).

2.2. Procedimentos metodológicos

Para a geração do mapa de Cobertural Vegetal e Usos das Terras, foram adquiridas imagens do satélite Landsat-5 dos anos de 1997 e 2007 e Landsat-8 de 2017, Órbita 228, Pontos 70 e 71, ambas com resolução espacial de 30 metros, obtidas gratuitamente no sítio do Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais-INPE e Serviço Geológico Americano (USGS, 2016). Foram realizados os seguintes procedimentos: georreferenciamento, corte, segmentação e classificação supervisionada com software Spring-INPE (CÂMARA et al., 1996) versão 5.5.3. O recorte foi feito utilizando a base cartográfica digital da bacia como máscara.

No processo de segmentação foi utilizado o método de crescimento da região, cujos valores de limiar de similaridade e de área definidos foi de 30. De acordo com Dlugosz et al. (2009), a similaridade é o limiar equivalente à proximidade radiométrica entre pixels, sendo o valor da distância euclidiana mínima entre as médias das regiões, ao qual duas regiões são consideradas similares e, então, agrupadas (RAMOS et al., 2018). O limiar de área corresponde ao número mínimo de pixels agrupamento de uma região, sendo, portanto, a dimensão mínima que cada segmento/polígono deve possuir na operação de agrupamento (DLUGOSZ et al., 2009; RAMOS et al., 2018). O classificador utilizado para classificação foi o Bhattacharya, com um limite de aceitação de 99,99%. As classes de Cobertural Vegetal e Usos das Terras foram definidas com base no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2013).

3. Resultados e discussões

Nas últimas duas décadas a bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio têm passado por inúmeras modificações em sua paisagem, principalmente em decorrência da supressão da vegetação nativa (Figura 2).

ISBN: 978-85-7282-778-2

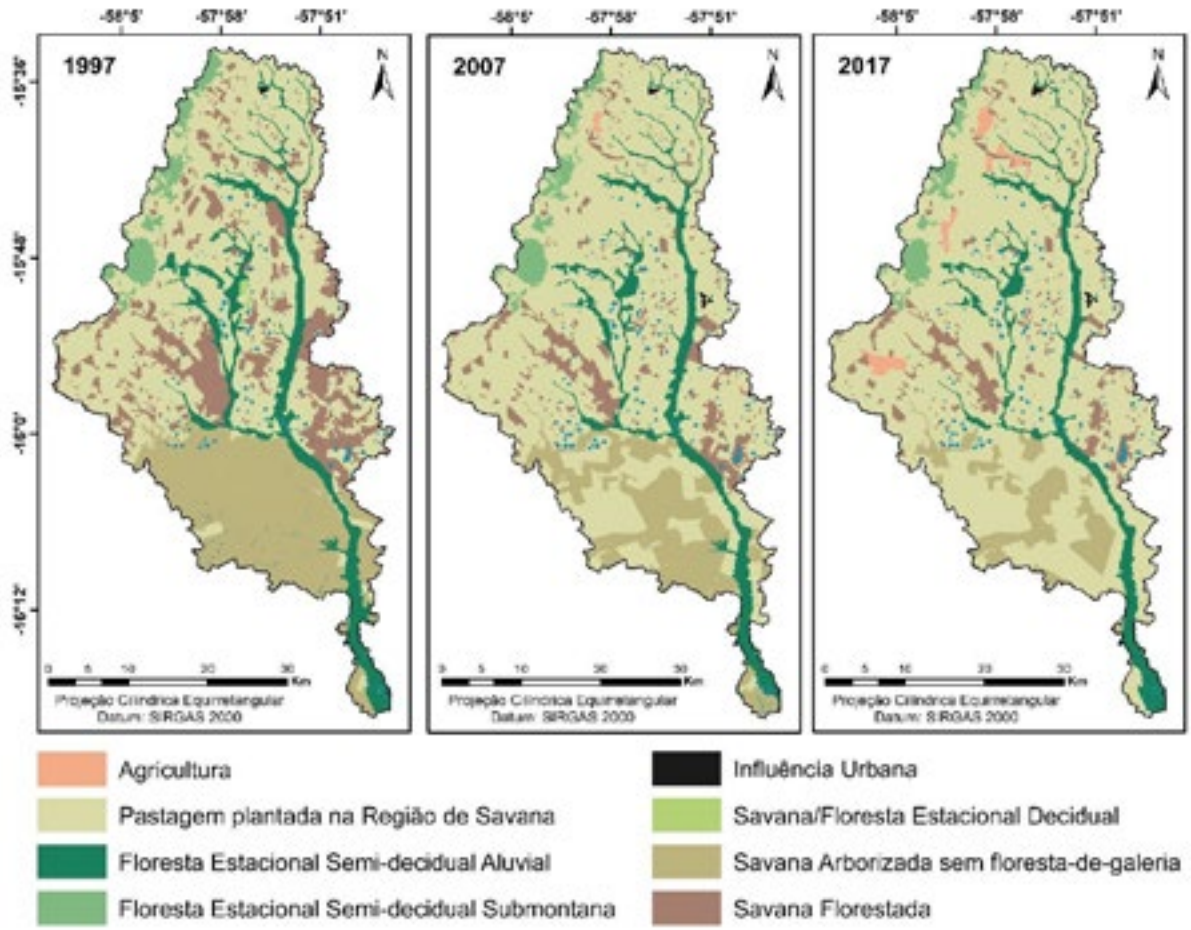


Figura 2 – Cobertura Vegetal e Usos das Terras da bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio nos anos de 1997, 2007 e 2017. Elaboração: Os autores (2019).

As regiões de Floresta Estacional Semi-decidual Submontana, cuja vegetação mostra variações tanto de estrutura como de fisionomia, ora apresentando uma estrutura exuberante com dossel emergente e altura superior a 30 metros, ora exibindo uma estrutura fina, de porte baixo, com dossel uniforme, fraca de espécies de valor comercial e com baixa diversidade (IBGE, 2013), e Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial, que decorrem ao longo dos rios apresentando árvores emergentes, com altura média em torno dos 25 metros (IBGE, 2013) apresentaram nas últimas duas décadas uma redução de 48,66 km², sendo estas convertidas em áreas de pastagem.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A atividade pecuária que pode ser definida de acordo com IBGE (2013) como área destinada ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais, têm sido responsável pelo uso e ocupação dos territórios antropizados e amplamente predominante no espaço rural mato-grossense, sendo um forte componente histórico na formação econômico-social do Estado (MATO GROSSO, 2017). Nessa perspectiva, os dados apontaram um aumento nas áreas de pastagem (Figura 3 - A) da BHCPI de 25,48% do ano de 1997 a 2017, alcançando 1259,76 km² em 2017, um total de 72,96% de toda área da bacia.

Figura 3 – Área de Pastagem (A) e Cultivo de Cana-de-açúcar (B) na bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio no ano de 2017. Fonte: LabGEO UNEMAT (2017).

De acordo com Aquino; Galvanin; Neves (2018), além da aptidão natural da região para o desenvolvimento da pecuária bovina outros fatores como o desenvolvimento econômico também contribuíram para a ampliação das áreas de ocupação e foram responsáveis pelo crescimento registrado, como a implantação do abatedouro em 2004 na cidade de Cáceres aqueceu o desenvolvimento da pecuária na região, bem como o aumento do rebanho e do desmatamento para cultivo de pastagens, assim, nos anos de 2006 a 2012 o município de Cáceres a qual maior parte da bacia está inserida, alcançou altas colocações no ranking estadual dos maiores produtores de bovinos (MATO GROSSO, 2006; AQUINO; GALVANIN; NEVES, 2018), o que reflete a expressividade das áreas de pastagem identificadas.

Ainda que pouco significativa, nota-se ao longo dos anos analisados que houve um aumento da atividade agrícola na BHCPI (Figura 3 – B) que em 1997 era de 0,14% do total de área da bacia, se mantendo constante em 2007, passou a corresponder a 1,51% no ano 2017. Cunha (2006) ressalta que, a agricultura é uma atividade altamente tecnificadas sendo uma alternativa para recuperação de áreas de pastagens degradadas (LIMA et al., 2018). Contudo, o manejo inadequado para sua implantação em áreas inaptas pode acarretar danos diretos e irreversíveis ao ambiente como processos erosivos, a lixiviação e perda da fertilidade dos solos, a destruição florestal e hídrica, além de afetar diretamente a qualidade e o bem-estar da biodiversidade (EHLERS, 1999; LIMA et al., 2018).

Também influenciada negativamente pela pecuária, as áreas de Savana Arborizada sem floresta-de-galeria/Florestada, que se caracterizam pela dominância compartilhada das sinúsias arbórea e herbácea, constituída por árvores de porte médio ou baixo (de 3 a 10 m), em geral, espaçadas e com copas amplas, de esgalhamento baixo e a sinúsia herbácea contínua (IBGE, 2013), apresentaram juntas uma variação de área de 645,30 km² (37,37%) em 1997 para 227,34 km² (13,17%) no ano de 2017.

A Savana/Floresta Estacional Decidual que é um ecótono, ou seja, contato entre duas ou mais regiões fitoecológicas e que se manifestam na forma de interpenetrações de espécies numa mesma área (VELOSO et al., 1991), foi de 2,66 km² para 0,20 km² em 20 anos, o que representa uma baixa mutação pela quantidade de área. Ramos et al. (2018) e Silva et al. (2010) explicam que essa dinâmica é devido esse tipo de vegetação estar localizada próximas às áreas de maior declive, o que dificulta o desenvolvimento de atividades antrópicas.

A classe Influência Urbana, correspondente aos distritos de Santo Antônio do Caramujo e Horizonte D' Oeste ambos pertencentes ao município de Cáceres, apresentou um leve acréscimo de 0,05% para 2,78% do território da bacia, sendo a menor área dentre as classes mapeadas na BHCPI, o que segundo Dassoller et al. (2018), explica-se por essas áreas se

localizarem na zona rural do município de Cáceres, sendo que, a maior parte da população reside no perímetro urbano.

As Massas D'água apresentaram leve variação positiva de 1,16% para 1,36% da área da bacia no período de análise, podendo esse dado ter sido influenciada pela data de aquisição das imagens que podem apresentar uma variação dos elementos da paisagem (DASSOLLER et al., 2018).

Com base nos dados obtidos, se faz necessária a adoção de medidas que auxiliem na recuperação das áreas mais antropizadas, visando a minimização dos impactos ambientais. De acordo com Almeida (2016), o primeiro passo para recuperação de áreas degradadas deve ser o planejamento com uma visão de longo prazo, considerando uma perspectiva geral do problema, sendo que as "receitas" generalistas não funcionam, e que cada situação específica deve receber um tratamento adequado e considerar nesse processo os atores sociais e as atividades econômicas desenvolvidas na área antes da intervenção ambiental (RAMOS et al., 2018).

4. Considerações Finais

As geotecnologias se mostraram importantes ferramentas no monitoramento ambiental evidenciando que a pecuária, principal atividade econômica da região, exerce forte influência nas notáveis alterações ocorridas na paisagem da bacia hidrográfica do Córrego Padre Inácio ao longo de duas décadas analisadas.

Dessa forma, recomenda-se que haja maiores estudos, principalmente referentes a avaliação dos impactos causados pela expansão das atividades antrópicas detectadas na bacia, em especial a pecuária, levando em consideração critérios do âmbito legislativo e ambiental, com a finalidade de promover a aplicação dos planos de controle e monitoramento, bem como a adoção de medidas compensatórias e de práticas ambientalmente corretas.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, D. S. Plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD). In: **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus: Editus, 2016, cap. 3, p. 140-158.

AQUINO, H. R. R. C.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S. Indicadores para Avaliação do Processo de Expansão da Pastagem no Pantanal de Cáceres/MT. **Geografia (Londrina)**, v. 27, n. 2, p. 99-112, 2018.

BARUQUI, A. M.; FERNANDES, M. R. Práticas de conservação do solo. Belo Horizonte. **Informe Agropecuário**, v. 11, n. 128. p. 55-69, 1985.

BRITO, R. A. F. **Projeto de SIG**. Pós-graduação em Geoprocessamento para Gestão Urbana e Cadastramento Rural. Apostila. Lins-SP: Unilins, 2010. 30p.

CÂMARA, G.; SOUZA, FREITAS, R. C. M.; GARRIDO, U. M. J. SPRING: Integrating remote sensingand GIS by object oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CUNHA, J. M. P. Dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste brasileiro: o caso de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 23, n. 1, p. 87-107, 2006.

DASSOLLER, T. F.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. PAIVA, S. L. P. Identificação de conflito de uso da terra em Áreas de Preservação Permanente na bacia hidrográfica córrego Padre Inácio, Mato Grosso, Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 5., 2014, Campo Grande-MS. **Anais...** São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014. p. 426-435.

DLUGOSZ, F. L.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Índice para a avaliação de segmentação de imagens**. FLORESTA**, v. 39, n. 1, p. 131-143, 2009.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável:** origens e perspectivas de um novo paradigma. 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 1999. 157p.

GOUVEIA, R. G. L.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Análise da fragilidade ambiental na bacia do rio Queima-Pé, Tangará da Serra, MT. **Pesquisas em Geociências**, v. 42, n. 2, p. 131-140, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 271p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010.** http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=51&dados=0, acesso em 01 abril de 2018.

LIMA, V. S.; NEVES, S. M. A. S.; SILVA, G. J. O.; BASTOS, L. G.; SANTOS, A. V. O. R.; MIRANDA, M. R. S. Comportamento da agricultura, pecuária e vegetação na Bacia Hidrográfica do rio Cabaçal – MT, Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 7.,

2018, Jardim-MS. **Anais...** São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2018. p. 1060-1067.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes.** Disponível em: <http://metadados.seplan.mt.gov.br/metadados/srv/metadata/396e96a7-6279-4173-9174-a935ee4b32f>, acesso em 03 dezembro de 2018.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Mato Grosso em números:** um diagnóstico da realidade de Mato Grosso. Edição 2006. Disponível em: Disponível em: <www.seplan.mt.gov.br>, acesso em 10 de dezembro de 2018.

MESSIAS, C. G.; FERREIRA, M. F. M.; RIBEIRO, M. B. P.; MENEZES, M. D. Análise empírica de fragilidade ambiental utilizando técnicas de geoprocessamento: o caso da área de influência da hidrelétrica do Funil-MG. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 112-125, 2012.

NOMA, A.; KÖRTING, T. S.; FONSECA, L. M. G. Uma Comparação entre classificadores usando Regiões e Perfis EVI para Agricultura. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu-PR. **Anais…** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 2250-2257.

OLIVEIRA. O. A.; TEIXEIRA, T. M. A.; PASSO, D. P. Mapeamento dos conflitos de uso da terra em áreas de preservação permanente dos rios que contribuem para o barramento do rio Paranã, Formosa-GO. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 38, n. 3, p. 491-515, 2018.

POELKING, E. L. **Aptidão, evolução e conflitos de uso das terras no município de Itaara, RS**. 2007. 67f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.

RAMOS, A. W. P.; LUZ, C. C. S.; NEVES, S. M. A. S.; FREITAS, L. E.; NEVES, L. F. S. Análise da capacidade e conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do Córrego da Piraputanga-MT, Brasil. **CADERNO DE GEOGRAFIA**, v. 28, n. 55, p. 812-827, 2018.

SILVA, A. M.; SILVA, J. S. V.; LUCIANO, A. C. S. Distribuição dos contatos florísticos e refúgios vegetacionais no Pantanal brasileiro. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3., 2010, Cáceres-MT. **Anais...** São José dos Campos: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2010. p. 352-362.

USGS. **United States Geological Survey**, 2016. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov>, acesso em 11 dezembro de 2018.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE TEMPORAL DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO (NDVI) NA FORMAÇÃO FECHO DO FUNIL NA PORÇÃO CENTRAL DO SINCLINAL DOM BOSCO, QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MG) ENTRE OS ANOS DE 1985 E 2018.

Ana Clara Mendes Caixeta [(a)], Evelyn Aparecida Mecenero Sanchez [(b)], Juliano Alves de Senna [(c)]

[(a) (c)] Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (LGSR), Centro de Estudos em Geociências (CeGeo), Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), [(a)] ana.caixeta@ict.ufvjm.edu.br;
[(b)]Laboratório de Paleontologia, Centro de Estudos em Geociências (CeGeo), Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM); evelyn.sanchez@ict.ufvjm.edu.br;
[(c)] jsenna@ict.ufvjm.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Este trabalho tem o objetivo de comparar a dinâmica da vegetação na Formação Fecho do Funil na porção central do Sinclinal Dom Bosco nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2018 com a aplicação do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) nas imagens Landsat 5 e 8. Para realizar este trabalho foi utilizado o software QGIS em três etapas: o pré-processamento, processamento sensu strictu, e geração dos mapas. Assim, analisou-se uma dinâmica variável da vegetação na área de estudo, com destaque para a preservação de 80% da área verde de 1985, seguindo por uma drástica redução de 50% em 1995 e o início de pequeno crescimento em 2015. A área com uma densa vegetação em todas as imagens está na região oeste, que caracteriza a ausência de rocha na superficie. Na região sudeste ocorre à ausência de vegetação em todas as imagens que pode ser classificada como afloramentos.

Palavras chave: NDVI, dinâmica da vegetação, SIG, sensoriamento remoto

1. Introdução

As plataformas SIG (sistemas de informações georreferenciadas) atualmente são fundamentais na interpretação de dados e informações da superficie da Terra, através da manipulação temporal e espacial dos dados. Estes dados servem de insumo para simulações,

de monitoramentos (desmatamento, cultura, água, canais, crescimento urbano, entre outros), aplicação de modelos (terreno, inundação, ambientais), zoneamentos e a geração de mapas finais de diferentes estudos.

O sensoriamento remoto corrobora com o SIG, com a análise da resposta do comportamento espectral dos alvos da superfície na terra. Entretanto, ressalta-se que ao analisar o alvo devem-se observar os dados de aquisição da imagem (geometria de coleta dos dados, resolução espectral, espacial, radiométrica, etc.) (NOVO, 2008).

Dentre os alvos da superfície na terra está a complexa vegetação. Pois, divesos estudos fazem abordagens de diferentes estágios de desenvolvimento da planta, como, por exemplo, o estudo de Carvalho Júnior *et al* (2008), que classifica um padrão das assinaturas temporais para detectar tipos de savanas no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Já, no estudo de Ramos et al (2010), aborda-se o uso do SIG na distribuição espacial das áreas cultivadas, mudanças na cobertura do solo, monitoramento da vegetação em diferentes momentos do ano e recorte temporal (RAMOS et al, 20010).

Outros estudos, como o Braz *et al* (2015), Borratto *et al* (2013), França *et al* (2012), analisam o comportamento, a dinâmica e espacialização da vegetação em diferentes escalas, como as bacias hidrograficas, as áreas adjacentes a lagoas, munícipios, regiões, áreas urbanas, entre outras. Ressalta-se que estes estudos passam por uma redução de custo e principalmente pelos aprimoramentos dos sensores remotos, dos softwares e da acessibilidade das imagens de satélites. Assim, é possível ter uma maior confiabilidade nos dados.

Para obter estas análises, neste estudo utilizam-se operações algébricas e modelos matemáticos empregando bandas espectrais específicas dos sensores da imagem de satélite. No caso do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) utilizam-se os comprimentos de onda de maior absorção (650nm) corresponde ao vermelho e de maior reflexão (760 – 900nm), que corresponde ao infravermelho próximo (NOVO, 2008).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Diante disso, este trabalho tem o objetivo de comparar a dinâmica da vegetação na Formação Fecho do Funil (FFF) na porção central do Sinclinal Dom Bosco nos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2018 com a aplicação do NDVI nas imagens Landsat 5 e 8.

2. Caracterização da área de estudo

A área de estudo (Figura 01) possui uma área de aproximadamente 6,69 km², nas coordenadas 7743596 m Sul e 656232 m Oeste do fuso 23S e está localizada a oeste da cidade de Ouro Preto. Para chegar ao local de estudo, deve-se sair da cidade de Ouro Preto pela Rodovia dos Inconfidentes e virar à esquerda na BR-356. Esta distância é de aproximadamente 30 km. Já, da capital Belo Horizonte está a aproximadamente 90 km utilizando a BR-356.

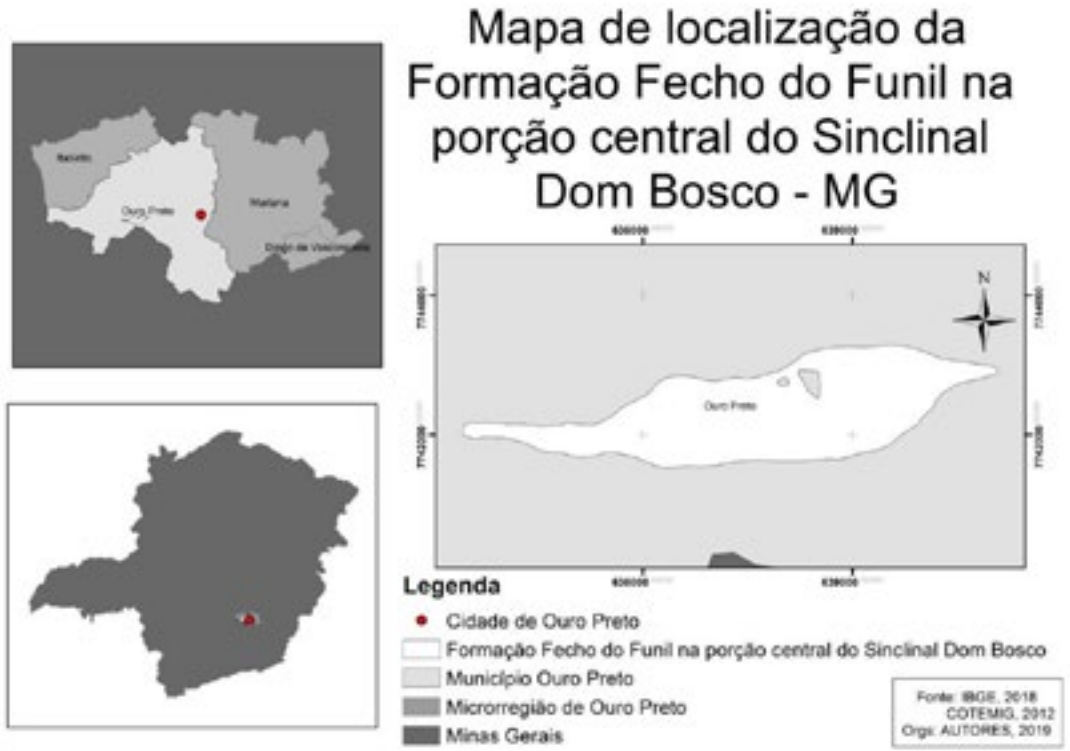


Figura 1: Localização da área de estudo

ISBN: 978-85-7282-778-2

A complexa FFF está no Grupo Piracicaba (Quadrilátero Ferrífero) representada pelos litotipos (i) filito (padrão, dolomítico, e multicolorido), (ii) metassiltito, (iii) mármore e (iv) dolomito impuro (REF). Na porção central do Sinclinal Dom Bosco, a "FFF" é caracterizada por mármores (castanho avermelhados) contendo camadas estromatolíticas que ocorrem principalmente na jazida da Mina do Cumbe no município de Ouro Preto (MG) (BEZZERA, 1999).

De acordo com Bezzera (1999) a vegetação local pode ser compreendida com "Planalto de Campos das Vertentes, onde se desenvolveram florestas estacionais semideciduais, refúgios ecológicos campestres montano e alto-montano" (BEZZERA, 1999, p.3).

3. Materiais e métodos

As bases cartográficas foram utilizadas na folha geológica de Outro Preto (SF.23-X-A-III). As imagens portal do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) visualizadas na Quadro1 estão caracterizadas a origem das imagens, quanto o seu satélite, sensor e data. No Quadro ainda foi inserido as duas bandas pertencentes à faixa do vermelho e do infravermelho para o cálculo do NDVI.

Satélite	Sensor	Data da Imagem	Bandas NDVI
Landsat 5	TM	17 de fevereiro de 1985	B3/B4
Landsat 5	TM	08 de agosto de 1995	B3/B4
Landsat 5	TM	02 de julho de 2005	B3/B4
Landsat 8	OLI	31 de agosto de 2015	B4/B5
Landsat 8	OLI	6 de julho de 2018.	B4/B5

Quadro 1: Características das imagens de satélites utilizadas.

Fonte: Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Org: Autores, 2018

3.1 Os métodos utilizados:

De posse destes dados, o trabalho foi realizado no software QGIS em três etapas: (i) o pré-processamento, (ii) processamento *sensu strictu*, e (iii) geração dos mapas. No (i) pré-processamento ocorreu a reprojeção das imagens para o hemisfério sul para as cinco cenas.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Na etapa seguinte desta fase ocorreu a correções da reflectância, que para as imagens Landsat 8 foi realizado a calculadora raster com a aplicação da equação (1) de correção fornecida pelo site USGS:

$$\rho = \frac{M_\rho Q_{cal} + A_\rho}{\sin(\theta_{SE})} \quad (1)$$

Sendo: Mρ = reflectance mult band x;

Qcal = reflectance add band x;

Aρ = banda x;

Sin (θ SE) = elevação solar.

As informações destas imagens, que serviram para realizar esta operação, estão no arquivo "*mlt*". Nas imagens Landsat 5 foi realizado o método DOS (*Dark Object Subtraction*) apresentado na ferramenta de "*Semi-Automatic Classification Plugin*" do QGIS. Este método foi desenvolvido por Chavez (1996) para correção do espalhamento atmosférico. Neste método, não é necessário obter informações sobre as condições atmosféricas da data da imagem, sendo de fácil aplicação para todas as bandas da cena (CHAVEZ, 1996; SANCHES et al., 2011; TEIXEIRA et al., 2017).

No (ii) processamento foi aplicado o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), que é determinado pela reflectância do infravermelho e vermelho com a equação (2) seguinte (ROUSE, *et al*, 1973):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (2)$$

Sendo: NIR= Refletância no infravermelho;

RED= Refletância no vermelho

Os valores obtidos no NDVI variam em uma escala no intervalo de -1 e 1. Sendo os valores mais próximos de 1, possui-se uma alta reflectância, representando uma densa área de vegetação e os valores próximos a -1 apresentam uma baixa reflectância, representando uma ausência de vegetação, que pode ser vários outros alvos.

Nas imagens Landsat 5, foram utilizadas as bandas 3 e 4 e nas imagens Landsat 8 foram utilizadas as bandas 4 e 5. De posse do NDVI foi realizado uma classificação com 5 categorias para diferenciar a classe com maior reflectância. Com a padronização do processamento para as cinco cenas é possível realizar uma comparação dos mapas.

Após essa classificação, foi possível transformar o arquivo raster para vetor e assim possibilitar o cálculo da área de vegetação, para realizar um comparativo. Por fim, no software QGIS realizaram-se os layouts dos mapas (iii) com a análise temporal e espacial da dinâmica da vegetação. O QGIS, de acordo com Bossle (2016), é um software possível de adicionar pequenas alterações (*plugins*) para impor novas funcionalidades ao programa, que comprova uma readaptação às necessidades do profissional (BOSSLE, 2016, p. 61).

4. Resultados e discussão

As imagens utilizadas restringiram-se aos meses de seca (julho, agosto e setembro), quando a vegetação está mais seca, possibilitando uma padronização das mesmas juntamente com os processos realizados já elencados na metodologia. Ao longo dos anos analisados verificou-se que nos resultados do NDVI ocorreu uma heterogeneidade na área da vegetação, com uma redução significativa nas décadas de 1995 e 2005 (Figura 2 B e C), seguidos por um crescimento gradual da vegetação após o ano de 2015 (Figura 2 D e E). No ano de 1985 (Figura 2A), houve um destaque para a vegetação que estava preservada na área de estudo.

No NDVI foram geradas cinco classes. Os maiores valores obtidos no índice compreendem o intervalo entre 0,82 à 0,63 aproximadamente, que corresponde a uma densa vegetação, para todas as imagens na área oeste da FFF na porção central do sinclinal Bom Bosco. O NDVI com a classe do intervalo de todas nas imagens de 0,19 à 0,13 apresenta a

ausência de vegetação, que pode ser classificado com solo exposto, vias, áreas de extração, afloramentos, entre outros.

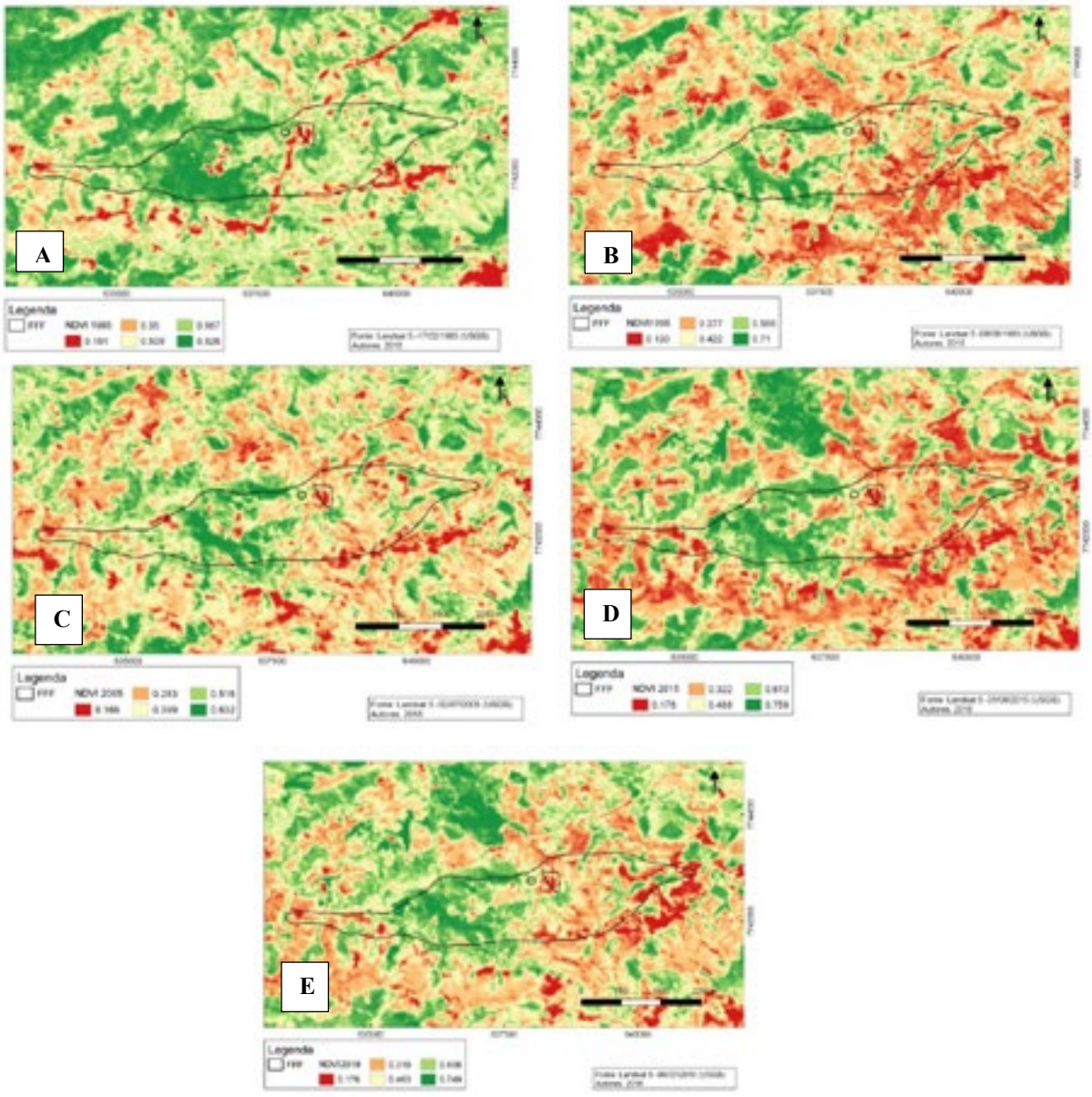


Figura 2. NDVI na Formação Fecho do Funil na porção central do Sinclinal Dom Bosco para os anos de 1985 (A), 1995 (B), 2005(C), 2015 (D) e 2018 (E)

ISBN: 978-85-7282-778-2

E por fim, ao analisar as 3 classes intermediarias de todas as imagens, verifica-se que uma não expressividade da vegetação flutuando das classes de 0,2 à 0,5, que podem ser pastagens, revegetação, diferentes usos do solo, entre outros. Além disso, ressalta-se que na classe representada por 0,5 há um possível indicador do crescimento da área de vegetação (Figura 3). Mas para realizar esta diferenciação é necessário aplicar outros índices que caracterizem cada alvo, ou façam uma classificação supervisionada e uma averiguação em campo.

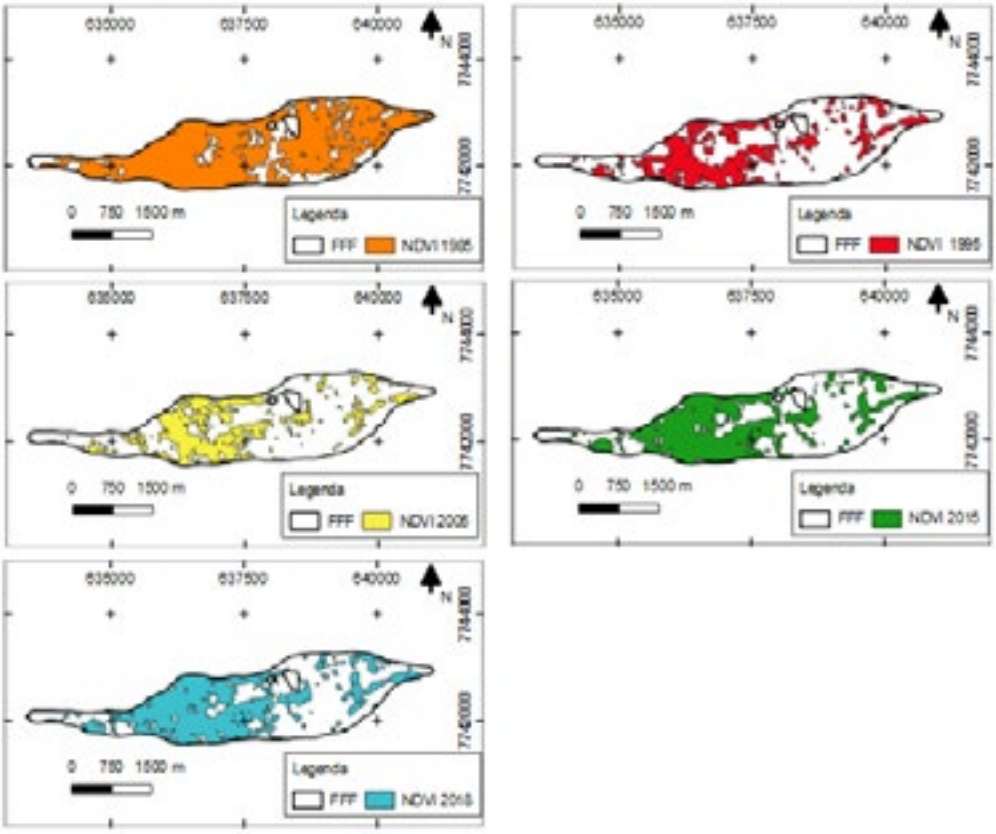


Figura 3 – Área de Vegetação Saudável na FFF porção central do Sinclinal Dom Bosco no período de 1985 à 2018

Ao integrar as duas classes com maiores valores de NDVI, percebe-se as o comportamento de crescimento e recessão destas áreas de vegetação saudáveis espacializadas

na Figura 3 e quantificadas na Figura 4. Primeiramente a redução significativa de aproximadamente 50% da vegetação, do ano de 1985 para 1995. E no segundo momento, um tímido o crescimento de aproximadamente 16%, do ano de 2005 para 2015.

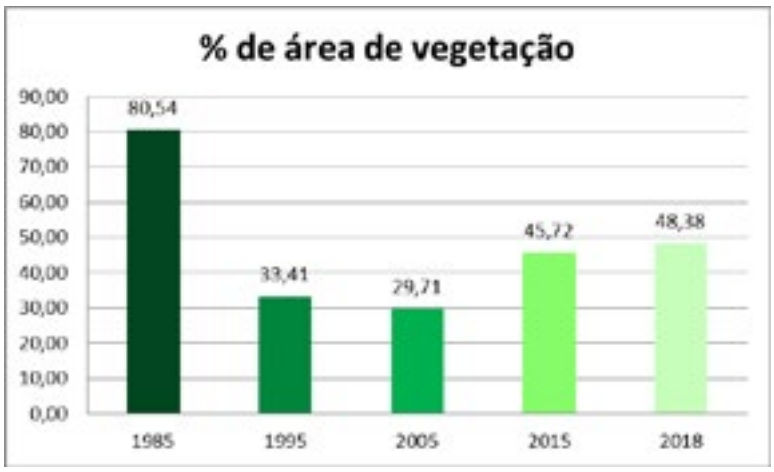


Figura 4 – % de área com alto NDVI

Ao analisar a vegetação dentro da FFF percebe-se uma preservação da densa vegetação em todas as cenas analisadas na porção oeste, que comprova que não ocorre a presença de rocha na superfície. Já, nas áreas com pouca ou nenhuma vegetação, como na região sudeste, apresenta-se uma possível presença de afloramentos, pois além do baixo índice tem-se uma geometria irregular. Mas também possibilitam-se diversos usos do solo para essas áreas, como por exemplo, edificações, vias, drenagem, área de exploração, entre outros. Já na região leste ocorreu uma área de transição com alguns anos com alto índice e outros não.

5. Conclusões

Há uma dinâmica variável da vegetação na área de estudo, com destaque para a região oeste com altos valores de NDVI para todas as imagens comprovando a presença de uma densa vegetação e possivelmente com a ausência da rocha na superfície. Já, o outro

extremo os valores obtidos do NDVI está na região sudeste da área de estudo possibilitando a presença de afloramentos, vias, edificações, entre outros.

Ao analisar a escala temporal percebe-se uma alta conservação da vegetação com 80% no ano de 1985. Seguindo de uma expressiva redução desta área de aproximadamente 50% no ano de 1995. E por fim, um tímido crescimento da vegetação após a cena de 2015, principalmente na região leste da FFF. Assim, percebe-se que este índice possibilita uma análise do comporamento da vegetação, principalmente nos valores extremos com as áreas de vegetação mais densa e a ausência da mesma.

Assim, costata-se neste SIG um comportamento de desaparecimento da vegetação e no sentido leste nas décadas de 1990 e 2000. Após a década de 2015 uma tímida preservação neste mesmo sentido. Desta forma, para determinar o que são esses alvos que sofreram uma variação do NDVI é necessário desenvolver um estudo aprofundado de diferentes usos do solo. Pois este indice é mais expressivo na analise do comportamento da vegetação.

6. Referências Bibliográficas

BEZERRA, F. N. M. **Mármores ornamentais de Minas Gerais, novas técnicas de caracterização e prospecção: Pedreira do Cumbi – Cachoeira do Campo.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) / Instituto de Geologia. Programa de Pós-Graduação em Geologia. Belo Horizonte, 1999.

BOSSLE, R. C. **QGIS do ABC ao XYZ**. Editora Íthala. 2016

CHAVEZ Jr., P.S. Image-based atmospheric corrections – revisited and improved. Protogrammetric Engineering and Remote **Sensing**, v. 62, n. 9, p. 1025-1036, 1996.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto:** Princípios e Aplicações. Editora Blucher. São Paulo. 2008.

RAMOS, R. R. D. LOPES, H. L. MELO JÚNIOR, J. C. F. CANDEIAS, A. L. B. SIQUEIRA-FILHO, J. A. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada

(NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação** Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Third ERTS Symposium, Proceedings, NASA** SP-351, NASA, Washignton, DC, v. 1, p. 309-317, 1973.

SANCHES, I. D. A. ANDRADE, R. G. QUARTAROLI, C. F. RODRIGUES, C. A. G. Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5–TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE.

Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) – **Imagem Landsat.** Disponível em:<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. Acessado em: 24 de agosto de 2018.

TEIXEIRA, A. M. A. CANDEIAS, A. L. TAVARES JUNIOR B. J. R. Comparação dos índices de vegetação para imagens TM/Landsat 5, com correção e sem correção atmosférica**. R. bras. Geom.,** Curitiba, v. 5, n. 4, p. 524-542, out/dez. 2017.

BORRATTO, I. M. P. GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

BRAZ, A. M.; ÁGUAS, T. A.; GARCIA, P. H. M. Análise de índices de vegetação NDVI e SAVI e índice de área folear (IAF) para a comparação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Córrego Ribeirãozinho, Município de Selvíria – MS. **Revista Percurso – NEMO**. Maringá, v. 7, n. 2 , p. 05- 22, 2015

FRANÇA, A. F. TAVARES JUNIOR, J. R. MOREIRA FILHO. J. C.C. Índices NDVI, NDWI e NDBI como ferramentas ao mapeamento temático do entorno da Lagoa Olho d'água, em Jaboatão dos Guararapes-PE. IV **Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas** e Tecnologias da Geoinformação. Recife - PE, 06- 09 de Maio de 2012, p. 001 - 009

CARVALHO JÚNIOR, O.A., SAMPAIO C.S., SILVA, N.C., COUTO JÚNIOR, A.F., GOMES, R.A.T. CARVALHO A.P.F., SHIMABUKURO, Y.E. Classificação de padrões de savana usando assinaturas temporais NDVI do sensor Modis no Parque Nacional Chapada dos Veadeiros. **Revista Brasileira de Geofísica**, Vol. 26(4), 2008

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

APLICAÇÃO DE *GEOMORPHONS* PARA A CLASSIFICAÇÃO DO RELEVO NO MUNICÍPIO DE NOVA ESPERANÇA DO SUL, BRASIL

Carla Cargnin Faccin [(a)], Romario Trentin [(b)]

[(a)] Geografia, Bolsista PIBIC, Universidade Federal de Santa Maria, carlacfaccin@hotmail.com

[(b)] Departamento de Geociências, Prof. Dr. da UFSM, Universidade Federal de Santa Maria, romario.trentin@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicadas em estudos ambientais

Resumo

O relevo com suas diferentes formas, pode ser caracterizado através do uso de parâmetros geomorfométricos. No município de Nova Esperança do Sul, RS, foi identificado 7 tipos de elementos de relevo (*geomorphons*): picos, cristas, cristas secundárias, encostas, escavado, vales e fossos. O elemento com maior área no município é o vale com 46,68km² e, em segundo, a crista com 33,87 km². Isso se deve ao fato do município estar representado por um relevo muito ondulado. A utilização da automação e geotecnologias auxiliam e diminuem a subjetividade dos procedimentos e técnicas de análise do relevo.

Palavras chave: Relevo, *geomorphons*, geomorfométricos.

1. INTRODUÇÃO

O estudo do relevo, é um dos instrumentos básicos para planos de gestão, pois tem uma grande importância na análise do uso que se pode ter do ambiente.

Recentemente, Jasiewicz; Stepinski (2013) estabeleceu uma classificação de elementos de relevo usando ferramentas de visão computacional. Utilizaram o conceito de "Local Ternary Patterns" para identificar elementos do relevo, denominados de *geomorphons*. Análise automatizada do relevo foi desenvolvida no trabalho de Silveira e Silveira (2018), no estado do Paraná (Brasil). Robaina e Trentin (2016) no estado do

Rio Grande do Sul e Robaina et al (2017) no estado de Tocantins, na Amazônia brasileira.

Apoiado nesses princípios, o presente trabalho tem como objetivo realizar a classificação automatizada dos elementos do relevo do município de Nova Esperança do Sul. A área de estudo está localizada entre as coordenadas geográficas de latitude 29° 23' 40" e 29º 48’ 42” Sul e longitude 54° 50' 32" e 54º 79’ 52” Oeste, localizado na região Oeste do Rio Grande do Sul e apresenta uma área de aproximadamente 193,22 km² conforme podemos observar na Figura 1.

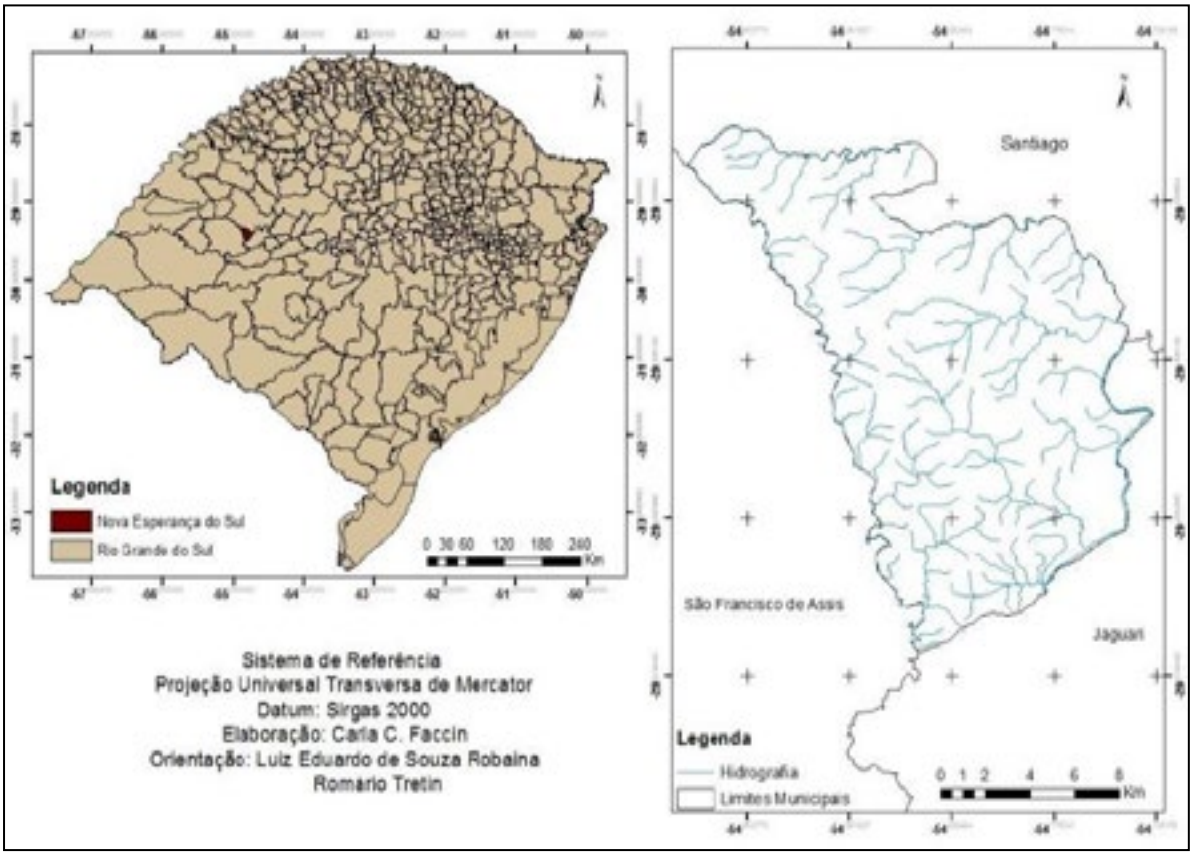


Figura 1: Mapa de localização de Nova Esperança do Sul – RS

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para a definição dos *geomorpnhos* baseia-se na proposta de Jasiewicz & Stepinski, (2013). Para a geração dos *Geomorphons* utilizou-se um aplicativo disponível em << *http://sil.uc.edu/geom/app* >>. O código do aplicativo também está disponível para download em << *http://sil.uc.edu/* >>. Os dois parâmetros livres são *lookup*, L (distância em metros ou unidades de célula) e *threshold*, t (nivelamento em graus). O valor L de 20 pixels (1800 metros) e t de 2 graus foi aplicado aos parâmetros livres.

3.RESULTADOS E DISCUSSÕES

A distribuição espacial dos elementos de relevo (*geomorphons)* no Município de Nova Esperança do Sul, foram obtidas 7 classes: 1) picos 2) cristas 3) cristas secundárias 4) encostas 5) escavado 6) vales 7) fossos, que está apresentado na figura 3. Os vales são mais representativos com 46,68 km² em consequência a forma do relevo do município, sendo um relevo com forte incisão de drenagem, as áreas denominadas cristas apresentam-se com 33,87 km², estas duas formas mostram que o relevo do município com muito ondulado. Com 30,61 km² tem-se as cristas secundárias que correspondem aos interflúvios, as encostas representam área de 29,75 km² e está relacionado aos morros que é muito presente no município.

Conforme a tabela 2 podemos observar os compartimentos identificados no município. Dentre eles os menos representativos são os picos que formam os pontos mais elevado, fossos, e escavado que forma um relevo mais movimentado.

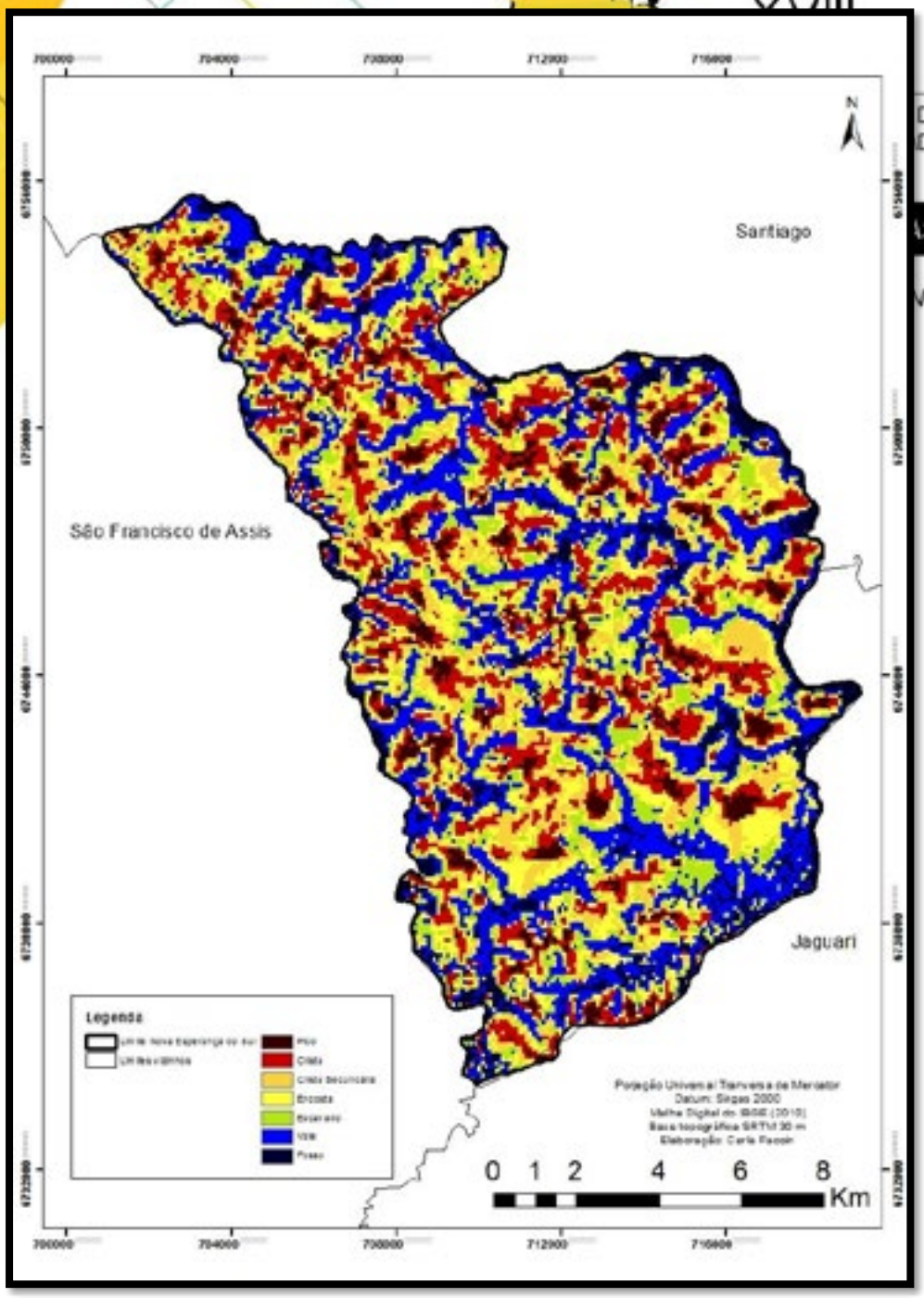
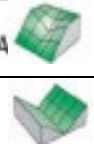
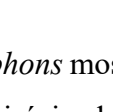


Figura 3: Distribuição espacial dos *geomorphons* no Município de Nova Esperança do Sul.

Tabela 2: Principais Geomorphons reconhecidos na análise do relevo. Modificado de Jasiewicz&Stepinski (2013).

Tipos de *Geomorphons*	Área (km²)	Resultados
Picos	12,43	

Cristas	33,87	
Cristas Secundárias	30,61	
Encostas	29,75	
Escavado	25,15	
Vale	46,68	
Fossos	14,47	

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método utilizado através da classificação denominada *geomorphons* mostrouse uma técnica satisfatória na delimitação das formas do relevo no município de Nova Esperança do Sul.

5 AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo apoio financeiro, aos professores e colegas do (LAGEOLAM).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. **Geomorphons — a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms.** Geomorphology, v. 182, p. 147–156, 2013.

ROBAINA, L.E.S; TRENTIN, R.; LAURENT, F. **Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorhons obtidos em classificação topográfica automatizada**. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.17, n.2, p.287-298, 2016.

ROBAINA, L.E.S; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V.; SCCOTI, A. A. V. **Application of the geomorphons to the landform classifi cation in Tocantins state, Brazil**. **Revista Ra'e Ga**, v. 41 Temático de Geomorfologia, 37-48, 2017. DOI: 10.5380/raega. v41i0.48724

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. **Índice de Posição Topográfica (IPT) para classificação geomorfométrica das formas de relevo no estado do Paraná - Brasil**. Revista Ra'e Ga, v. 41 Temático de Geomorfologia, p. 98-130, 2017. DOI: 10.5380/raega. v41i0.51674

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AVALIAÇÃO DA COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA APLICADA À SUSCETIBILIDADE E POTENCIAL A EROSÃO LAMINAR COMO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

Ricardo de Faria Nicolau [(a)], Ariel Godinho Vespucci [(b)] Luis Gustavo Nicolau de Faria[(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG), Universidade Federal de Goiás (UFG), ricardonicolau41@gmail.com

[(b)] Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB/UFG), Universidade Federal de Goiás (UFG), arielvespucci@hotmail.com

[(c)] Faculdade Evangélica de Goianésia (FACEG), gustavofaceg@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A erosão laminar é de difícil identificação e mensuração em uma região geográfica. Portanto, a representação cartográfica de sua distribuição em compartimentos mofopedológicos é de extrema necessidade atual, para planejamento e gestão da dinâmica do uso e cobertura das terras. Portanto, o objetivo deste trabalho é a avaliação da suscetibilidade e potencial a erosão laminar e a representação da distribuição desses processos em compartimentos. A região nordeste de Goiânia tem um maior risco a suscetibilidade e potencial a erosão laminar e são representados pelos CMPs I, II, VI, VII, VIII, IX. No entanto, os CMPs II, VI e IX, apresentaram maiores áreas de suscetibilidade e potencial a erosão laminar. Os valores da classe extremamente suscetível da suscetibilidade a erosão laminar para esses CMPs são 41,5%, 27% e 74,4%. Enquanto que os valores para as classes baixa, média e alta do potencial a erosão laminar é de 28%, 39% e 16%.

Palavras chave: Compartimentação morfopedológica; Potencial e suscetibilidade a erosão laminar; Uso e cobertura das terras; Planejamento e gestão do território.

1. Introdução

A erosão hídrica associada à eventos chuvosos é responsável pela degradação de cerca de 35,9 bilhões de toneladas de solos férteis perdidos anualmente por alterações antrópicas no mundo (BORRELLI et al., 2013).

No Brasil, os problemas socioambientais que decorrem de processos erosivos já foram destacados em 1994, onde naquela época se apontavam uma perda de aproximadamente 500 milhões de toneladas de terra por ano somente por erosão laminar (MARQUES, 1994).

A erosão laminar, conhecida como erosão em lençol ou superficial, é caracterizada pela desagregação e arraste das partículas que ficam na superfície do solo em camadas uniformes, sem formar os sulcos, desgastando a camada de solo por igual em porções laminares, o que torna esse tipo de impacto mesmo quando acelerado por ação antrópica de difícil identificação (LAL, 2001; LEPSCH, 2010; BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014).

Mesmo destacando-se a concentração de esforços no sentido da compreensão do fenômeno, a erosão ainda constituí um sério problema a ser controlado e no município de Goiânia não é diferente, pois apresenta um processo desordenado e com condições favoráveis para sua ocupação, tendo relevo muito plano e solos predominantemente argilosos. No entanto, mesmo com essas condições do meio físico, existem segundo Carneiro et al. (2017) cerca de 100 focos erosivos laminares e lineares no município de Goiânia detectados em 2016, onde a maior concentração desses processos ocorre em área urbana, devido a faltas administrativas e de planejamento.

Contudo, o planejamento de uma determinada região pode ser realizada através da espacialização da concentração dos processos erosivos laminares e lineares, ao longo território por meio de compartimentos morfopedológicos que são unidades ambientais que se distinguem na paisagem em forma de áreas homogêneas intrínsecas e integradas ao seu meio físico, manifestos como conjuntos fisionômicos individualizados, onde resultam em

ISBN: 978-85-7282-778-2

características funcionais e fisiográficas diferentes dos seus vizinhos (TORRES et al., 2014, NUNES, 2015).

Portanto, o objetivo deste trabalho é a confecção do mapa de compartimentação morfopedológica ligado a suscetibilidade e potencial a erosão laminar, para um melhor planejamento e gestão do município de Goiânia, afim de condicionar melhor ordenamento da dinâmica do uso e ocupação das terras.

1.1 Localização da área de estudo

A área de estudos corresponde ao município de Goiânia e tem aproximadamente 737,56 km². Goiânia se localiza em latitude 16° 40’ 43” S e Longitude 49° 15’ 14”, como pode ser observado na figura 1.

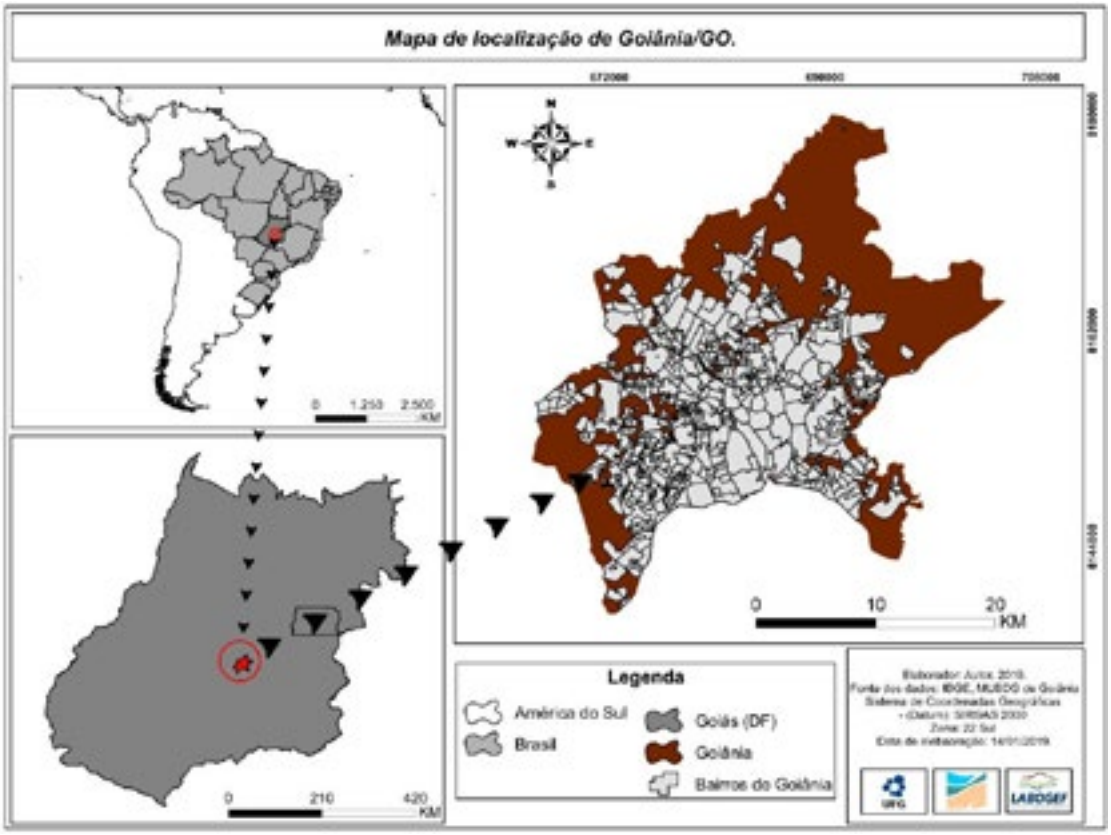


Figura 1 - Mapa de localização do município de Goiânia/GO.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e métodos

2.1 Organização da base de dados cartográficas

A base de dados utilizada para a integração dos vários temas para a criação dos mapas de suscetibilidade e potencial a erosão laminar, assim como da compartimentação morfopedológia, estão na escala de 1:250.000. Os temas utilizados correspondem-se a geomorfologia, que foi elaborado pelo órgão intitulado Superintendência de Geologia e Mineração (SIC), geologia pelo Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), o tema de solos pela Agência de Inovação Rural (EMATER), ambos adquiridos através do site do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG). A hipsometria e declividade foi adquirido através do TOPODATA.

O tema de uso e cobertura das terras foi elaborado através da aquisição de imagem do Landsat 8, sensor (OLI), com cena do mês de agosto de 2018, com resolução de 30 metros, na escala de até 1:150.000. A imagem Landsat 8 que se encontra georreferenciada foi adquirida gratuitamente pelo site do *Earth Explorer* da *Science for a Changing World* (USGS).

A segmentação da imagem do Landsat 8, foi processada no *software* de sensoriamento remoto (*Environment for Visualizing Images*) ENVI 5, utilizado o método de segmentação: *Feature extraction example based*, foram definidos valores de 40 para o limiar do nível de escala (*Segment Settings*) e 60 para o limiar do nível de agregação (*Merge Settings).* Estes valores foram escolhidos devido a uma melhor delimitação das áreas com maior precisão no contorno dos usos para a área de estudos. Posteriormente, a fotointerpretação da segmentação foi realizada pelo operador.

2.2 Suscetibilidade a erosão laminar

Para realizar essa etapa, foi utilizado a metodologia de Salomão (2005), que tem como objetivo a obtenção da suscetibilidade a erosão laminar através da integração entre os

ISBN: 978-85-7282-778-2

temas de declividade e de erodibilidade. Foram encontradas 4 classes de erodibilidade para o município de Goiânia tal como pode ser visualizado na tabela 1 abaixo.

Tabela I - Classes de erodibilidade encontrados na cidade de Goiânia.

Classes de erodibilidade	Índices relativos de erodibilidade	Classes de solos
I	10,1 a 8,1	Cambissolo
II	8,0 a 6,1	Podzóico, textura média argilosa.
IV	4,0 a 2,1	Latossolo
V	2,1 a 0	Gleissolo

Fonte: adaptado de Salomão (2005).

Foram integrados os dados de erodibilidade com o de declividade como pode ser observado na tabela II. Utilizando a metodologia, foi possível chegar nas classes de suscetibilidade a erosão laminar.

Tabela II - Classes de erodibilidade e declividade da área de estudo.

		Declividade (%)			
		(> 20)	**I (12 a 20)**	**II (6 a 12)**	**V (< 6)**
Erodibilidade	**1**	I	I	II	II
	2	I	II	II	III
	3	II	II	III	IV
	4	III	V	V	V
	5	Não existe	Não existe	Não existe	V

Fonte: (Salomão, 2005).

2.3 Potencial a erosão laminar

Para se determinar o potencial a erosão laminar, realizou-se o cruzamento matricial entre a suscetibilidade a erosão laminar e o tema de cobertura e uso da terra, conforme pode ser observado na tabela III, conforme a metodologia de Salomão (2005).

Tabela III - Matriz de definição das classes de potencial atual à erosão laminar.

Classes de suscetibilidade a erosão laminar	**Classes de ocupação atual das terras**				
	I	**II**	**III**	**IV**	**V**
I	I	I	I	II	-
II	I	II	II	III	-
III	II	II	II	III	-
IV	II	III	III	III	-

V	III	III	III	III	III

Fonte: Adaptado de Salomão (2005).

Como é representado na tabela III, o potencial a erosão laminar, resulta em 3 classes, que significam:

Classe I – alto potencial à erosão laminar – são esperados processos erosivos de difícil controle, associados ao uso incompatível do solo;

Classe II – médio potencial à erosão laminar – o uso do solo não é compatível, com os processos erosivos controláveis;

Classe III – baixo potencial à erosão laminar – processos erosivos inexpressivos em vista do uso compatível do solo.

As classes encontradas foram utilizadas na geração do mapa de potencial à erosão laminar.

3. Resultado e discussões

3.1 Suscetibilidade a erosão laminar

As classes de suscetibilidade com suas respectivas porcentagens em relação a área total do município de Goiânia estão elucidadas no quadro III abaixo, donde é possível visualizar que 12 % da área de estudos se encontra em uma classe muito suscetível e 5,7 % está em uma classe extremamente suscetível. O potencial a erosão laminar possui maior representatividade na área de estudos com a classe médio que representa 44, 4 % e a classe baixa com 51,7 %.

Tabela IV - Classes com a área em km² e porcentagem da suscetibilidade e potencial a erosão laminar representadas no município de Goiânia.

Suscetibilidade a erosão laminar			**Potencial a erosão laminar**		
Classes	**Área (km²)**	**(%)**	**Classes**	**Área (km²)**	**(%)**
Extremamente suscetível	42,24	5,7	**Alto**	3,8	3,8
Muito suscetível	88,61	12			
Moderadamente suscetível	22,94	3,1	**Médio**	327,51	44,4
Pouco suscetível	250,6	34	**Baixo**	381,68	51,7
Pouco a não suscetível	333,2	45,2			

ISBN: 978-85-7282-778-2

3.2 Compartimentações morfopedológicas – (CMPs)

A compartimentação morfopedológica é influenciada por 5 (cinco) principais condicionantes do meio físico, que são: Substrato geológico, solos, geomorfologia, declividade e hipsometria (Figura 2). Contudo, foram definidos para o município de Goiânia onze compartimentos, que são representados na figura 3, e sintetizados na tabela V.

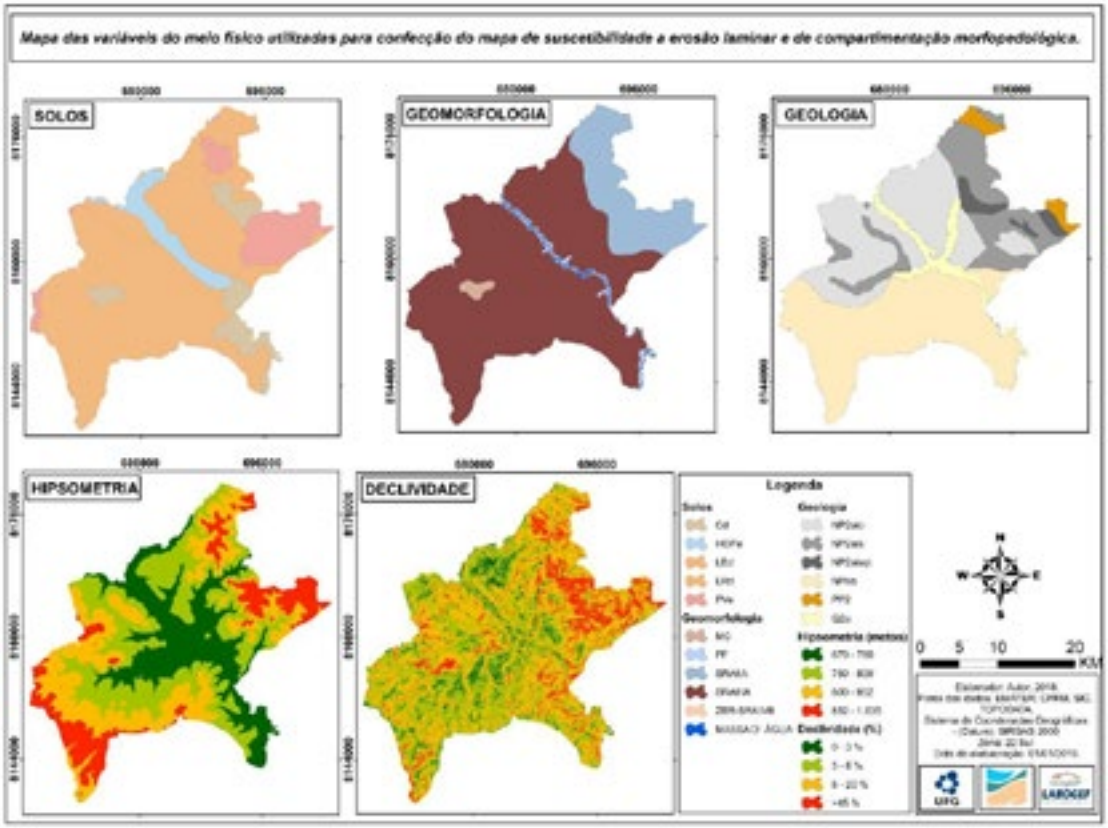


Figura 2 - Mapa das variáveis do meio físico utilizadas para confecção do mapa de suscetibilidade e potencial a erosão laminar e da compartimentação morfopedológica.

Os compartimentos de número I, II, VI, VII, VIII, IX, possuem maior potencial e suscetibilidade a erosão laminar no município de Goiânia (Figura 3), essas regiões possuem as maiores declividades, em maior parte variando de 20 a maior que 45%, além de abranger maiores porções de solos como, argissolo e o cambissolo e cotas altimétricas mais elevadas, (Figura 2, Figura 3 e Tabela V).

De todos esses compartimentos, maior destaque deve ser atribuído ao CMP II, VI e IX, cujo o processo erosivo laminar é mais intenso e que por isso merece maior atenção no que tange a sua conservação (Figura 3).

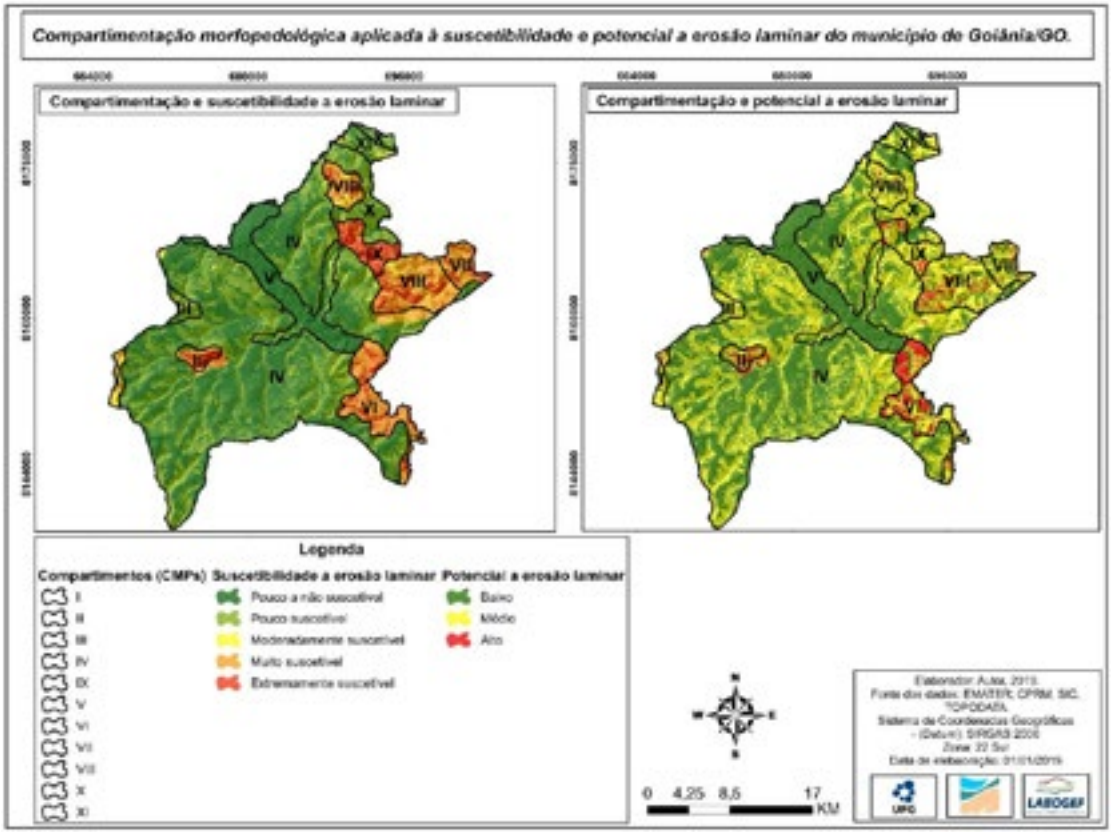


Figura 3 - Síntese dos compartimentos morfopedológicos aplicado a suscetibilidade a erosão laminar do município de Goiânia.

O CMP II tem uma área total de 7,29 km². Apesar deste compartimento encontra-se, com apenas 16,6% de área urbana, possui cerca de 41,94% de pastagem. No entanto o que faz deste compartimento ter elevados valores de erosão laminar é a maior abrangência da classe de declividade com 45%, e a total extensão caracterizada por Cambisolo e geomorfologia intitulada como relevo de morros (MC), com altitude que variam de 770 a 1035 metros (Tabela V, Figura 2). A suscetibilidade a erosão laminar neste compartimento perfaz 41,5%

ISBN: 978-85-7282-778-2

na classe extremamente suscetível e 36,5% na muito suscetível. No que tange ao potencial a erosão laminar, a classe alta compreende 28% e a classe média 54 %, que são as classes mais representativas deste compartimento (Figura 3).

O CMP V, tem uma área total de 61,49 km², com a classe de Cambissolo (Cd), cobrindo toda a sua área. Possui altitude de 670 a 770 metros, com declividade que varia de 0 a 45%, e sua geomorfologia e a PFm e SRAIIIA metros (Tabela V, Figura 2). Em relação ao CMP II, este compartimento se encontra mais urbanizado com 30,41% de área urbana, 36,49% de pastagem. A suscetibilidade a erosão laminar neste CMP é de 27% na classe extremamente suscetível e 72% na muito suscetível. A classe alta que representa o potencial a erosão laminar no CMP V é mais elevada que os demais e chega a 39%, no que tange a classe média este constitui 42% e 18% na classe baixa, respectivamente (Figura 3).

O CMP IX, tem uma área total de 17,41 km². De todos os compartimentos, este é o que se encontra mais preservado, pois o seu uso predominante é a vegetação com 67,64% e 9,22% de água, com ausência de áreas urbanas e 23,12% de pastagem. Contudo, o que torna este compartimento mais suscetível aos processos erosivos laminares é a declividade de 45% que abrange 100% do CMP IX, e a classe de Cambissolo (Tabela V, Figura 2). Esses aspectos do meio físico, fazem este compartimento ser caracterizado com maior área total da classe extremante suscetível em relação aos demais CMPs, em relação a erosão laminar que perfaz cerca de 74,4%. Em relação ao potencial a erosão laminar, os valores são de 16% na classe alta, 62% na classe média e 22 % na classe baixa (Figura 3).

Tabela V - Dados quantitativos e classes dos aspectos físicos dos compartimentos (CMPs) do município de Goiânia/GO.

Compartimentos (CMPs)	Solos	Formas de Relevo	Geologia	Declividade (%)	Hipsometria (metros)	Área em km²
I	PVe	SRAIIIA	NPab	0 a 20%	810 a 1035 metros	5,15
II	Cd e Led	MC	NP2ais e NP2aio	0 a 45 %	770 a 1035 metros	7,29
III	Led	SRAIIIA	NP2ais	0 a 45%	770 a 1035 metros	6,59

ISBN: 978-85-7282-778-2

IV	Led	SRAIIIA	NPab e NP2aio	0 a 45%	670 a 1035 metros	491,81
V	HGPe e Led	PFm e SRAIIIA	Q2a, NP2aio e NPab	0 a 20%	670 a 770 metros	61,49
VI	Cd	PFm e SRAIIIA	Qa2 e NPab	0 a 45%	670 a 770 metros	36,93
VII	PVe	SRAIIA	PP2gamma, Np2aisqt e Np2ais	0 a 45%	810 a 1035 metros	14,03
VIII	PVe	SRAIIA	NP2aio, NP2aisqt e Np2ais	0 a 45%	735 a 1035 metros	53,7
IX	Cd	SRAIIA	Np2aisqt e Np2ais	0 a 45%	670 a 1035 metros	17,41
X	Lrd	SRAIIA	Np2ais	0 a 20%	670 a 895 metros	32,82
XI	Lrd	SRAIIA	Npp2 gamma	0 a 45%	770 a 1035 metros	10,29

4. Considerações finais

De forma geral o município de Goiânia apresenta baixos valores de erosão extremante suscetível e muito suscetível para a suscetibilidade a erosão laminar, com valores que variam de 5,7 e 12%. Em relação ao potencial a erosão laminar a classe alta corresponde a 3,8% e a classe média é 44,4%. No entanto, esses valores aumentam drasticamente quando são avaliados os quantitativos da erosão laminar em cada compartimento separadamente.

Portanto, com todas as análises realizadas, conclui-se que tem que se dar maior atenção a respeito de questões de planejamento para um futuro uso e ocupação dos solos, como a expansão urbana e destinação de áreas de preservação florestal, aos CMPs: I, VII e VIII, e principalmente aos CMPs II, VI e IX. Portanto, os valores da classe extremamente suscetível da suscetibilidade a erosão laminar para esses CMPs II, VI e IX e de 41,5%, 27% e 74,4%. Enquanto que para o potencial a erosão laminar a classe alta destes CMPs são de 28%, 39% e 16%, respectivamente. Contudo, a região nordeste de Goiânia possui maior risco a suscetibilidade e potencial a erosão laminar.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

5. Referências Bibliográficas

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 9. ed. São Paulo: Ícone, 2014. 355 p.

BORRELLI, P.; ROBINSON, D. A.; FLEISCHER, L. R.; LUGATO, E.; BALLABIO, C.; ALEWELLC.; MEUSBURGER, K.; MODUGNO, S.; SCHÜTT, B.; FERRO, V.; BAGARELLO, V., OOST K. V.; MONTANARELLA, L.; PANAGOS, P. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion. **Nature Communications**, v. 8, p. 1-13, 2013.

CARNEIRO, A. F. S.; FARIA, K. M. S.; NETO, G. B. S. **Identificação de processos erosivos em imagens de alta resolução no município de Goiânia.** XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Unicamp, campinas – São Paulo, p. 5697-5702, 2017.

LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land Degradation & Development**, v.12, n.6, 2001, p. 519-539.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos.** 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010. 216 p.

MARQUES, J. S. Ciência Geomorfológica. In GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos.** 7° Edição. São Paulo: Editora Bertrand Brasil, 1994. p. 23 - 45.

NUNES, E. D. **Modelagem de processos hídricos lineares no município de Mineiros – GO: Compartimentação morfopedológica, parâmetros morfométricos e morfográficos do relevo e sistemas pedológicos associados**. Tese (Doutorado em Geografia)**.** Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia, 2015. 242 p.

SALOMÃO, F. X. T; GUERRA, A. J. T; SILVA, A.S; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 2ª Ed. RJ: Bertrand Brasil, 2005, 340 p.

SCIENCE FOR A CHANGING WORLD (USGS). Acessado no dia 28 de agosto de 2018. Disponível no site: https://earthexplorer.usgs.gov/.

SISTEMA ESTADUAL DE GEOINFORMAÇÃO DE GOIÁS (SIEG). Acessado no dia 16 de maio de 2018, às 10:00. Disponível no site: http://www.sieg.go.gov.br/.

TOPODATA - BANCO DE DADOS GEOMORFOMÉTRICOS DO BRASIL - DSR/INPE. Acessado no dia 17 de maio de 2018. Disponível no site: https://earthexplorer.usgs.gov/.

TORRES, F. T. P.; PIRES, L. V.; JÚNIOR, S. A.; OLIVEIRA, N. A.; BARROS, K. O.; PORTUGAL, C. R. M; SILVA, E. A susceptibilidade à erosão como subsídio ao planejamento urbano: estudo de caso do município de Ubá – MG. **Revista Agrogeoambiental**, v. 6, n. 1, p. 87-99, 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DO EXCEDENTE E DEFICIÊNCIA HÍDRICA DO SOLO PARA A MICRORREGIÃO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO – PE

Elvis Bergue Mariz Moreira [(a)], Eberson Pessoa Ribeiro [(b)] Carolayne Silva de Souza [(c)], Amanda Steffany Quirino de Alcântara Maciel [(d)]

[(a)] Centro das Humanidades, Universidade Federal do Oeste da Bahia, elvis.moreira@ufob.edu.br

[(b)] Instituto Federal de Pernambuco/ Campus Recife, eberson_pessoa@yahoo.com.br

[(C)] Instituto Federal de Pernambuco/ Campus Recife, carol.silva452@gmail.com

[(d)] Instituto Federal de Pernambuco/ Campus Recife, asqam@discente.ifpe.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O conhecimento da quantidade de água no solo é indispensável para o planejamento agrícola. Assim, o objetivo do presente trabalho foi realizar o balanço hídrico climatológico com a finalidade de obter o conhecimento do regime hídrico do solo para a microrregião de Vitória de Santo Antão. Utilizou-se valores médios mensais de precipitação entre 1950 a 2015 de 5 estações meteorológicas. As médias mensais de temperatura do ar foram obtidos pelo Estima_T. O BHC revelou que a sazonalidade de períodos seco e chuvoso afeta essencialmente os níveis de DEF e EXC. A DEF obteve 336 mm/ano, entre outubro e maio, em que a escassez hídrica se localiza principalmente na porção centro-oeste. O EXC apresentou 248 mm/ano, restringindo-se aos meses de maio, junho e julho, sobretudo nas porções extremas do nordeste e sudoeste, com elevadas taxas (>360 mm/ano). A avaliação do regime hídrico permitiu conhecer a demanda hídrica diferentes períodos do ano.

Palavras chave: Balanço hídrico climatológico; DEF; EXC; Planejamento agrícola.

1. Introdução

O conhecimento da quantidade de água no solo é indispensável para a elaboração do planejamento agrícola eficaz, uma vez que excesso ou deficiência hídrica no solo são

prejudiciais a produção agrícola, provocando baixa produtividade e diminuição da produção. O movimento cíclico da água inicia-se pela infiltração no solo, logo após é armazenada na zona do sistema radicular da planta e termina sendo removida por meio do processo de evaporação e evapotranspiração (CINTRA; LIBARDI; SAAD, 2000).

O balanço hídrico climatológico (BHC) proposto por Thornthwaite & Matther (1955) é capaz de fazer a medição do regime hídrico de uma localidade sem a necessidade das medidas diretas das condições do solo. Ele pode determinar a quantidade de água disponível para as plantas, além de indicar os períodos seco e úmido dentro de um determinado espaço de tempo (TREMOCOLDI et al., 2008). De acordo com Carvalho et al. (2011) o balanço hídrico é uma das ferramentas mais utilizadas na contabilização dos excedentes e déficits hídricos, permitindo avaliar se a quantidade de água presente no solo é suficiente para suprir a necessidade hídrica da planta.

Diversos estudos (SOUZA *et al*., 2013; OLIVEIRA *et al*., 2014; SILVA; MOURA; KLAR, 2014; RIBEIRO, 2016) de verificação do Balanço Hídrico Climatológico (BHC) pelo método de Thornthwaite-Mather (1955) foram realizados para as mais variadas finalidades, como a caracterização regional da disponibilidade hídrica, zoneamento agroclimático, definição de períodos de secas e da aptidão hídrica regional para culturas agrícolas, além de planejamento de pesquisa. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi realizar o balanço hídrico climatológico com a finalidade de avaliar a variabilidade do excedente e da deficiência hídrica do solo para a microrregião de Vitória de Santo Antão.

2. Materiais e Métodos

A microrregião de Vitória de Santo Antão está localizada no centro da Mesorregião da Mata de Pernambuco, compondo os municípios de Chã de Alegria, Glória do Goitá, Vitória de Santo Antão, Pombos e Chã Grande (Figura 1). Os elementos de precipitação pluviométrica e temperatura do ar foram a base climatológica para a elaboração dos parâmetros a serem pesquisados. Dessa forma foram utilizados nesta pesquisa os valores médios mensais da precipitação da série histórica de 1960 a 2015, período de 56 anos, medidos de 5 estações distribuídas na microrregião a ser examinada. Os dados foram obtidos por meio da Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac).

A obtenção dos dados médios mensais de temperatura do ar das 6 estações pluviométricas foi realizada através do software Estima_T, o qual estima temperaturas do ar na Região Nordeste do Brasil por meio de regressões múltiplas em função das coordenadas locais: longitude, latitude e altitude (CAVALCANTI; SILVA, 1994; CAVALCANTI; SILVA; SOUSA, 2006).

Figura 1 – Localização da microrregião de Vitória de Santo Antão

O Balanço Hídrico Climatológico (BHC) foi realizado pelo método de Thornthwaite-Mather (1955) no qual adotou-se a capacidade de água disponível no solo (CAD) estimado em 100 mm para todos os meses do ano. O BHC utilizou como dados de entrada as médias mensais da temperatura do

ar, da precipitação e da evapotranspiração potencial. A estimativa da evapotranspiração potencial corrigida consisti no cálculo da Equação 1, pelo método de Thornthwaite (1948):

$$ETP = f.16\,((10.t)/I)^{a} \quad (1)$$

em que: ETP é a evapotranspiração potencial corrigida; *f* é o fator de correção em função da latitude e mês do ano, como se pode observar em destaque na Tabela 1; t é a temperatura média mensal

(ºC); I é o índice de calor anual; e "a" uma constante que varia de local para local. O índice de calor anual foi obtido pela Equação 2:

$$I = \sum_{1}^{12} \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514} \quad (2)$$

Sendo "a" uma função de I; também é um índice térmico regional calculado pela Equação 3:

$$a = 6{,}75.10^{-7} \cdot I^{3} - 7{,}71.10^{-5} \cdot I^{2} + 1{,}7292.10^{-2} \cdot I + 0{,}49239 \quad (3).$$

Tabela I – Valores do fator de correção para o cálculo da evapotranspiração potencial em função da latitude e mês do ano

MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	1,033	0,933	1,033	1,000	1,033	1,000	1,033	1,033	1,000	1,033	1,000	1,033
2ºS	1,042	0,938	1,034	0,996	1,025	0,991	1,024	1,028	0,999	1,037	1,008	1,043
4ºS	1,051	0,943	1,035	0,993	1,018	0,981	1,016	1,022	0,998	1,041	1,015	1,053
6ºS	1,060	0,948	1,036	0,989	1,010	0,971	1,007	1,017	0,997	1,045	1,023	1,063
8ºS	1,069	0,953	1,037	0,985	1,002	0,962	0,998	1,011	0,996	1,049	1,031	1,073
10ºS	1,078	0,958	1,038	0,981	0,994	0,952	0,988	1,006	0,995	1,054	1,039	1,083

Fonte: Adaptado de Thornthwaite (1948).

Para obtenção da evapotranspiração potencial corrigido, realizou-se as etapas seguintes para a obtenção do BHC pelo método proposto por Thornthwaite-Mather (1955). Primeiramente, foi calculada a estimativa do armazenamento de água no solo (ARM) através dos critérios das Equações 4 e 5 para as estações secas e para as estações chuvosas pela Equação 6, neste último caso o ARM constituirá primeiro cálculo:

Se NegAc=0 ARM=CAD (4)

Se NegAc<0 $ARM=CAD\ e^{[NegAc/CAD]}$ (5)

$ARM_m=ARM_(m-1)+ (P-ETP)_m$ (6)

sendo: "m" referente ao mês analisado; P – ETP é a diferença entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP); NegAc é o parâmetro negativo acumulado, o qual será avaliado pelas Equações 7 e 8 para estações secas e pela Equação 9 para as estações chuvosas:

Se P-ETP≥0 NegAc=0 (7)

Se P-ETP<0 $NegAc=NegAc_(m-1)+ (P-ETP)$ (8)

$NegAc=CAD\ In\ (ARM/CAD)$ (9).

Em seguida avaliar–se–á a evapotranspiração real (ETR) pelas Equações 10 e 11:

Se (P-ETP)≥0 ETR=ETP (10)

Se (P-ETP)<0 ETR=P-ALT (11).

A alteração da umidade do solo (ALT) será estimada pela Equação 12:

$ALT=ARM_m-ARM_(m-1)$ (12).

A partir desses dados poderá ser avaliado a deficiência hídrica (DEF) pela diferença entre evapotranspiração potencial (ETP) menos a evapotranspiração real (ETR). Enquanto que para o excedente hídrico (EXC) foi empregado a Equação: EXC= (P – ETP) – ALT, apenas para os valores positivos, (P – ETP)>0 e ARM = CAD. Já quando o valor apresentar–se negativo aplicou-se a importância zero.

Concluído as etapas anteriores, foi realizada a representação espacial dos parâmetros analisados por meio da aplicada a krigagem (método da interpolação). De tal maneira, a produção das cartas temáticas foi executada através do software ArcGis 10.1, licenciado para o Departamento de Ciências Geográficas da

Universidade Federal de Pernambuco (DCG/UFPE), projetadas no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas 2000 (SIRGAS-2000).

3.Resultados e Discussão

O cômputo do BHC, para a série histórica analisada, permitiu estimar a deficiência hídrica (DEF) e excesso hídrico (EXC). Na Figura 2 estão representadas a DEF e o EXC no solo da série histórica analisada para a microrregião de Vitória de Santo Antão. Nota-se que a DEF ocorre entre setembro a março, meses nos quais apresentaram os menores índices pluviométricos, demonstrando que a quantidade de chuva, ocorridas nesses meses, foram insuficientes para reposição da umidade do solo, impossibilitando que o solo atinja sua capacidade máxima de armazenar água (CAD). Dentre os meses de maiores deficiências estão dezembro e janeiro, -74,8 mm e -72,9mm, respectivamente.

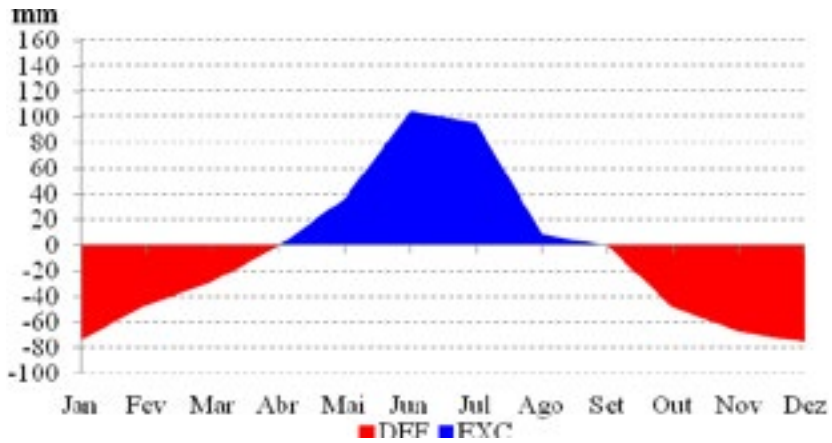


Figura 2 – Gráfico de deficiência e excedente hídrico da série histórica analisada

EXC limitou-se aos meses de abril a agosto. Nesse período o mês mais chuvoso foi junho atingindo índice pluviométrico de 188,8mm. Para o EXC os meses junho e julho foram os que obtiveram os valores mais elevados, sendo 104,9 mm e 96,1mm. O comportamento do EXC e do DEF se dá devido as oscilações de precipitação e temperatura que ocorrem ao longo do ano. Para os períodos chuvosos, tem-se o *input* hídrico no solo superior ao *output*. Para os períodos secos, ocorre o

inverso, caracterizado ainda, pelas oscilações térmicas que irão determinar as taxas evaporativas para cada período. De acordo com Camargo (1971) para avaliar se uma região possui deficiência ou excesso de água durante o ano deve-se considerar dois elementos, a precipitação, responsável pelo aumento da umidade do solo, e a evapotranspiração, responsável pela perda de umidade no solo.

A Figura 3 apresenta a espacialidade do EXC, na qual as porções extremas do nordeste e sudoeste presentaram taxas superiores a 360 mm, por apresentarem os mais altos índices pluviométricos. Enquanto na região central da microrregião os valores ficaram abaixo dos 240 mm, sendo a maior área.

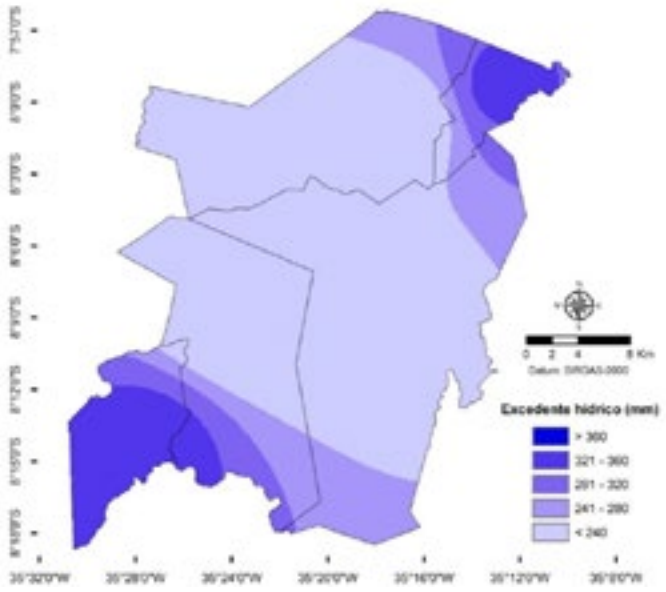


Figura 3 – Mapa do excedente hídrico da microrregião de Vitória de Santo Antão

Na Figura 4 tem-se a representação espacial mensal do excedente hídrico da microrregião analisada. Observou-se que no período de setembro a abril, em todo recorte estudado, não se obteve EXC. Já no período de maio a agosto apresentou EXC, com taxas predominantemente superiores a 80mm nos meses de junho e julho, atingindo valores de até 180mm nas porções nordeste e sudoeste. No mês de agosto apenas a porções sul e sudoeste apresentaram EXC entre 21 a 60mm, sendo na maior parte da microrregião inferior a 20mm.

É observado que o EXC apresenta seus maiores valores no período em que os índices pluviométricos também são elevados. Esse comportamento se dá pelo ganho de água, em determinado volume de solo, durante os períodos chuvosos. Já as pequenas taxas que o EXC apresenta estão relacionadas aos altos índices térmicos, que proporciona a evapotranspiração, consequentemente, a perda de água do solo para a atmosfera. Souza et al. (2006) explica que a disponibilidade de água no solo é influenciada pelas flutuações térmicas e a distribuição espaço-temporal das precipitações. O ganho de água no solo é constituído, basicamente, pela precipitação pluvial, enquanto as perdas são provenientes da percolação, evapotranspiração e escoamento superficial e subsuperficial.

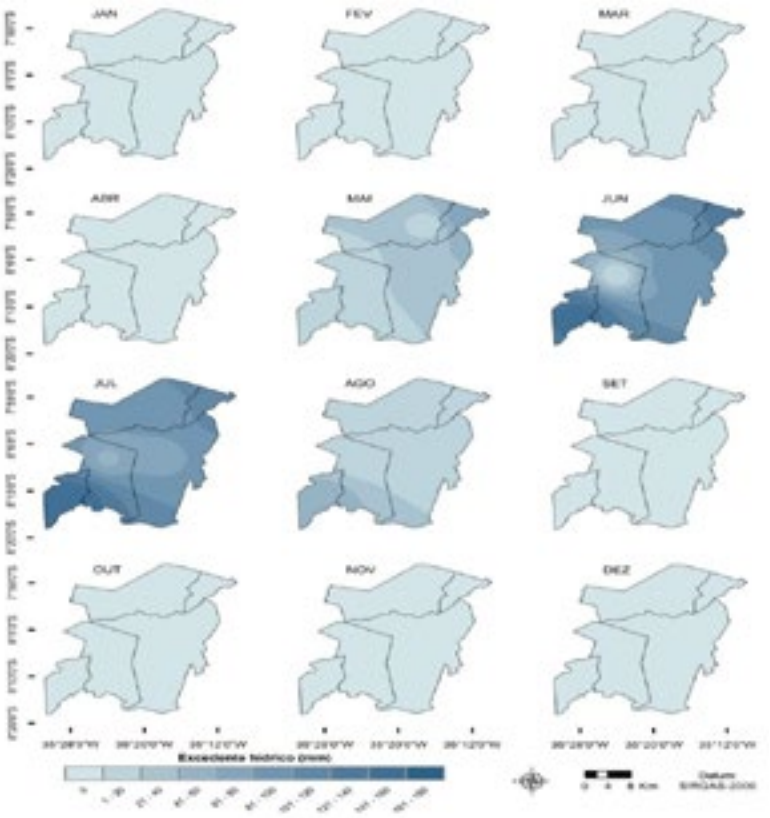


Figura 4 – Mapas do excedente hídrico mensal da microrregião de Vitória de Santo Antão.

A Figura 5 expressa a distribuição espacial da DEF com uma média de 336 mm/ano, na qual se identifica maior escassez hídrica na porção centro-oeste da localidade estudada, diminuindo gradativamente na direção sudoeste. Esse comportamento ocorre devido as menores taxas de precipitação na porção central da microrregião.

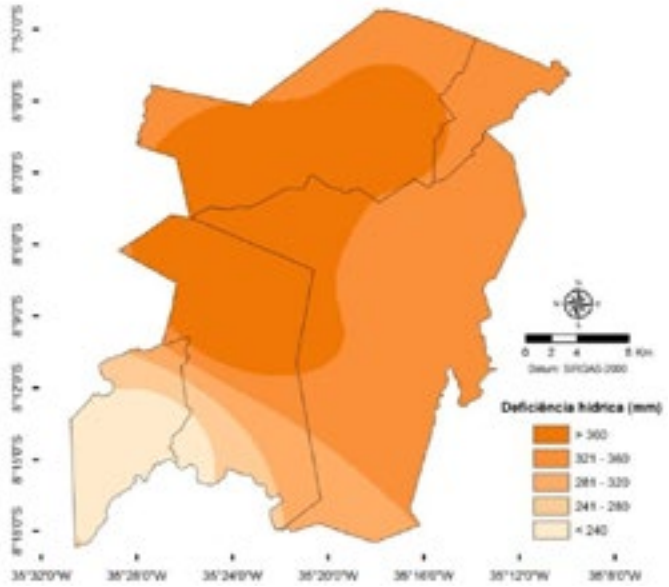


Figura 5 – Mapa da deficiência hídrica da microrregião de Vitória de Santo Antão

A espacialização da DEF, apresentada na Figura 6, expressa os meses com os maiores índices no período de outubro a março, superiores a 21mm, sendo o norte e nordeste as áreas mais afetadas. Dos meses que apresentaram os valores mais elevados da DEF, janeiro obteve a maior média, classe de 81-100mm, em quase todo território estudado. Já para os menores valores, taxas inferiores a 40 mm, estão entre o período de abril a setembro.

As oscilações da DEF estão relacionadas aos períodos de maiores e menores temperaturas do ar e precipitação. A perda hídrica do solo se dá pela influência da temperatura, através do processo de evapotranspiração, bem como a diminuição da precipitação. Marengo et al. (2011) explica que o aumento da temperatura influência na perda de umidade do solo, como consequência do aumento da evapotranspiração.

Nobre; Assad (2005) acrescenta que o aumento da temperatura do ar eleva a evaporação e a evapotranspiração ocasionando deficiência hídrica e alterações no ciclo hidrológico.

Figura 6 – Mapas da deficiência hídrica mensal da microrregião de Vitória de Santo Antão

4. Considerações Finais

A análise dos resultados dos elementos pesquisados permitiu realizar inferências sobre o excedente hídrico e a deficiência hídrica da microrregião de Vitória de Santo Antão. O EXC apresentou 248 mm/ano, o qual se concentrou nos meses de maio, junho e julho, sendo as áreas extremas do nordeste e sudoeste da microrregião as que presentaram os mais altos índices. Já a DEF revelou um total de 336 mm/ano, sendo a escassez hídrica basicamente na porção centro-oeste. A DEF mensal concentrou-se no período de outubro a maio.

Tendo em vista a potencialidade agrícola da região e a relação climática com os diversos eixos da agricultura, recomenda-se o monitoramento dos fenômenos atmosféricos atuantes na microrregião, bem como a utilização dos dados do balanço hídrico como subsídio para o planejamento do manejo de irrigação e a implantação de culturas no período que propicie seu melhor desenvolvimento.

5. Referências Bibliográficas

CAMARGO, Â. P. de. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Boletim Técnico, 116. Campinas, IAC, 1971.

CARVALHO, H. P. et al. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo de água no solo e transpiração na cultura de café. Biosci. J., 27 [2], 221-229, 2011.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, E. D. V. Estimativa da temperatura do ar em função das coordenadas locais. VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia e II Congresso Latino-Americano e Ibérico de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia. Anais... Belo Horizonte, p. 154 – 157, 1994.

CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Brasil, v. 10, n. 1, p. 140 – 147, 2006.

CINTRA, F. L. D.; LIBARDI, P. L.; SAAD, A. M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos em citros para ecossistemas em tabuleiros costeiros. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 4 [1], 23-28, 2000.

MARENGO, J. A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro In: Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. 1 ed. Campina Grande. Instituto Nacional do Semiárido, v.1, p. 383-416, 2011.

NOBRE, C. A.; ASSAD, E. D. Aquecimento Global e o Impacto na Amazônia e na Agricultura Brasileira. INPE Eprint. V.1, 2005. Disponível em: <http://www.sid.inpe.br/ePrint@80/2005/09.12.12.51>. Acesso em: 11 de nov. 2017.

OLIVEIRA, L. D. S. *et al*. Efeito do aumento da temperatura na classificação climática do município de Nossa Senhora da Glória, SE. III Congresso internacional da realidade semiárida, III Simpósio alagoano sobre ecossistemas do semiárido, Anais... Delmiro Gouveia - AL, p. 1 – 8, 2014.

RIBEIRO, E. P. Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú. Tese (doutorado). Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Recife, 2016.

SILVA, A. O.; MOURA, G. B. A.; KLAR, A. E. Classificação climática de Thornthwaite e sua aplicabilidade agroclimatológica nos diferentes regimes de precipitação em Pernambuco. Irriga, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 46 – 60, 2014.

SOUZA, A. P.; *et al*. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. Nativa, Sinop, v. 01, n. 01, p. 34 – 43, 2013.

SOUZA, M. J. H. et al. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do Rio Doce. R. Árvore, 30[3], 399-410, 2006.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. Geographical Review, New York, v. 38, p. 55 – 94, 1948.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. Centerton, N. J.: Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, publications in Climatology. v. 8, n. 1, New Jersey, 104 p., 1955.

TREMOCOLDI, W.A.; BRUNINI, O. Caracterização agroclimática das unidades da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo: Capão Bonito e região. Boletim técnico do Instituto Agronômico de Campinas, 2008.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO EM PERÍODO SECO E ÚMIDO NO ANO DE 2017 COM IMAGENS SENTINEL-2 NO GOOGLE EARTH ENGINE

Luciana da Luz Silva [(a)]
Jocimara Souza Lobão [(b)]
Deorgia Thayane Mendes de Souza [(b)]
Gustavo Macedo de Mello Baptista [(c)]
Washington de Jesus Sant'anna da Franca Rocha [(b)]

(a) Departamento de Ciencias exatas /Universidade Estadual de Feira de Santana, lucisilva.luz@gmail.com
[(b)] Departamento de Ciencias exatas / Universidade Estadual de Feira de Santana
deorgiasouza.geo@gmail.com, juci.lobao@uefs.br, wrocha@uefs.br.
[(C)] Instituto de Geociências/ Universidade de Brasilia, gmbaptista@gmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O sensoriamento remoto aplicado aos estudos da cobertura vegetal, têm feito uso intenso dos índices de vegetação (IVs) obtidos a partir da razão de bandas, que realçar as feições de vegetação e minimizar efeitos dos solos e atmosféricos. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho dos índices de vegetação (NDVI, EVI2 e SAVI) quanto a identificação da cobertura vegetal em Morro do Chapéu-Ba no ano de 2017 em período seco e úmido. O processamento realizado na plataforma do Google Earth Engine (GEE) utilizou imagens multiespectral do satélite SENTINEL 2, os valores dos índices obtidos foram agrupados em cinco classes, demostrando a diferença dos valores das classes, reforçados pela estatística descritiva dos índices que demostraram a eficácia da aplicação no semiáridos, sobretudo sobre condições climáticas distintas. O EVI2 e SAVI apresentaram melhores resultados em períodos úmidos e seco, já o NDVI apresentou pouca variação nos dois períodos.

Palavras Chave: Sensoriamento Remoro , Google Earth Engine, EVI2, SAVI E e NDVI

Introdução

Morro do Chapéu é um município do Estado da Bahia, que apresenta singularidade em sua geodiversidade e biodiversidade pois, no mesmo existem vegetação cuja características fisiográficas estão associadas ao clima tropical, alterado pela compartimentação do relevo e às diferentes unidades geológicas (BASTOS e VAN DEN BERG, 2012). Com uma dinâmica diversificada, mediante os diversos usos, grande potencialidade agrícola, energética e turística, destacando-se o cultivo do café, irrigação e o potencial energético do parque eólico e o geoparque.

A utilização do Sensoriamento Remoto e técnicas de geoprocessamento nas análises de estudos ambientais é um método consolidado, sobretudo, no uso e cobertura do solo contribuindo de modo expressivo, com análises rápidas e eficientes, para avaliar os processos de degradação da vegetação natural, fiscalização dos recursos florestais e evolução da dinâmica da cobertura vegetal a partir de índices de vegetação. (ROSENDO,2005).

Os índices de vegetação gerados a partir de imagens orbitais, é uma forma de mensuração indireta, que permite verificar o comportamento da vegetação por meio do processo de fotossíntese da planta (LEI & ALBERT, 2007; GRILO, 2012). Conforme a atividade fotossintética da vegetação é expressa nas feições de absorção, verificados nas faixas do visível e do infravermelho, a diferença de contraste entre a região do visível e o infravermelho próximo, expressa a biomassa da vegetação na área imaginada. (BAPTISTA, 2004).

O processamento das imagens requer ferramenta sofisticada, devido o volume de dados, nesse sentido o Google Earth Engine (GEE) representa-se como uma nova tendência para mapeamento e quantificação de mudanças ocorridas na superfície da terra. A plataforma é baseada em processamento em nuvem, abrangendo uma larga escala de análise espacial por fornecer acesso a satélites como: LANDSAT, SENTINEL e MODIS (PINTO et al., 2017). Além de possuir capacidade computacional e alto desempenho, com dados pré-processados em um ambiente pronto para uso, removendo diversas barreiras associadas ao gerenciamento de dados dos sistemas computacionais tradicionais (GORELICK, 2016).

Desse modo presente o trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho dos índices de vegetação (NDVI, EVI2 e SAVI) quanto a identificação cobertura vegetal em Morro do Chapéu-Ba, no ano de 2017 em período seco e úmido utilizando imagem sentinel no GEE.

2. Materiais e Metodos

2.1 Área de estudo

Com uma área de 5.532 km², o Município de Morro do Chapéu está situado na região do Piemonte da Chapada Diamantina. Faz parte das bacias hidrográficas dos rios Paraguaçu e São Francisco, sendo divisor de águas das bacias dos Rios Jacaré, Salitre, Jacuípe e Utinga. A

vegetação de Morro do Chapéu apresenta grande complexidade, por esta inserido no Bioma Caatinga, no entanto apresenta diferentes formações vegetais como floresta secundária, cerrado, caatinga e vegetação rupestre (LOBÃO, 2006).

A topografia do município apresenta altitudes que variam entre 480m e 1.293m, está inserido no semiárido baiano e sua posição geográfica lhe atribui características climáticas do tipo tropical com grandes alterações, influenciadas pelo relevo (BARBOSA, 1995). As atividades econômicas do município envolvem: agricultura extensiva, agricultura irrigada, pecuária, caprinocultura, mineração, comércio e turismo ecológico. A agricultura apresenta-se de forma diversificada com culturas temporárias como mandioca, milho, feijão e culturas permanentes com destaque para o café e alguns cultivos de abacate, banana e laranja. (ROCHA e COSTA, 1995).

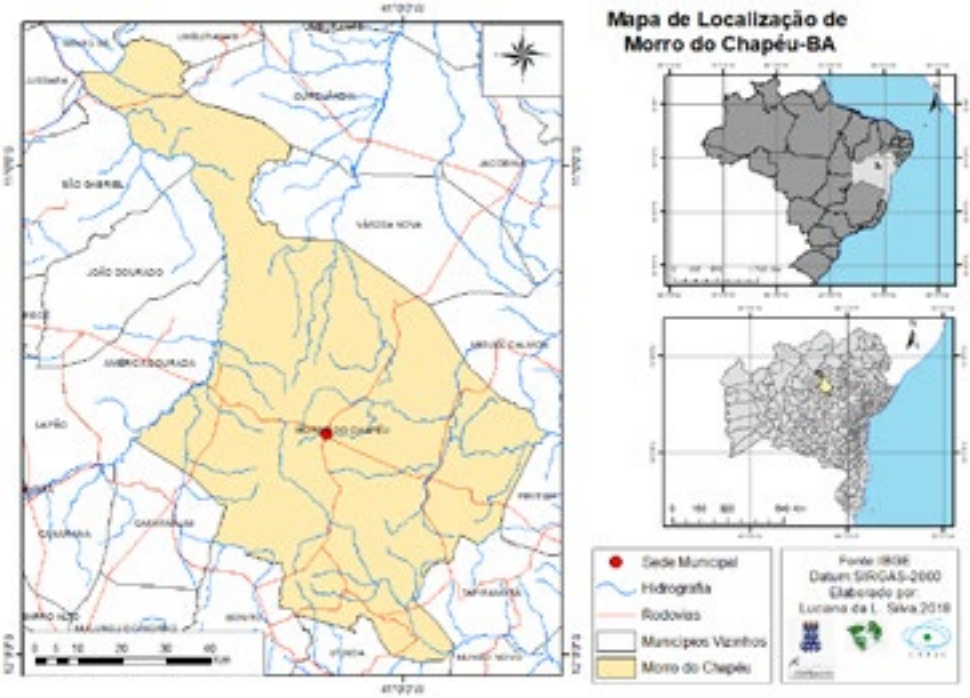


Figura 1: Mapa de Localização

O processamento das imagens para obtenção de dados foi realizado na plataforma do Google Earth Engine-GEE, inicialmente foi gerada uma coleção de imagens Sentinel no ano de

2017. Em seguida passaram por filtros de percentagem de cobertura de nuvem de 20%, recorte pela área de estudo. Aplicou-se as funções para remoção de nuvens e bordas e foram aplicados também os redutores para obtenção da mediana das imagens e em seguida gerar os índices. Os mesmos são adquiridos a partir da razão entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo. (ROSEMBACK,2007). Expressos a partir das formulas abaixo.

$$SAVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V + L)}(I + L) \qquad NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \qquad EVI2 = 2.5\,x\,\frac{(NIR - RED)}{NIR + (2.4\,x\,RED) + 1}$$

Os índices consistem em avaliar a cobertura vegetal quanto a reflectância a partir das razões de bandas. No caso o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) é o índice mais utilizado para verificar biomassa, qualidade da vegetação e período sazonal. (Barbosa et al, 2017). O EVI2(Enhanced Vegetation Index) proposto por Jiang et.al (2008) possui maior sensibilidade a variações do dossel, fator de ajuste para solos e redução das influências atmosféricas, pois não utiliza a banda espectral na faixa do azul, melhorando os resultados. (FREITAS & S HIMABUKURO, 2007; Paula, 2013).

O SAVI (Vegetation Index Soil-Adjusted) é um índice derivado do NDVI que faz um deslocamento do encontro da linha do solo com vegetação ao adicionar a constante L que varia de acordo com a densidade do dossel de 0,5 e 1. (Epiphânio et al, 1996).

Os dados processados na plataforma GEE foi levado para soft ArcGis para montagem do layout, sendo divididos em 5 intervalos de reflectância, por exibir a melhor resposta de acordo com o comportamento espectral dos alvos. Com o auxílio do algoritmo Natural Breaks (Jenks), método de classificação padrão do ArcGIS, as classes foram separadas a partir dos limites onde existem diferenças nos valores de dados (BARBOSA et al, 2017).

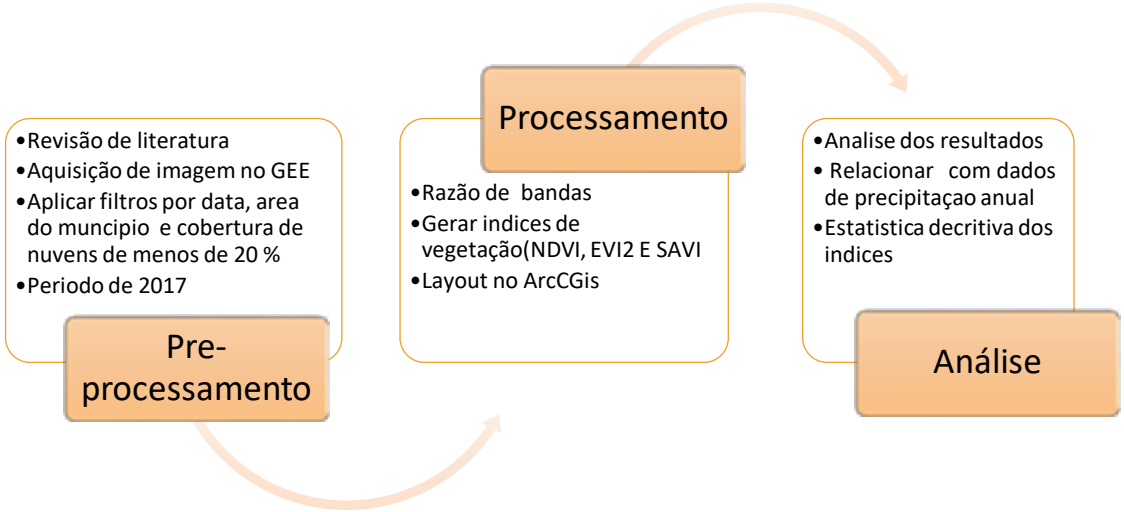


Figura 2: Fluxograma Metodológico

3.Resultados e Discussão

Amplamente utilizados em estudos ambientais, os índices de vegetação evidenciam as mudanças da cobertura vegetal relacionado ao clima *(*Kin et al, 2010). Desse modo os índices realçam o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos. As informações pluviométricas são de suma importância para a análise e compreensão da distribuição espacial da cobertura vegetal a partir do NDVI, levando a compreensão do comportamento da vegetação da caatinga durante a estação seca e chuvosa, (BARBOSA et al, 2017).

O regime pluviométrico no município de Morro do chapéu no ano de 2017, apresentou volumes médio de chuvas de janeiro a junho, período denominado como úmido na coleção de imagens, pois no semiárido é comum os maiores volumes de chuvas ocorrerem no primeiro semestre do ano entre as messes de maio a junho e o secundo semestre denominado seco.

No entanto, no ano em estudo, o período de julho a dezembro, apresentou índices elevados de chuva no mês de novembro, como pode ser observado no gráfico de precipitação

anual, na figura3, pois no município a ocorrência sazonal de máxima pluviosidade varia de novembro a março onde predominasse o verão (BASTOS E BERG,2012). No entanto essas características não são expressar nas imagens, pois o primeiro semestre contém o acumulado do ano anterior.

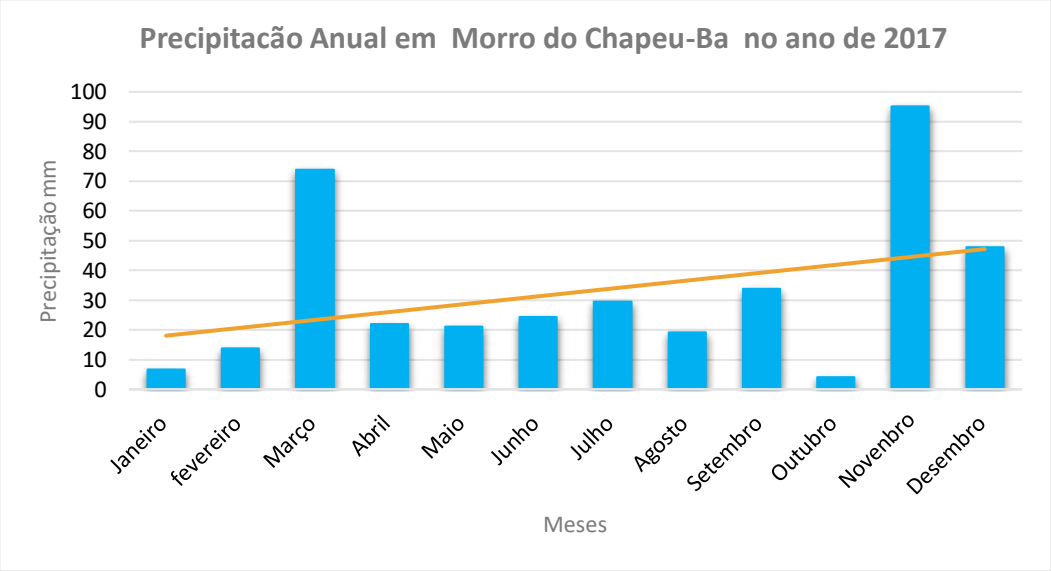


Figura 3: Gráfico de Precipitação Anual de Morro do Chapéu-BA
Fonte: INEMET,2019

A vegetação sofre modificações ao longo do ano, em decorrência de alterações sazonais Ponzoni (2001). No gráfico o volume pluviométrico se concentra no segundo semestre do ano expressos nos dados dos IVs, denominado de período seco, obtendo valores mais alto de reflectância em relação ao período úmido, dado a concentração de agua na vegetação.

Os fatores externos como: solo e nuvens, interferem nas analise espaciais da cobertura vegetal, desse modo a aplicação dos índices de vegetação é um instrumento necessário para viabilizar os estudos da cobertura vegetal, sendo os mais difundidos: NDVI, SAVI e EVI2, que utilizam informações da reflectância dos dosséis, referentes as bandas das regiões do visível e do infravermelho próximo, as quais são combinadas sob a forma de razões de bandas (ROSENDO, 2005).

A resposta espectral da vegetação ocorre na faixa do visível, (BARBOSA et al, 2017) que correspondem a resposta da clorofila que em contato com a radiação eletromagnética, a banda do vermelho absorve a energia emitida pelo alvo e a banda do infravermelho reflete. Desse modo a faixa do vermelho e do infravermelho próximo são mais utilizadas, por conter mais de 90% de variação da resposta espectral da vegetação (ROSA, 2007).

Conforme as condições que a cobertura vegetal se encontra, a radiação eletromagnética é absorvida para a realização a fotossíntese, tendo como resposta o estado de desenvolvimento vegetal (Brito, et al 2015).

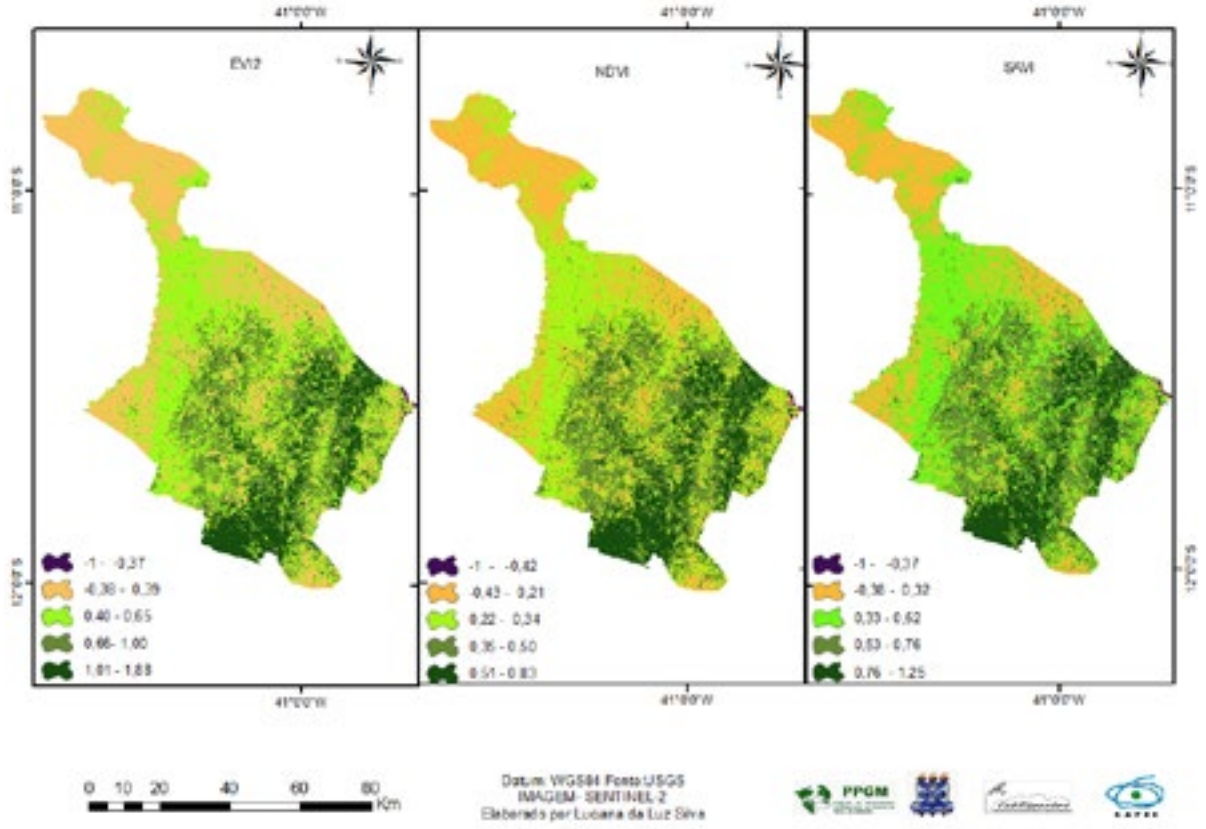


Figura 4: Índice de vegetação período seco (Julho a Dezembro)

Desse modo, na interação da energia eletromagnética com a cobertura vegete é expressa um comportamento distinto da vegetação, sob estresse com escassez hídrica e com bom estágio

de desenvolvimento em decorrência dos fatores climáticos e do tipo de vegetação, como é possível verificar nas imagens (4 e 5) em períodos secos e úmidos.

Os realces aplicados nas imagens por meio dos índices, aumentam o brilho das áreas vegetadas, melhorando a aparência da distribuição de informações nas imagens, tornando-as fácil interpretação visual e computacional (Rosendo, 2005). Desse modo esse realce fica perceptivos nos índices SAVI e NDVI que descriminaram melhor a cobertura vegetal tantos em períodos secos como úmidos, nas imagens (4 e 5) e obtiveram dados estatísticos muito próximo, como no coeficiente de variação, respectivamente 0,47 e 0,44, como pode ser observado na tabela 6, abaixo.

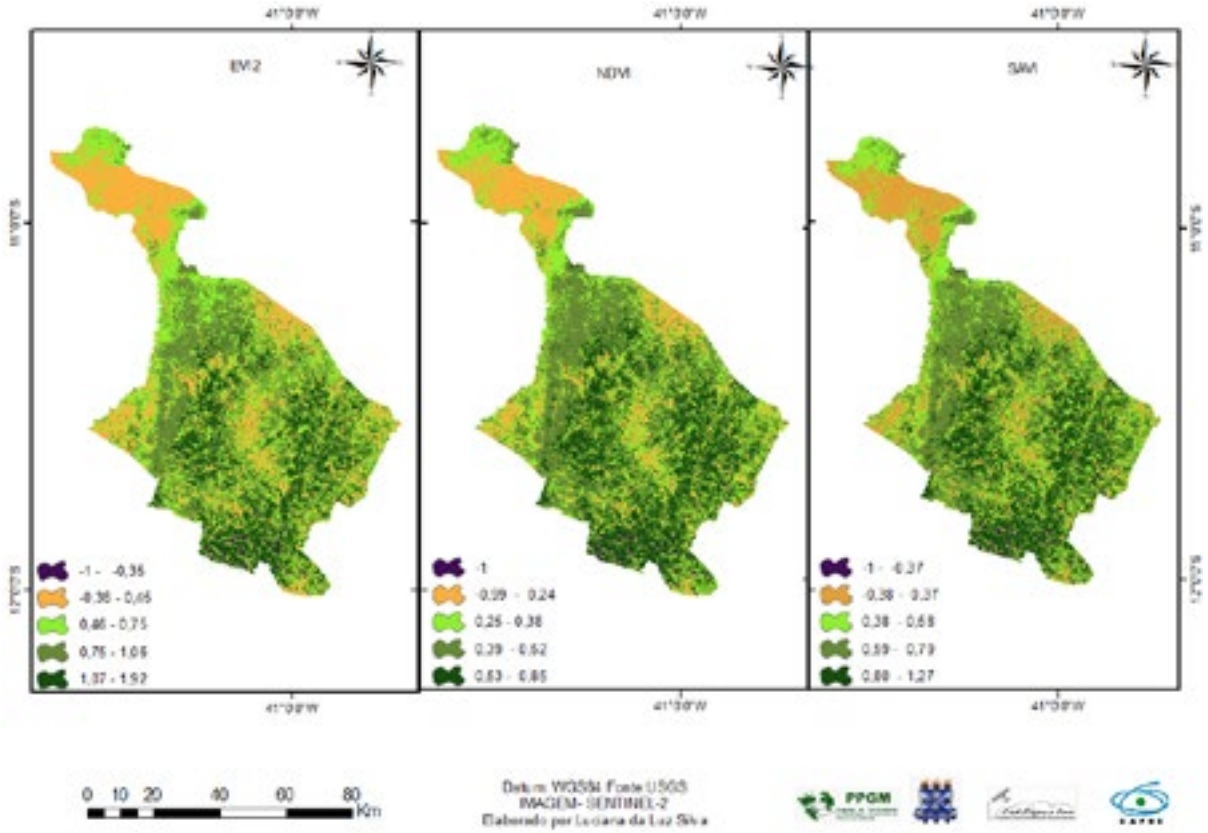


Figura 5: índice de vegetação período úmido (Janeiro a Junho)

No período úmido de janeiro a junho os índices apresenta uma vegetação em boas condições de disponibilidade de água, devido a retenção hídrica do ano anterior, apresentando

diferenças entre os valores mínimos e máximos dentre as classes estabelecidas onde respectivamente o NDVI variou de -1 a 0,85 e o SAVI vários de -1 a 1,25, (Figura 4e 5).

O SAVI minimizou os efeitos do solo exposto na estimativa do vigor das plantas, já que distingue áreas de solo de áreas de vegetação de forma ponderada para cada uma das classes, tornando mais evidente a vegetação e menos expressivo o efeito do solo, sobretudo em períodos úmidos. Em contrapartida o EVI2 separou melhor a vegetação em períodos seco, dado sua pouca influência dos fatores atmosféricos.

Tabela I - Estatisticas dos indices

PERÍODO/ ÍNDICES	SECO					ÚMIDO				
	Mín	*Máx*	*Media*	*DP*	*CV (%)*	*Mín*	*Máx*	*Media*	*DP*	*CV (%)*
NDVI	*-1*	*0,83*	*0,32*	*0,15*	*0,47*	*-1*	*0,85*	*0,39*	*0,19*	*0,49*
EVI2	*-1*	*1,88*	*0,57*	*0,31*	*0,54*	*-1*	*1,92*	*0,71*	*0,35*	*0,49*
SAVI	*-1*	*1,25*	*0,49*	*0,23*	*0,47*	*-1*	*1,27*	*0,59*	*0,26*	*0,44*

Nesse sentido os índices de vegetação demostram a partir da estatística, a eficácia na identificação da cobertura vegetal, tanto em períodos úmidos como seco, dado que o índice que não utiliza a faixa do azul, o EVI2 obteve melhor desempenho na identificação. Em contrapartida o SAVI e o NDVI possuem um bom desempenho nos dois períodos confirmando sua viabilidade e aplicação para identificar a cobertura vegetal, dado pela influência da precipitação, repercutindo na reflectância dos alvos em ambientes semiáridos. O EVI2 se destacou e demostra tanto nas imagens como nos dados estatísticos ótimos resultados nos períodos secos e úmidos.

4.Considerações Finais

Os índices de vegetação (NDVI, SAVI e EVI2) demostram bons desempenhos na descriminação da cobertura vegetal, expressando suas particularidades na descriminação da cobertura vegetal. Dada a importância dos mesmo para auxiliar no monitoramento e caracterização da cobertura vegetal.

Em virtude das variações sazonais foi possível determinar qual índice melhor se aplica para o estudo da cobertura vegetal, sobretudo no seminário em que os períodos secos e úmidos, são bem demarcados e expressos na cobertura vegetal, de modo que o EVI2 teve expressiva variação nos dois períodos. No entanto o NDVI e SAVI, são mais indicados para essa região e apresentaram melhor desempenho, expressos nos realces e nos dados estatísticos, com variação dos dois períodos, expressando a sazonalidade.

Com tudo a plataforma Google Earth Engine teve uma importante contribuição, pois viabilizou o trabalho no sentido de otimiza a obtenção das imagens e geração dos Índice. E para melhores resultados, recomenda-se uma integração dos índices para extrair mais informações da cobertura vegetal e avaliar os três em uma serie temporal.

5. Referências Bibliográficas

BARBOSA, A. H. dá S.; CARVALHO, R. G. de; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a Análise da Distribuição Espacial da Cobertura Vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte **Revista do Departamento de Geografia**, V. 33. São Paulo. 2017 .p. 128-143

BARBOSA, H. A. **Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-85**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999. 164 p.

BARBOSA, M. A. Clima. In: ROCHA, A. J. D.; COSTA, I. V. G. (Orgs.). **Projeto mapas municipais**: município de Morro do Chapéu-Ba. Ministério de Minas e Energia CPRM - Companhia de Pesquisa de recursos Minerais Prefeitura de Morro do Chapéu-Ba. 1995.

BASTOS, C.A; VAN DEN BERG, C. **A família Orchidaceae no município de Morro do Chapéu**, Bahia, Brasil. Rodriguesia 63: 883-927**.** 2012

BATISTA, G. M. M. **Mapeamento do Sequestro de Carbono e de Domos Urbanos de CO2 em Ambientes Tropicais, por meio de Sensoriamento Remoto Hiperespectral**. In. Geografia, 2004.

BRITO, R. R. de; FILGUEIRAS, R.; SANTOS, J. É. O. ; LEDA, V. C.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. de; ZIMBACK, C. R. L. **Índices de vegetação SAVI, NDVI e temperatura de brilho na caracterização da cobertura vegetativa do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí – DITALPI.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil. 2015.

FREITAS, S. R.; SHIMABUKURO, Y. E. Diagnosticando florestas tropicais através do sensoriamento remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13. Florianópolis, 2007. **Resumos**... [Brasília, DF]: INPE, 2007. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr% 4080/2006/10.19.16.55/doc/1671-1678.pdf>. Acesso em: jun. 2013.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDOFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6. 1996. p. 445-454

GORELICK, N; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D.; MOORE, R. **Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment**, 202, , 2017. p. 18–27

GRILO, D. C. **Modelagem de fluxo de carbono em paisagens de caatinga e em sistemas agropecuários.** Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (uefs)-Dissertação de Mestrado Feira de Santana .2012.

JIANG, Z. HUETE, A. R. DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. **Remote Sensing of Environment.** Volume 112, Issue 10, 15 October 2008.

KIM, Y.; HUETE, A. R.; MIURA, T.; JIANG, Z. **Spectral compatibility of vegetation indices across sensors: band decomposition analysis with Hyperion data.** J.of Applied Remote Sensing, 4(1), 043520 (2010). https://doi.org/10.1117/1.3400635. De março de 2010.

LEI, J.; ALBERT J.P. Performance evaluation of spectral vegetation indices using a statistical sensitivity function. Remote Sensing of Environment Volume 106, Issue 1, 15 January . 2007.

LOBÃO, J. S. B. **Análise Socioambiental do Município de Morro do Chapéu: baseada em Geotecnologias**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geografia Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 2006.

LOBÃO, J. S. B; VALE, R. M. C. **Microbacias na Região do Parque Estadual de Morro do Chapéu (PEMC)**: Um modelo em SIG para Análise Ambiental. In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril, INPE.2007. p. 2769-2776.

PAULA, S. C. de; VEDOVATO, L. B.; SILVA, G. B. S. da; VICENTE, L. E. **Embrapa monitoramento por satélite. Comparação entre os índices espectrais EVI e EVI2 para discriminação de pastagens plantadas e naturais.** VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica –. CIIC 2013. 13 a 15 de agosto. Campinas, São Paulo. 2013.

PINTO, A.C.; RODRIGUES, A.L.; CRUZ, B.B.; BENITEZ, D.J.R.; ANDRADE, I.; PEDRO, J.M.; ROSA, M.R.; ALBUQUERQUE, N.G.; ABREU, T.K.; LOPES, T.; MACHADO, C.A.A.S.; QUINTANILHA, J.A. **Algorithms Comparison: Commercial Software X Google Earth Engine.** In ANAIS XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de janeiro. 06 a 09 de novembro de 2017.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação.** In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, 2001. p 157-199.

ROCHA, A. J. D.; COSTA, I. V. G. (Orgs.). **Projeto mapas municipais**: município de Morro do Chapéu-Ba. Ministério de Minas e Energia CPRM - Companhia de Pesquisa de recursos Minerais Prefeitura de Morro do Chapéu-Ba. 1995.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto, Uberlândia: EDUFU, 2007.

ROSEMBACK, Roberta. **Análise da Dinâmica da Cobertura Vegetal na Região Sul do Brasil a Partir de Dados Modis-terra**. 2007. Availab from:https://www.researchgate.net/publication/267967972_analise_da_dinamica_da_cobertura_vegetal_na_regiao_sul_do_brasil_a_partir_de_dados_modis-terra. [Accessed Aug 26 2018].

ROSENDO, J. dos S. 1980- **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS /** dissertação de mestrado. Uberlândia – MG .2005.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANALISE ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO-PE

Deivid Damião Roque de Souza [(a)], Manuella Vieira Barbosa Neto [(b)], Izabelly Victoria Alves de Oliveira [(c),] Diogo Silva do nascimento [(d)]

[(a)] DASS, Licenciatura em Geografia, IFPE, devid.roque007@gmail.com
[(b)] DASS/Licenciatura em Geografia, IFPE, manuellaneto@recife.ifpe.edu.br
[(c)] DASS/Licenciatura em Geografia, IFPE, izabellyoliveiraa@outlook.com
[(d)] DASS/Licenciatura em Geografia, IFPE, diogosilvanascimento20@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada a estudos ambientais

Resumo: A supreção da cobertura vegetal tem se configurado como um dos principais vetores para problemas ambientais no Brasil e no mundo. O presente artigo tem como objetivo analisar a evolução da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Jaboatão -PE num periodo de trinta anos. O instrumento metodologico utilizado para compreender o fenômeno estudado foi o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI. Foi observado o crescimento da vegetação de rala a esparsa e a diminuição da vegetação de esparsa a densa no período observado.

Palavras chave: Cobertura vegetal, Sensoriamento remoto, Bacia hidrográfica.

1. Introdução

A produção e reprodução do espaço geográfico no Brasil e no mundo promovem rápidas mudanças no uso e cobertura das terras e os diferentes usos inadequados do solo têm se configurado como principais vetores para o desequilíbrio ambiental em diferentes sistemas (SILVA et al, 2016). O avanço das áreas urbanas e das atividades agrícolas causaram inúmeras mudanças no ambiente natural que apresentam principalmente em forma de desmatamento da floresta nativa. A perda de cobertura vegetal é um dos principais agentes catalizadores do desequilíbrio ambiental, que se manifesta em forma de enchentes, assoreamento, erosão, entre outros eventos ambientais (BOTELHO e SILVA, 2004).

Atualmente a preocupação com o meio ambiente cria demanda para o desenvolvimento de estudos ambientais que sirvam de subsidio para a compreensão da natureza e planejamento de

intervenções no meio ambiente. Dentre as metodologias desenvolvidas nos últimos anos para as pesquisas de cunho ambiental, podemos destacar o Sensoriamento Remoto que proporciona meios eficientes para realizar mapeamentos rápidos, eficientes e de baixo custo (ARAGÃO e ALMEIDA, 2009). Dentre os produtos do sensoriamento remoto Meneses et al. (2012) destacam que o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) pode ser utilizado para avaliar a condição temporal das condições da vegetação.

A técnica do NDVI tem sido amplamente utilizada por diversos estudos que classificam a cobertura vegetal. Destacando-se os seguintes autores: Aragão e Almeida (2009), Aquino e Oliveira (2012), Demarchi et al. (2011), Rizzi et al. (2001). Haja vista a importância da cobertura vegetal no sistema ambiental, o presente artigo tem por objetivo analisar a sua mudança espaço – temporal na área da bacia hidrográfica do rio Jaboatão em Pernambuco num período de trinta anos.

2. Material e métodos

A bacia hidrográfica do rio Jaboatão abrange os municípios de Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Recife, São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão, localizando-se entre as coordenadas 8° 00’ e 8° 25’ de latitude Sul e 34° 50’ e 35° e 25’ de longitude oeste. Segundo dados do CRPH (2016) estima-se que 450.000 pessoas vivam na área de drenagem da bacia hidrográfica, tanto em áreas urbanas, quanto em áreas rurais. Assim como, o uso do seu solo é principalmente destinado para ocupação urbana, industrial, áreas cultivadas com cana-de-açúcar, policultivos, áreas de Mata Atlântica e Manguezal.

Com o objetivo de identificar a evolução e a mudança da cobertura vegetal da área em estudo, foi aplicado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – NDVI, que envolve a diferença e a soma entre as duas bandas do infravermelho próximo e do vermelho. O índice de NDVI varia de -1 a +1, dessa forma, quanto mais a variavel se aproxima de 1 mais densa é a vegetação (MENESES et al., 2012). Para isso, foram obtidas gratuitamente junto ao portal Earth Explorer “earthexplorer.usgs.gov” imagens dos satélites Landsat 5 e 8 (tabela 1). As imagens foram disponibilizadas com o devido registro. Para seleção das imagens foram utilizados os critérios de estarem no mesmo período do ano e da menor cobertura possível de nuvens.

ISBN: 978-85-7282-778-2

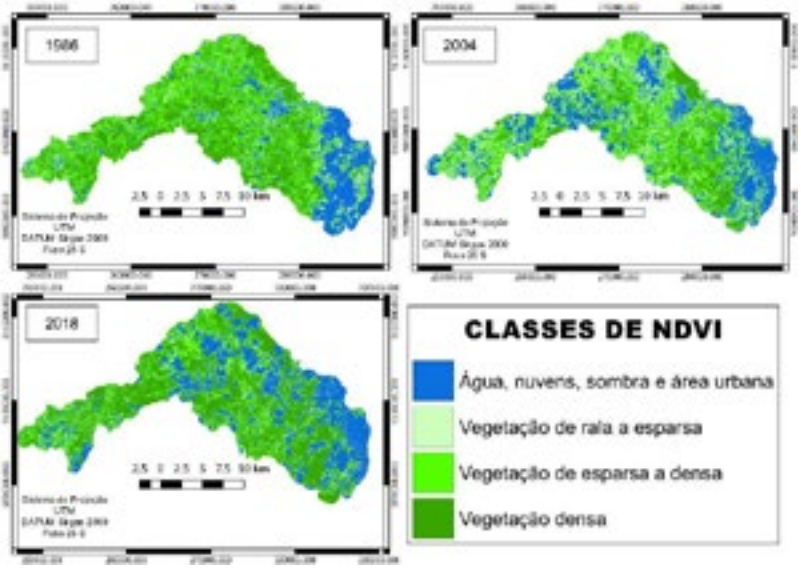
Tabela I - Característica das imagens Landsat utilizadas par a geração do NDVI da bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE

Data	Satélite/Sensor	Resolução Espacial	Bandas
16/06/1986	Landsat 5 / TM	30 Metros	3 e 4
19/07/2004	Landsat 5 / TM	30 Metros	3 e 4
23/05/2018	Landsat 8 / Oli Tirs	30 Metros	4 e 5

Após a aquisição as imagens, essas foram importadas para o software QGIS 2.18.23 onde as bandas utilizadas para gerar o NDVI foram recortadas seguindo o contorno da área em estudo. Para elaboração do NDVI foi utilizada a ferramenta Calculadora de Raster do Qgis, onde foi aplicada a expressão (NIR - RED) / (NIR + RED) que possibilitou o cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. Para a obtenção da área de cada classe de NDVI foi utilizada a ferramenta R.REPORT que gera um relatório estatístico de área para cada classe do raster.

3. Resultados e Discussão

Ao executar a metodologia supracitada foram geradas três imagens do NDVI dos anos de 1986, 2004 e 2018, como pode ser observado na figura 1.



ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 1 – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada da bacia hidrográfica do rio Jaboatão – PE nos anos de 1986, 2004 e 2018

Ao analisar os resultados obtidos, podemos notar uma diminuição de 15,23% na área de cobertura vegetal de esparsa a densa durante o periodo de 31 anos, pois no ano de 1986 havia cerca de 45,14% e em 2018 reduziu para 29,91%. Enquanto isso, a área de vegetação densa cresceu 2,65% nesse periodo de tempo (Tabela II).

Tabela II – Distribuição da densidade da vegetação de acordo com o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada dos anos de 1986, 2004 e 2018, da bacia hidrográfica do rio Jaboatão - PE

Densidade da Vegetação	1986 (%)	2004 (%)	2018 (%)
Rala a Esparsa	5,26	17,35	23,07
Esparsa a Densa	45,14	35,74	29,91
Densa	25,6	23,41	22,40
Água, nuvem, sombra e área urbana	24	23,5	24,62

A classe de rala a esparsa aumentou 14,06% de área no periodo entre 2004 e 2018, esse quadro é preocupante, pois demonstra que houve perda na vegetação (Tabela II). De acordo com Coutinho et al. (2013), a supressão da vegetação apresenta impacto na dinâmica dos processos hidrológicos das bacias hidrográficas, pois interferem diretamente na cobertura e perfil do solo, podendo causar erosão, assoreamento e enchentes. De modo geral, a diminuição da cobertura vegetal pode contribuir para que ocorra desequilibrio ambiental para a área estudada e a população local pode sofrer com os desdobramentos da perda de vegetação.

4. Considerações finais

O indice de vegetação na area da bacia hidrográfica do rio Jaboatão ocilou durante o período de três décadas. A oscilação se traduz na diminuição de 15,23% da vegetação de esparsa a densa e no crescimento de 14,06% da vegetação de rala a esparsa. A ánalise aqui explicitada serve como subsidio para outros estudos relacionados ao planejamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Jaboatão. Dentre esses estudos podemos citar a ánalise de vulnerabilidade natural à erosão, riscos associados à

ISBN: 978-85-7282-778-2

processos erosivos, zoneamento do uso da terra, entre outros estudos que visem a compreenção do meio natural e o uso correto dos recursos naturais.

5. Referências Bibliográficas

ARAGÃO, R. de; ALMEIDA, JAP de. **Avaliação espaço temporal do uso do solo na área da bacia do Rio Japaratuba–Sergipe através de imagens LANDSAT**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 14, p. 1231-1238, 2009.

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. ESTUDO DA DINÂMICA DO ÍNDICE DE VEGETACÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NO NUCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO-PI. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 31, p. 157-168, 2012.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 153-192, 2004.

COUTINHO, L. M. et al. Usos da Terra e Áreas de Preservação Permanente (APP) na Bacia do Rio do Prata, Castelo - ES. **Floresta e ambiente**. 20 (4), 2013, 425-434.

CPRH, Agência Estadual de Meio Ambiente. Grupo de pequenos rios litorâneos – GL2. In: **Relatório de monitoramento da qualidade da água de bacias hidrográficas do estado de Pernambuco**. Diretoria de gestão territorial e recursos hídricos, governo de Pernambuco, 2016.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L.. Analise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo–SP usando imagens LANDSAT-5. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 21, 2011.

MENESES, P. R. et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, p. 01-33, 2012.

RIZZI, R.; FONSECA, E. da. Análise da variação espacial e temporal do NDVI no Estado do Rio Grande do Sul através de imagens AVHRR. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 10, p. 1735-1737, 2001.

SILVA, D. G. et al. Análise Espaço-Temporal do Uso e Cobertura da Terra no Município de Exu, PE. **Clio Arqueológica**. V.31, n.3, 2016, 193-210.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Análise de diferentes técnicas de mapeamento da dissecação do relevo: um estudo de caso do setor *cuestiforme* de Analândia (SP).

Luis Paulo Forgaça Ourique [(a)], Estêvão Botura Stefanuto [(b)], Cenira Maria Lupinacci [(c)]

a) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, lp.ourique@hotmail.com.
b) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, estevao1508@hotmail.com.
c) Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, cenira.lupinacci@unesp.br.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As *cuestas* constituem-se em um relevo complexo, onde a drenagem assume um papel importante na esculturação de suas formas. Visando seu entendimento, utilizaram-se neste estudo duas técnicas de análise morfométrica: a dissecação vertical, proposta por Spiridonov (1981) e a profundidade de dissecação, sugerida por Hubp (1988). Dessa forma compararam-se os mapeamentos produzidos a partir de tais técnicas visando compreender potencialidades e limites dessas para representar o relevo da área. Constatou-se que a dissecação vertical se adequou melhor as especificidades da área e representou de forma concisa as informações existentes no relevo, apresentando maior detalhamento nos dados mapeados; já a técnica de profundidade de dissecação evidenciou apenas as grandes feições geomorfológicas, vinculadas aos maiores degraus topográficos da área.

Palavra-chave: cartas morfométricas, dissecação vertical e profundidade de dissecação.

1. Introdução

O relevo de *cuestas*, denominado por Almeida (1974) de província geomorfológica das *Cuestas* basálticas, é uma formação complexa e de difícil compreensão, sendo sua possível origem amplamente discutida, com a existência de duas vertentes principais de grande aceitação.

Autores como Ab'Saber (1949, 1956 e 1969) e Almeida (1964, 1974), entre outros, esclarecem que as *cuestas* se devem a ação de processos erosivos atuantes sobre as áreas de soerguimento na borda da Bacia Sedimentar do Paraná. Segundo os autores, drenagens consequentes modelaram as estruturas a partir da variação de resistência dos materiais, iniciando-se assim a circundenudação da bacia do Paraná consequentemente originando a depressão periférica paulista entre as formações cristalinas atlânticas e o planalto ocidental. Ainda, Ab'Saber (1969), complementa que o relevo *cuestiforme* evolui e recua permanentemente em direção oeste.

A outra vertente defendida por Openheim e Malamphy (1936), Setzer (1956), Queirós Neto (1960), Penteado (1968) e Facincani (2000), propõe que o soerguimento da borda da bacia do Paraná ativou antigas falhas existentes e modernos deslocamentos crustais, originando assim um relevo escarpado com inclinação elevada nos *fronts* e rios com rumos variáveis (consequentes, obsequentes e subsequentes).

Mesmo com divergências, grande parte da bibliografia (Ab'Saber, 1949, 1956 e 1969; Almeida, 1964 e 1974; Penteado, 1968 e Facincani, 2000) entende que as *cuestas* constituem-se em um relevo complexo e com muitas áreas de fragilidade, nas quais a drenagem assume um papel importante na esculturação do terreno. De acordo com Almeida (1974) e Penteado (1974), os cursos fluviais obsequentes são fundamentais na esculturação das *cuestas*, esculpindo o relevo e lhe atribuindo um formato festonado. Ainda, as drenagens são responsáveis por moldarem o relevo *cuestiforme,* atuando no entalhamento dos talvegues e na modelagem de esporões e morros testemunhos, feições as quais garantem áreas com elevada declividade (STEFANUTO E LUPINACCI, 2016).

O relevo de *cuestas* paulista se estende continuamente de Franca (SP) a Ourinhos (SP) com o rumo NE-SW e, segundo Almeida (1949, 1974), evidencia-se como uma morfologia acidentada que é cortada pelos principais rios existentes neste complexo (o Tietê, o Paranapanema, o rio Grande, o Pardo e o Mogi-Guaçu).

ISBN: 978-85-7282-778-2

O relevo de *cuestas* é marcado por um degrau topográfico, o qual agrega alta energia aos rios obsequentes. Por esse motivo, a análise morfométrica destas áreas se torna de extrema relevância para a compreensão dos seus processos evolutivos, uma vez que, tal conjunto técnico permite à aquisição de dados quantitativos, os quais avaliam a hierarquia da potencialidade da geometria do relevo para o desenvolvimento de processos morfogenéticos (FERREIRA, 2015). Ainda, para Tricart (1965), os dados morfométricos são de extrema relevância na avaliação do relevo, sendo para Cunha, Mendes e Sanches (2003) uma representação de valor significativo para o planejamento de futuras ocupações, de modo a evitar áreas de risco.

Para a realização da análise morfométrica diversas técnicas de mapeamento podem ser empregadas. Entre essas, destacam-se as cartas de dissecação vertical (SPIRIDONOV, 1981) e de profundidade de dissecação (HUBP, 1988). A carta de dissecação vertical permite, através de uma análise detalhada das curvas de nível e da distribuição das drenagens, a compreensão das amplitudes de elevação do terreno (SPIRIDONOV, 1981). Já a carta de profundidade de dissecação possibilita a compreensão da atuação de elementos estruturais e denudativas no relevo (HUBP, 1988).

Portanto, objetiva-se com este artigo comparar a cartografia do relevo gerada através das cartas de dissecação vertical e de profundidade de dissecação, buscando compreender o desempenho de cada técnica no processo de identificação das formas de dissecação do relevo. Para tal, selecionou-se como área de estudo o setor *cuestiforme* presente em Analândia (SP), o qual se constitui em uma área de alta complexidade e topografia acidentada (STEFANUTO E LUPINACCI, 2016), elementos estes de grande relevância para compreender o desempenho das referidas técnicas morfométricas.

2. Materiais e métodos

A base cartográfica foi adquirida junto ao Instituto Geográfico Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC), constituindo-se no levantamento de 1979, em escala de 1:10.000. As folhas

utilizadas para esta pesquisa foram: Serra da Estrela (SF-23-Y-A-I-2-NO-E) e Analândia I (SF-23-Y-A-I-2-NO-F). As mesmas encontravam-se no formato JPG, sendo necessária a execução dos procedimentos de georreferenciamento e vetorização. Ambos foram realizados no ArcGis 10.1.

2.1 Carta de Dissecação Vertical

Para a realização da carta de dissecação vertical foi usada como base a metodologia de Spiridonov (1981), adaptada por Mauro et al. (1991) para o Brasil, e automatizada para o *software* ArcGIS 10.2 por Ferreira et al. (2015), utilizando-se os limites das bacias hidrográficas como unidade espacial de análise.

De início, foram delimitadas as sub-bacias de drenagem a partir da base cartográfica da área estudada. Todos os *shapes* utilizados (curvas de nível, sub-bacias, limite da área de estudo, hidrografia) para formulação da carta de dissecação vertical foram salvos em um banco de dados. Posteriormente, criou-se um *buffer* no entorno do limite da área de estudos de modo a minimizar os erros no processamento do Modelo de Elevação do Terreno (MDE). A partir da criação do MDE foram necessários alguns ajustes no modelo; assim, como a equidistância entre as curvas de nível é de 5 metros, ajustou-se os valores de elevação em 26 classes para maior detalhamento do material. Feito isso se converteu o TIN para o formato *Raster* através da ferramenta *TIN to Raster,* reajustando novamente os valores de elevação. Para finalizar, na ferramenta Dissecação Vertical, desenvolvida por Ferreira et al. (2015), foram inseridos os *shapes* utilizados anteriormente (curvas de nível, sub-bacias, limite da área de estudo, hidrografia e o MDE), os quais foram processados, dando origem a um arquivo com os dados de dissecação vertical, em formato *shape*.

2.2 Carta de Profundidade de Dissecação

Para Hubp (1988), a profundidade de dissecação pode ser alcançada com um levantamento da altura vertical entre o talvegue e a linha de cumeada. Assim, gerou-se uma malha quadriculada através da ferramenta *Fishinet,* uma vez que a proposta de Hubp (1988) constitui-se em uma análise por setores delimitados por quadrículas. Posteriormente,

fragmentaram-se no interior de cada quadrícula as curvas de nível e seus respectivos valores altimétricos, obtendo-se, através da ferramenta *join and relates*, os valores máximos e mínimos de elevação. Tais valores foram subtraídos a partir da opção *field calculator,* obtendo-se o dado de profundidade de dissecação.

Ainda, de acordo com a proposta de Hubp (1988), os valores obtidos em cada quadrícula devem ser atribuídos a um ponto central para posterior interpolação. Assim, através da ferramenta *feature to point,* adicionaram-se pontos centrais às células sendo atribuídas aos mesmos as informações de profundidade de dissecação. Às quadrículas sem informação, adicionou-se o valor zero. Por fim, os dados de profundidade de dissecação foram interpolados através da opção *create TIN*, sendo apresentados no formato *raster* para uma melhorar resolução do produto.

3. Resultados e discussões

Segundo Facincani (2000), as feições geomorfológicas existentes na região onde se insere a área de estudo se desenvolvem a partir de intensa dinâmica erosiva provocada por uma rede de drenagem submetida a um regime de falhas, fatores que possibilitam o entalhamento dos talvegues e a formação de esporões e morros testemunhos, feições estas características do relevo de *cuestas*.

A área a qual a bacia hidrográfica está situada é marcada por feições estruturais que garantem especificidade e complexidade ao relevo da região (STEFANUTO E LUPINACCI, 2016). De acordo com a Figura 1, observa-se que o setor analisado confirma tal afirmação, uma vez que os flancos sul e leste são marcados, respectivamente, pelos morros testemunhos do Cuscuzeiro e do Camelo; estando ainda, o setor norte, delimitado pelo *front* cuestiforme e seu reverso.

ISBN: 978-85-7282-778-2

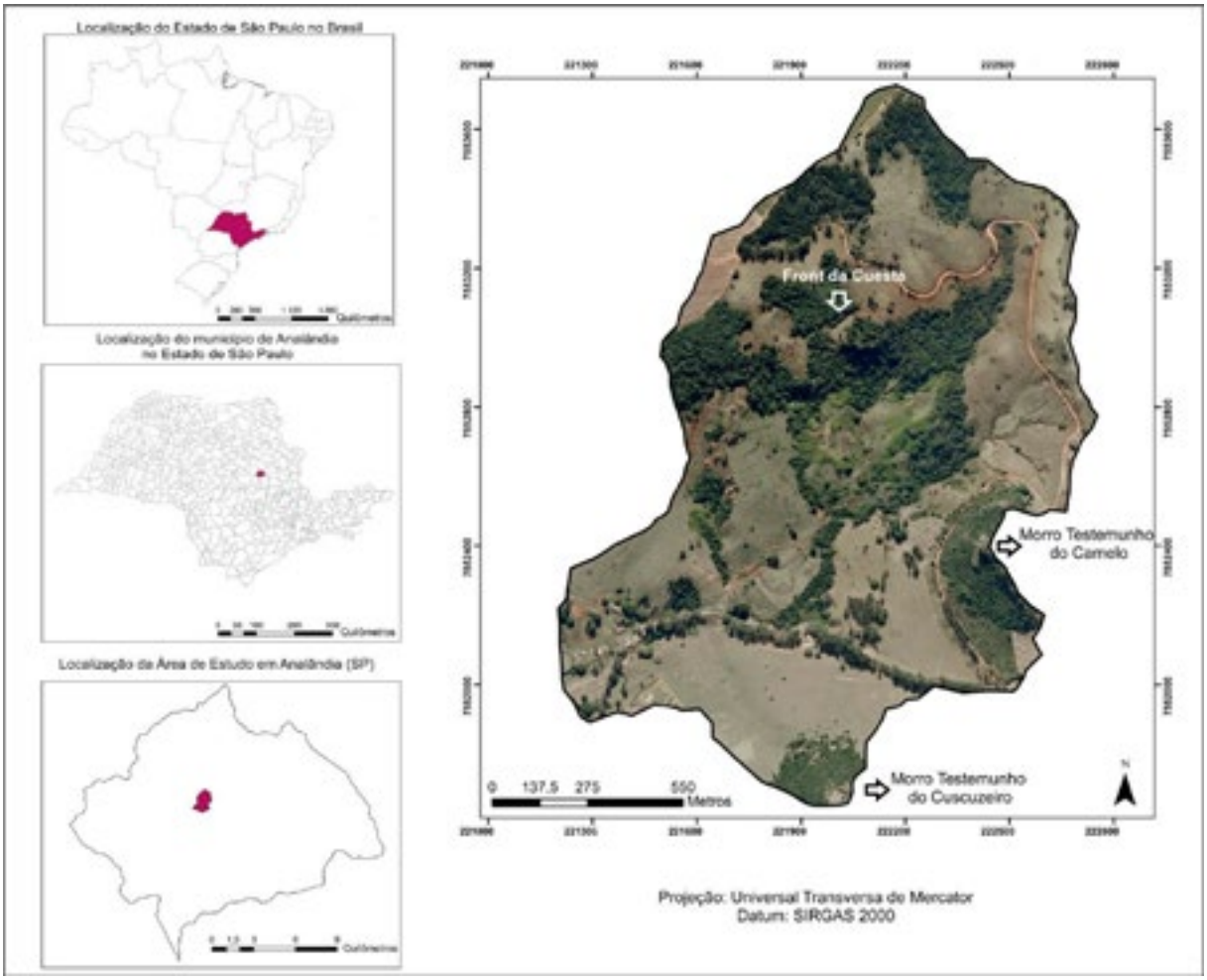


Figura 1- Localização da área de estudo.

Considerando as características supracitadas e visando compreender as especificidades do relevo da área estudada, foram desenvolvidas as cartas (Figura 2) de profundidade de dissecação (HUBP, 1988) e dissecação vertical (SPIRIDONOV, 1981).

ISBN: 978-85-7282-778-2

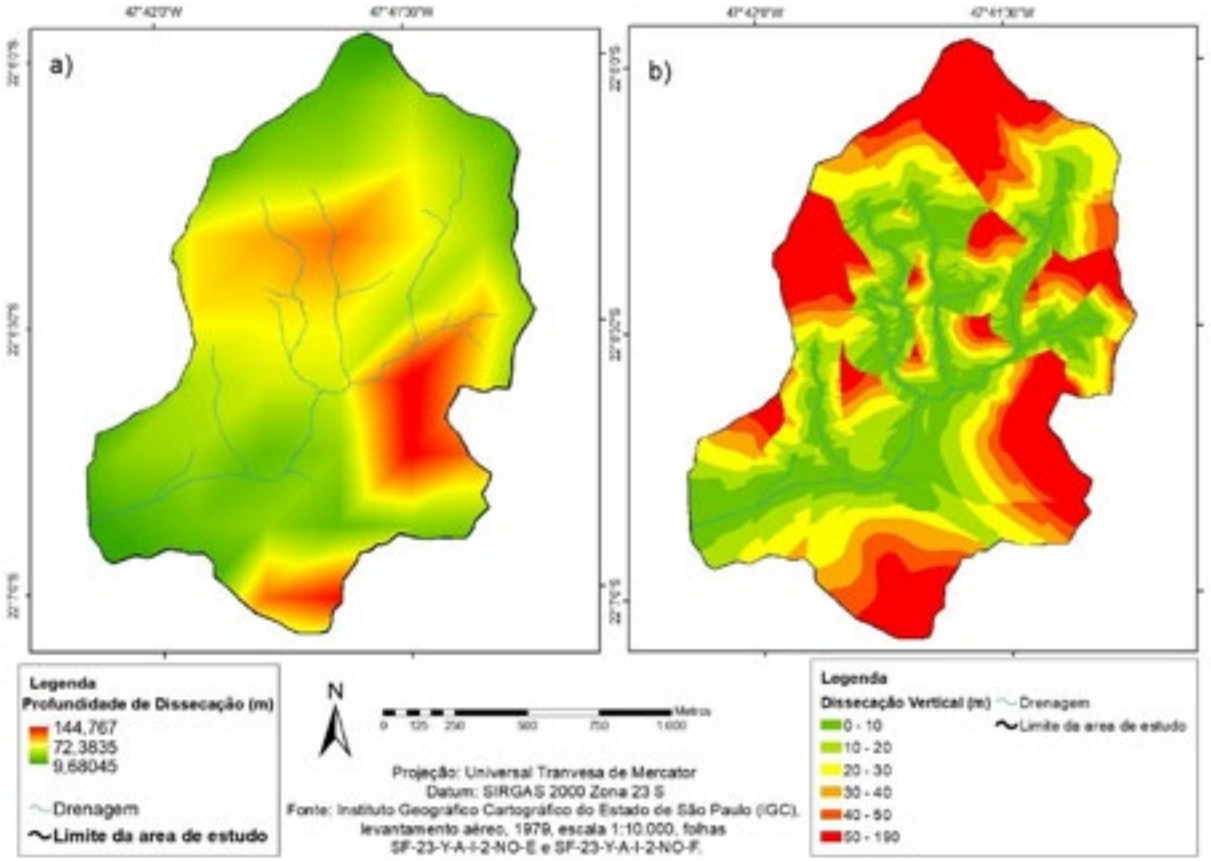


Figura 2 - Carta de Profundidade de Dissecação (a) e Dissecação Vertical (b) da Alta Bacia do Córrego Santa Terezinha, Analândia (SP).

A técnica de Spiridonov (1981) traz uma noção em detalhe das áreas com maior propensão a ações gravitacionais (Figura 2b), de modo que as áreas com a dissecação elevada são cartografadas em cada sub-bacia da área estudada. Dessa forma, a compreensão das áreas com maior probabilidade de erosão natural e possível agravamento de tais processos por atividades antrópicas se tornam evidentes e de fácil identificação. Assim, a Carta de Dissecação Vertical, se mostrou eficaz em mapeamentos de escalas de detalhe, como nesse estudo.

Já a técnica de Hubp (1988), por levar em consideração o desnível altimétrico obtido a partir de quadrículas e, ainda, esse dado passar por processo de interpolação para a classificação da dissecação, suprime áreas com maior dissecação e não apresenta de forma detalhada certos

ISBN: 978-85-7282-778-2

setores específicos. Assim, a análise da dissecação do relevo através dessa técnica, propicia somente uma ideia geral das condições existentes no mesmo. A Carta de Profundidade de Dissecação se mostra limitada na análise em detalhe de pequenas áreas, como a estudada neste trabalho, por generalizar as informações, destacando somente os maiores degraus topográficos da área.

Com isso, a partir da análise dos mapas gerados, foi possível constatar que a técnica de Spiridonov (1981) mostrou-se eficaz em mapear as áreas de maior dissecação, uma vez que utiliza como unidade espacial as sub-bacias, e desse modo detalha a dissecação de cada drenagem separadamente, mostrando com maior precisão as áreas mais dissecadas. Já a proposta Hubp (1988), que tem como unidade espacial de análise as quadrículas, generaliza algumas informações, destacando somente as feições estruturais vinculadas a cornija dos morros testemunhos e do *front cuestiforme.* Analisa-se ainda, conforme a técnica de Spiridonov (1981), que as áreas próximas as nascentes das sub-bacias se mostram com alta dissecação e isso se evidencia na grande maioria das sub-bacias analisadas. Segundo a técnica de dissecação vertical, pode-se notar que as áreas mais dissecadas se distribuem de modo homogêneo por toda a área, mostrando maior detalhamento. Por outro lado, na técnica de Hubp (1988), as áreas de maior dissecação se situam concentradas em três principais pontos, estando distribuídas na porção central, sudeste e sul da área, onde se encontra um relevo vinculado as litologias de maior resistência que mantém as citadas cornijas.

4. Considerações Finais

As técnicas de mapeamento da dissecação do relevo utilizadas demonstraram-se passíveis de execução para a área da pesquisa, contudo com resultados espaciais bastante distintos. A dissecação vertical se mostrou eficaz em evidenciar as rampas existentes nas cabeceiras das drenagens e propiciar com isso o levantamento de hipóteses sobre a energia do escoamento superficial nesses setores e uma possível evolução de processos erosivos. Por isso, considera-se que a técnica de Spiridonov se adéqua na análise de pequenas áreas com escalas

maiores e mais detalhadas. Já a profundidade de dissecação se mostrou eficaz na identificação das grandes feições existentes no relevo (cornijas vinculadas ao *front* e morros testemunhos), e em função disso se adapta a análise de áreas maiores e com escala de detalhe menor.

Referências bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. A terra paulista. **Boletim Paulista de Geografia,** v. 23, p. 5-38, 1956.

AB'SÁBER, A. N. Regiões de circundenudação Pós-cretáceas no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 1, 1949.

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, 1969.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Universidade de São Paulo**, São Paulo, 1974.

ALMEIDA, F. F. M. Relevo de "Cuestas" na Bacia Sedimentar do Rio Paraná. **Boletim Paulista de Geografia.** v. 3, p. 21-33, 1949.

CHRISTOFOLETTI, A.; QUEIROZ NETO J. P. Estudos Geomorfológicos a respeito da Serra de Santana, SP. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 38, p. 3-20, jun. 1961.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas para a Gestão Ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio Claro, v. 1, n. 4, p. 1-9, set. 2003.

FACINCANI, E. M. **Morfotectônica da Depressão Periférica Paulista e Cuesta Basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

FERREIRA, M. V. *et al*. A cartografia da dissecação vertical para avaliação do relevo: proposta de técnica automática. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 6, n.67, p. 1231-1245, 2015.

HUBP, J. I. L. **Elementos de Geomorfologia Aplicada (Métodos Cartograficos)**. Universidad Nacional Autonoma de México, México, 1988.

MAURO, C. A. *et al*. Contribuição ao planejamento ambiental de Cosmópolis – SP – BR. *In*: **Encuentro de Geógrafos de América Latina**, Toluca, n. 3, 1991.. Memórias... Toluca: UAEM, v.4, 1991. p.391-419.

PENTEADO, M. M. **Geomorfologia do setor centro-ocidental da Depressão Periférica Paulista**. Tese (Doutorado). São Paulo, USP, 1976.

PENTEADO, M. M. Implicações tectônicas na gênese das cuestas da bacia de Rio Claro**. Notícia Geomorfológica,** n. 8, p. 19-41, 1968.

SPIRIDONOV, A. I. **Princípios de la Metodologia de las investigaciones de Campo y el Mapeo Geomorfológico.** Havana: Universidad dI la Habana, vol. 3, 650p. 1981.

STEFANUTO, E. B.; LUPINACCI, C. M. Características morfoestruturais do relevo em setor de cuestas: um estudo em Analândia (SP). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 4, p.1197-1211, 2016.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris, Masson, 1965.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA AO MAPEAMENTO DO RISCO DE INCÊNDIO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRACICABA

Felipe Fernandes Ladislau [(a)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, felipe.fernandesladislau@live.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O mapeamento de focos e/ou riscos de incêndios constitui em um dos principais esforços para a contenção de tal processo em sistemas ambientais – como as bacias hidrográficas –, sendo pertinente a utilização de técnicas de análise espacial que deem tal subsídio. Dessa forma, esse estudo tem como objetivo realizar o mapeamento das áreas susceptíveis a risco de incêndio na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, através do uso do geoprocessamento. Empregou-se a análise multicritérios como metodologia, utilizando-se de dados secundários referentes as características fisiográficas e socioeconômicas do local de estudo, e ponderando-as com base em "regra de decisão". A modelagem dos dados e os resultados obtidos permitiram mapear as principais áreas-foco de ocorrência de incêndio, criando dessa forma um produto geoespacial de importância na gestão de incêndios.

Palavras chave: Risco de incêndio, bacias hidrográficas, geoprocessamento, análise multicritério

1. Introdução

O incêndio florestal se constitui como um dos principais problemas ambientais que ocorrem no Brasil (IBAMA, 2017). Entre as consequências desse problema estão a perda de biodiversidade e a emissão de gases do efeito estufa. A maior ação de monitoramento de queimadas está a cargo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que elabora e disponibiliza informações diárias sobre a situação de ocorrências de queimadas no Brasil, através de imagens de satélite.

A elaboração de um cenário de risco de incêndios florestais exige a compreensão dos parâmetros físicos que propiciam ou limitam sua ocorrência, que vão desde condicionantes fisiográficas – climáticas, pedogeomorfológicas e de fitofisionomia vegetal – a socioeconômicas – atividades econômico-exploratórias, ocupações urbanas, etc.

O uso do geoprocessamento pode favorecer tanto ações de prevenção como de mitigação, através da identificação e mapeamento rápidos de focos de incêndio. O presente estudo apresenta a utilização da análise multicritério como metodologia para mapeamento de risco de incêndio em bacia hidrográfica, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

2. Materiais e Métodos

A elaboração do análise multicritério teve como recorte a bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, localizada na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) homônima (figura 1).

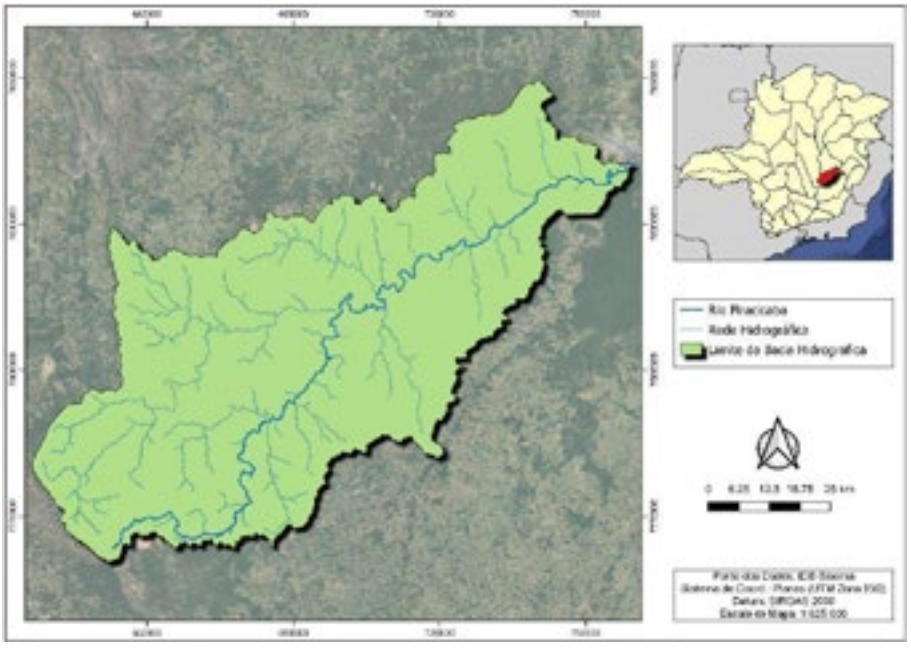


Figura 1. Localização da bacia do Rio Piracicaba

A metodologia do estudo consistiu na modelagem multicritério através de ambiente SIG. Todo o processamento fora realizado através do *software* QGIS, em sua versão 3.4.4. Os dados secundários utilizados contemplaram imagens SRTM, em formato raster e dados de rodovias, localidades, uso do solo precipitação e temperatura médias, em formato vetorial. As camadas vetoriais foram convertidas em formato matricial, sendo modeladas para a geração de distâncias euclidianas – para os dados de rodovias e localidades –, orientação de relevo e declividade – para os dados SRTM – e classes específicas para temperatura e precipitação (figura 2).

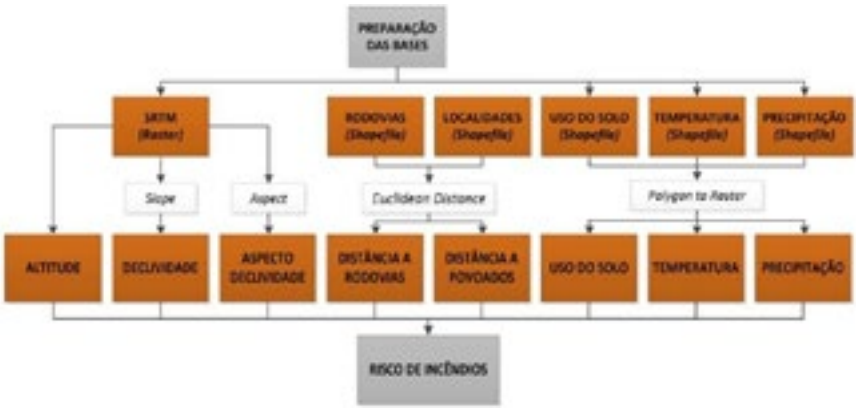


Figura 2. Etapas de preparação e modelagem dos dados secundários na análise multicritério

O processo de ponderação das camadas matriciais seguiu o modelo multicriterial de "regra de decisão" (VETTORAZZI, 2006), que consiste na aplicação de notas de importância para cada classe das variáveis selecionadas – numa escala de 0 a 3 – e pesos de importância de cada uma de tais variáveis, entre 0 e 100% (tabela I).

Variável	Peso (0 – 100%)
Altitude	7
Declividade	15
Distância a Povoados	15
Distância a Rodovias	20
Orientação do Relevo (Aspecto)	5
Precipitação	10
Temperatura	8
Uso do Solo	20

Tabela I. Pesos aplicados às variveis de ponderação na análise multicritério

3. Resultados e Discussão

Como resultado da álgebra de mapas realizada obteve-se o mapa de susceptibilidade a risco de incêndios na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (figura 3), tematizado em 5 classes que variam de uma susceptibilidade muito alta a muito baixa.

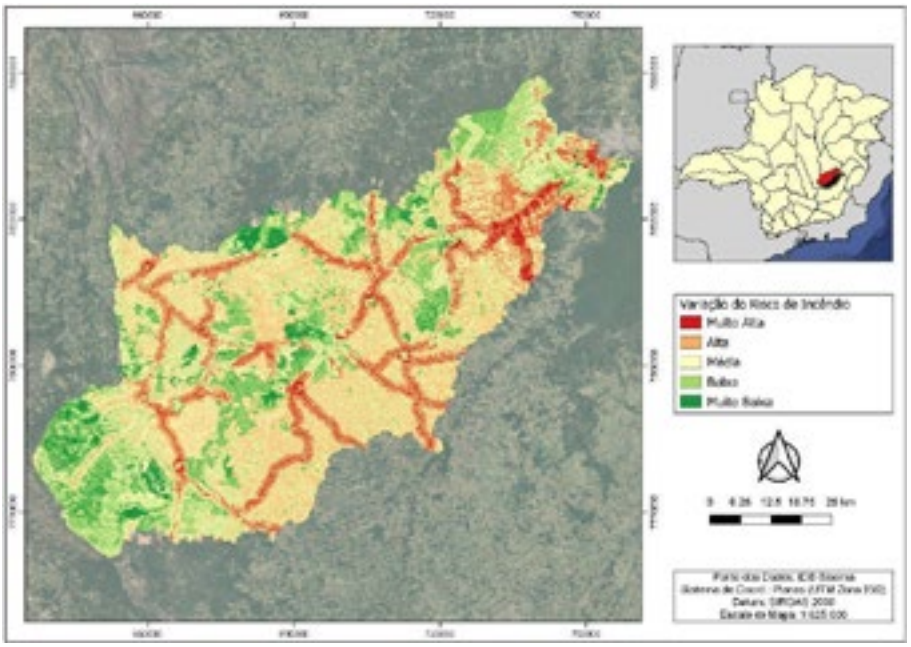


Figura 3. Risco de Incêncio na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba

Se constata, a partir da análise do resultado obtido, que as áreas mais susceptíveis a ocorrência de incêndios na bacia estão localizadas nas proximidades de rodovias, além de áreas com presença pastagem, o que abre discussão para maior direcionamento de focos de controle e contenção de incêndios em tais locais. Em áreas com a presença de fitofisionomias vegetais mais densas e/ou aquelas de reflorestamento – como o eucalipto – a ocorrência de incêndios é menos incidente – devido ao vigor e porte de tais formações –, bem como em áreas com relevo mais montanhoso e/ou escarpado, que acabam funcionando como barreiras a propagação das chamas.

4. Considerações Finais

A utilização do modelo de "regra de decisão" mostrou-se eficaz no que concerne ao mapeamento pretendido – isso levando em consideração as ponderações e notas aplicadas através da análise multicritério. Recomenda-se, portanto, a metodologia em estudos que envolvam análises territoriais e instrumentos de gestão ambiental, bem como a utilização de outras ponderações no processo de multicritério, que possam aprimorar os resultados obtidos e contribuir para um mapeamento mais eficaz e de suporte ao risco de incêndios em âmbito de bacia hidrográfica.

Referências Bibliográficas

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo)**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/prevfogo> Acesso em: 19 fev. 2019.

VETTORRAZZI, C. A. **A Avaliação Multicritérios, em ambiente SIG, na definição de áreas prioritárias a restauração florestal visando a conservação de recursos hídricos**. 2006. Tese (Livre Docência em Geoprocessamento) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/11/tde-06072007-103043/> Acesso em: 19/02/2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES E A MOVIMENTOS DE MASSA DO BAIXO CURSO DA BACIA DE DRENAGEM DO RIO MURIAÉ (RJ) COM BASE NO GEOPROCESSAMENTO

Yuri Braga da Silva Sombra [(a)], Thiago Pinto da Silva [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia de Campos, Universidade Federal Fluminense, yuri_sombra@yahoo.com.br
[(b)] Departamento de Geografia de Campos, Universidade Federal Fluminense, thiagopintosilva@id.uff.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo a avaliação da suscetibilidade a inundações e movimentos de massa do baixo curso da bacia de drenagem do rio Muriaé (RJ), tendo como subsídio as técnicas do Geoprocessamento e parâmetro principal a declividade. A metodologia seguiu as seguintes etapas: elaboração de mapas temáticos, mapeamento espaço temporal de uso da terra, geração de mapas de hipsometria, declividade e de suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa. Os resultados sobre as inundações apontam predominância das classes "média" e "baixa" e as áreas de menor altimetria, que correspondem às planícies, estão entre as mais sujeitas a tais processos, na qual se destaca o trecho do rio Muriaé em Campos dos Goytacazes. No que se refere aos movimentos de massa, a classe moderada é a que predomina e os locais com alta suscetibilidade ocorrem de forma pontual. As técnicas de Geoprocessamento se mostraram eficazes.

Palavras chave: suscetibilidade; geotecnologias; inundações; movimentos de massa

1. Introdução

A urbanização, a modernização das técnicas e das tecnologias, contribuiu para o aumento os impactos ambientais, levando a sociedade nos dias atuais, a rever suas ações, elaborando assim, medidas de conscientização e prevenção. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a suscetibilidade a inundações e a movimentos de massa e seus condicionantes no baixo curso da

bacia de drenagem do Rio Muriaé. A pesquisa tem como subsídio o uso de técnicas do Geoprocessamento e parâmetro principal a declividade.

Figura 1: Localização da área de estudo. O limite vermelho destacado é o setor de baixo curso da Bacia do Rio Muriaé.

A Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé está localizada entre as Regiões da Zona da Mata (MG) e Norte e Noroeste Fluminense (RJ). Possui cerca de 8200 km². Já seu baixo curso está entre o Noroeste e Norte Fluminense, abrangendo os Municípios de Italva, Cambuci, Cardoso Moreira, São Fidélis, Campos dos Goytacazes e uma pequena parte de Itaperuna, com cerca de 1500 km² e possui como principal rodovia a BR 356. A geologia é caracterizada pela ocorrência de rochas paraderivadas e ortoderivadas vinculadas a formação e evolução da faixa ribeira e depósitos sedimentares terciários e quaternários. De acordo com Prado *et al.* (2005) a geomorfologia é composta por alinhamentos serranos, morros, colinas e planícies fluviais e fluviomarinhas. O clima é caracterizado pela precipitação em torno de 1000 mm/ano e denomidado tropical chuvoso (PRADO *et al.*, 2005).

2. Materiais e Métodos

Foram utilizando os *softwares QGIS* e *SPRING*, operando com dados vetoriais e matriciais. Foram divididos em quatro etapas: elaboração de mapas temáticos; mapeamento espaço-temporal de uso da terra; análise hipsométrica e de declividades; mapeamento da suscetibilidade

a inundações, seguindo metodologia proposta por Temporim *et al.* (2013) e a movimentos de massa, baseado em Moreno (2012). Tais métodos elucidam a relação entre estes eventos e a declividade. As classes definidas de inundações foram: muito alta (0-2%), alta (2-5%), média (5-10%), baixa (10-15%) e suscetibilidade desconsiderada (acima de 15%). Já para os movimentos de massa foram: classes baixa (0 a 8%), moderada (8 a 20%), moderada a alta (20 a 45%) e alta (acima de 45%).

3. Resultados e discussões

O mapa hipsométrico (Figura 2a) foi elaborado com oito classes. As altitudes variam entre 0 e 1029 metros. Há maior ocorrência de topografia mediana, que está entre 100 a 300 metros, abrangendo 40,5% da área de investigação. As maiores elevações maiores estão a noroeste, sudoeste e nordeste da área de estudo, respectivamente a Serra de Monte verde (sendo a mais alta, atingindo 1029 m), Serra da Bandeira, Serra de Santo Eduardo e Morro do Coco. Já o mapa de declividades (Figura 2b) apresentou maior representatividade espacial de relevo forte ondulado que corresponde aos relevos de morros e morrotes. O mapeamento de uso da terra procurou avaliar a evolução e dinâmica dos usos nos anos de 1995, 2005 e 2015 (Figuras 2c), compreendendo um período de 20 anos. Verificou-se o aumento da vegetação rasteira (cultivos agrícolas e pastagens), potencializando a ocorrência de erosão e contribuindo dessa forma, para o aumento da produção de sedimentos e dos leitos fluviais. Tal fato elucida que há uma maior taxa de assoreamento e preenchimento mais rápido da água nos canais, influenciando de maneira direta nas inundações e movimentos de massa.

Na suscetibilidade a inundações (Figura 3a), as classes de maior representatividade espacial foram “média” e “baixa”, respectivamente, abrangendo 12,42% e 12,39%. As áreas de menor altimetria, que correspondem as planícies fluviais e fluviomarinhas, estão entre as mais sujeitas a tais processos, na qual se destaca o trecho do rio Muriaé em Campos dos Goytacazes (RJ). Tais eventos são os mais recorrentes na presente área de investigação.

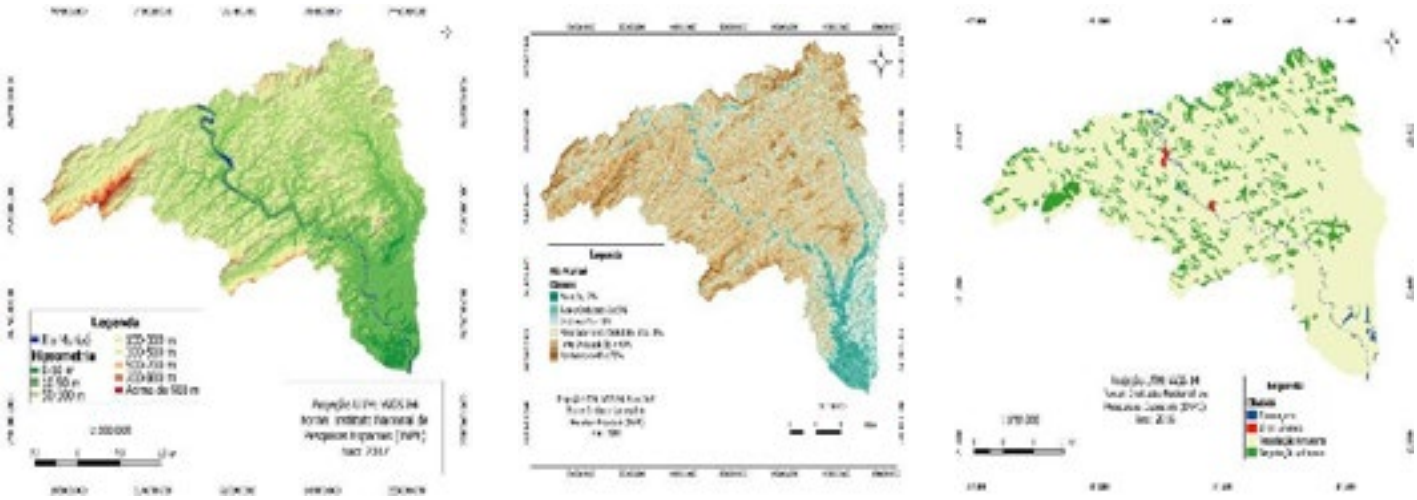


Figura 2: a) mapa hipsométrico; b) mapa de declividades; c) mapa de uso da terra do ano de 2015

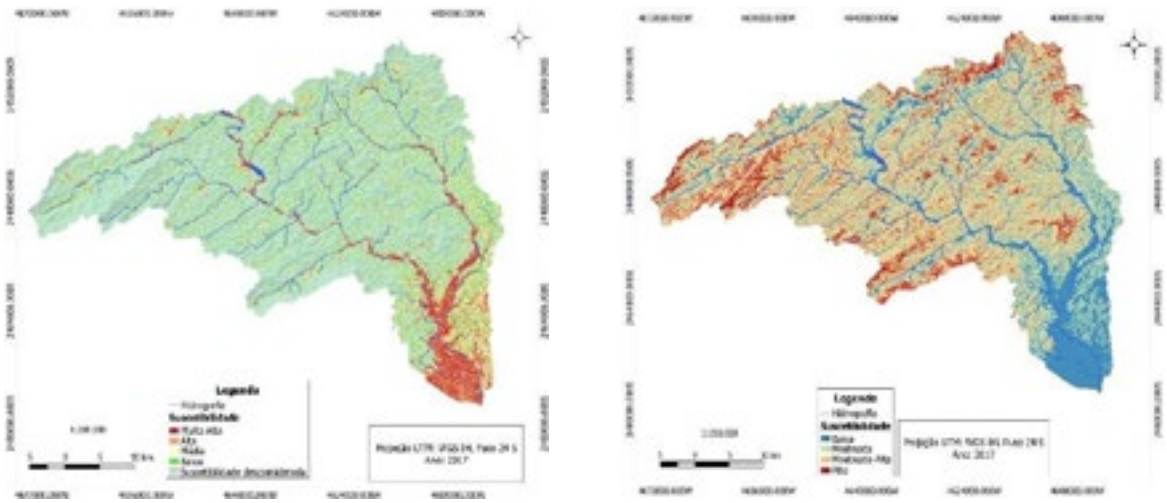


Figura 3: a) Mapa de Suscetibilidade a inundações; b) Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa

Já em relação aos movimentos de massa (Figura 3b), a classe que apresenta maior área é a "moderada", abrangendo 40% da região, evidenciando desta forma, que a presente área de estudo possui maior propensão aos processos erosivos, estando em declives de 8 a 20%. As áreas que possuem maior propensão para estes eventos estão a nordeste, na Serra de Santo Eduardo e Maciço

do Morro do coco, a noroeste, na Serra de Monte Verde, a sudoeste na Serra da Bandeira e a sudeste na Serra da Onça.

4. Considerações Finais

As inundações são mais recorrentes nas planícies aluviais e fluviomarinhas dando destaque a classe "média", com cerca de 12,42%. Ainda que tal classe predomine, as inundações possuem maior ocorrência e afeta de forma negativa as populações. Também é preciso ter atenção aos movimentos de massa, que são mais suscetíveis nas maiores elevações da área de estudo, mesmo que a classe dominante seja a "moderada", com 40%. As técnicas do Geoprocessamento se mostraram eficazes para a obtenção de informações precisas. É importante também que se realizem estudos sobre estes processos nos quais possam envolver mais parâmetros de análise.

5. Referências Bibliográficas

MORENO, D. A. Mapeamento de Suscetibilidade a movimentos de massa. Projeto Parques e Fauna: Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Municipal da Ponta do Araçá. Florianópolis, 2012.

TEMPORIM, F.A; ALVARENGA, C.A.T; FORTES, P.T.F.O. Estudo de manchas de inundação utilizando imagem SRTM nas proximidades da área urbanizada da sede do município de Alegre-ES. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. Anais... Foz do Iguaçu, PR: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2013.

PRADO, R.B. *et al.* Diagnóstico do meio físico da bacia hidrográfica do Rio Muriaé. Rio de Janeiro: Embrapa, 2005.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

BALANÇO DE ENERGIA COM IMAGENS LANDSAT 8 EM LIMOEIROS SOB DIFERENTES SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO NO SUDESTE DO BRASIL

Antônio Heriberto de Castro Teixeira [(a)], Tiago Barbosa Struiving [(b)], Janice Freitas Leivas [(c)], João Batista Ribeiro da Silva Reis [(d)] Fúlvio Rodriguez Simão [(d)]

[(a)] Universidade Federal de Sergipe/PRORH, heribert@globomail.com

[(b)] Associação dos Produtores de Limão, struiving@gmail.com

[(c)] Embrapa Territorial, janice.leivas@embrapa.br

[(d)] Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, [jbrsreis, fulvio]@epamig.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Este trabalho visou dar suporte ao manejo racional da água na cultura do limoeiro irrigado sob diferentes sistemas de irrigação nas atuais situações de restrição hídrica. O algoritmo SAFER foi aplicado em imagens Landsat 8, usando-se dados climáticos de 2015, na modelagem dos componentes do balanço de energia. Os valores dos fluxos de calor latente (λE) e sensível (H) mais elevados e inferiores, respectivamente, ocorreram para sistemas de irrigação por pivôs. Considerando a fração evaporativa (E_f) como um indicador de umidade na zona das raízes, para os três sistemas de irrigação analisados, os valores chegaram acima de 1,00 e 1,30 para irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) e por pivôs, respectivamente, nas fases generalizadas do crescimento dos frutos à colheita. O conhecimento desta fração é relevante para a agricultura de precisão, considerando as mudanças climáticas e de uso da terra, sob condições de irrigação nas regiões semiáridas do Brasil.

Palavras chave: saldo de radiação, fração evaporativa, *Citrus limon* L.

1. Introdução

Dentre os países produtores de limão (*Citrus limon* L.) no mundo, o Brasil se destaca como o de maior produção, estando o estado de Minas Gerais (MG) na segunda colocação no ranking nacional. O cultivo comercial vem progredindo nas condições semiáridas do Norte do Estado, em virtude do

projeto de irrigação Jaíba, graças às condições favoráveis à irrigação. Entretanto, cautelas devem ser tomadas quanto à rápida substituição da vegetação natural nas regiões semiáridas brasileiras, que altera os componentes do balanço de energia (TEIXEIRA et al., 2017).

Poucas pesquisas já foram realizadas com relação aos componentes do balanço de energia na cultura do limoeiro irrigado no Brasil. Além das variações espaciais destes componentes de acordo com as condições ambientais, estes também variam com as condições de umidade do solo, as quais dependem do manejo de irrigação (PEDROSO et al., 2014).

O objetivo do atual trabalho foi a aplicação do SAFER – *Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*, com imagens Landsat 8 em limoeiro sob diferentes sistemas de irrigação no ano de 2015, objetivando subsídios ao manejo da água sob as condições de irrigação na região semiárida do Norte de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

2. Materiais e Métodos

A Figura 1 mostra a localização das áreas cultivadas com limoeiro sob diferentes sistemas de irrigação no município de Matias Cardoso, estado do Minas Gerais (MG), região semiárida do Sudeste do Brasil, juntamente com a estação agrometeorológica utilizada na modelagem em larga escala dos componentes dos balanços de energia. As cenas do Landsat 8 foram de ponto/órbita 218/70, 218/71 e 219/70, com sobreposições das passagens do satélite na área estudada. Uma composição RGB (“Red”, “Green”, “Blue”) para o dia juliano (DJ) 211 é usada como base.

ISBN: 978-85-7282-778-2

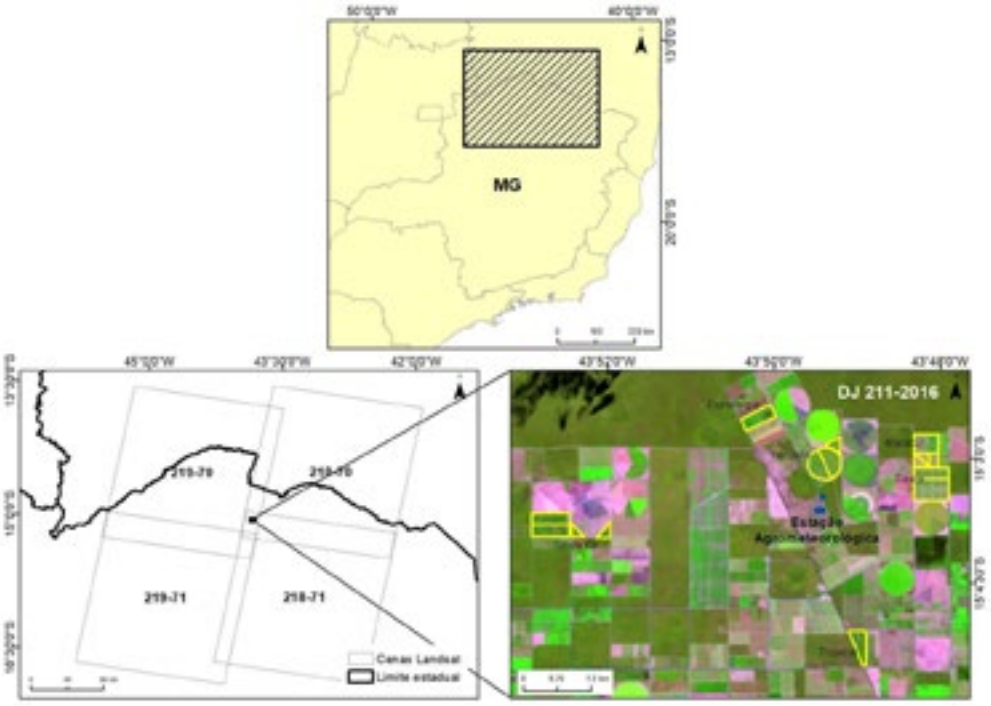


Figura 1 – Localização das áreas cultivadas com limoeiro irrigado no município de Matias Cardoso, região semiárida de Minas Gerais (MG), Sudeste do Brasil, juntamente com a estação agrometeorológica utilizada.

De acordo com Lumbreras et al. (2014) as precipitações médias da região de estudo situam-se abaixo de 900 mm ano^{-1}, concentrando-se nos primeiro e no trimestre do ano. A região é caracterizada por valores de temperatura do ar elevados, típicos do clima tropical, com médias anuais em torno de 24°C e máximas, entre 31 e 32°C, estas últimas ocorrendo de setembro a outubro enquanto que junho e julho são os meses mais frios, com mínimas variando de 14 a 17°C.

No perímetro irrigado Jaíba as colheitas de limão ocorrem durante o ano inteiro, com dois períodos de pico – entre novembro/janeiro e junho/julho. A Tabela 1 apresenta as fases fenológicas generalizadas consideradas pelos produtores da região.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela 1. Fases fenológicas consideradas para a cultura do limoeiro irrigado no Norte de Minas Gerais, região semiárida do Sudeste do Brasil.

MÊS/ FASE	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
F			X	X				X	X			
CF				X	X	X			X	X	X	
PC	X	X				X	X	X			X	X

*F – Florada; CF – Crescimento dos frutos; PC – Pico de colheita

O limoeiro no Norte de Minas Gerais tem múltiplas floradas durante o ano, com as parcelas irrigadas apresentando diferentes fases em uma mesma planta. Contudo a intensidade de florescimento depende das condições climáticas e umidade na zona das raízes.

Uma estação agrometeorológica foi instalada nas proximidades das fazendas estudadas (ver Figura 1), cujos dados diários foram usados em conjunto com as imagens Landsat 8 adquiridas em diferentes condições termo hídricas do ano de 2015. Os dados de radiação solar global (R_G), temperatura média do ar (T_a) e evapotranspiração de referência (ET_0) foram usados em conjunto com os parâmetros obtidos por sensoriamento remoto, o albedo da superfície (α_0) e o Índice Diferença de Vegetação Normalizado (NDVI).

As sobreposições das passagens do satélite apresentadas deram a oportunidade de aquisição de 27 imagens, sendo que quando houveram problemas de nebulosidade, os valores espaciais de α_0 e NDVI foram interpolados sucessivamente, utilizando-se os dados climáticos para os dias com céu encoberto, resultando em um total de 52 imagens ao longo do ano, suficientes para caracterização dos componentes do balanço de energia nas fases fenológicas. As bandas 1 a 7 foram usadas na determinação de α_0 e NDVI, enquanto que a temperatura da superfície (T_0) foi obtida como resíduo no balanço de radiação. Detalhes da metodologia são descritos em Teixeira et al. (2017), sendo aqui as equações principais resumidas.

Para toda a faixa do visível o albedo planetário (α_p) foi obtido como a soma dos valores para cada banda (αp_b) de acordo com seus pesos (w_b).

$$\alpha p = w_b \alpha p_b \quad (1)$$

Para a estimativa de α_0, correções atmosféricas para os valores de α_p foram aplicadas através de regressões obtidas de medições conjuntas prévias de campo e por sensoriamento remoto.

A radiação atmosférica (R_a) foi calculada através da lei de Stefan-Boltzmann:

ISBN: 978-85-7282-778-2

$$R_a = \sigma\, \varepsilon_A T_a^4 \quad (2)$$

em que T_a foi medida na estação agrometeorológica e a emissividade atmosférica (ε_A) obtida em função da transmissividade atmosférica (τ_{sw}).

Com a radiação solar global incidente (R_G) medida na estação agrometeorológica e multiplicando-se por α_0 os valores diários da radiação solar global refletida (R_R) foi estimada.

Os valores diários do saldo de radiação (R_n) foram calculados através da equação de Slob.

$$R_n = (1-\alpha_0) R_G - a_L \tau_{sw} \quad (3)$$

em que o coeficiente de regressão a_L foi espacializado através da sua relação com T_a (Teixeira et al., 2008).

Tendo-se R_G, R_R, R_a e R_n, a radiação de ondas longas emitida (R_s) foi estimada como resíduo no balanço de radiação e a temperatura da superfície (T_0) foi obtida:

$$T_0 = \sqrt[4]{\frac{R_s}{\varepsilon_s \sigma}} \quad (4)$$

onde ε_s é a emissividade da superfície a qual foi relacionada com os valores de NDVI e σ é a constante de Stefan-Boltzman ($5{,}67 \times 10^{-8}$ W m^{-2} K^{-4}).

Aplicando-se o algoritmo SAFER, a razão da evapotranspiração atual (ET), para a de referência (ET_0), a ET_r, foi modelada no momento da passagem do satélite:

$$ET_r = \exp\left[a_{sf} + b_{sf} \left(\frac{T_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right] \quad (5)$$

onde a_{sf} e b_{sf} são coeficientes de regressão.

Os valores diários de ET_0 foram então multiplicados por ET_r, fornecendo a ET em larga escala, a qual então foi transformada em unidades de energia, resultando nas taxas diária de fluxo de calor latente (λE).

Estimando-se o fluxo de calor no solo (G) como uma fração de R_n, o fluxo de calor sensível (H) foi obtido como resíduo na equação do balanço de energia.

Para análises das condições de umidade na zona das raízes, a fração evaporativa (E_f) foi usada:

$$E_f = \frac{\lambda E}{(R_n - G)} \quad (6)$$

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Resultados e Discussões

A Figura 2 apresenta as tendências dos totais médios quinzenais dos pixels para precipitação (P) e evapotranspiração de referência (ET_0) em termos de dias julianos (DJ) no município de Matias Cardoso, Norte de Minas Gerais (MG), região semiárida do Sudeste do Brasil, durante o ano de 2015.

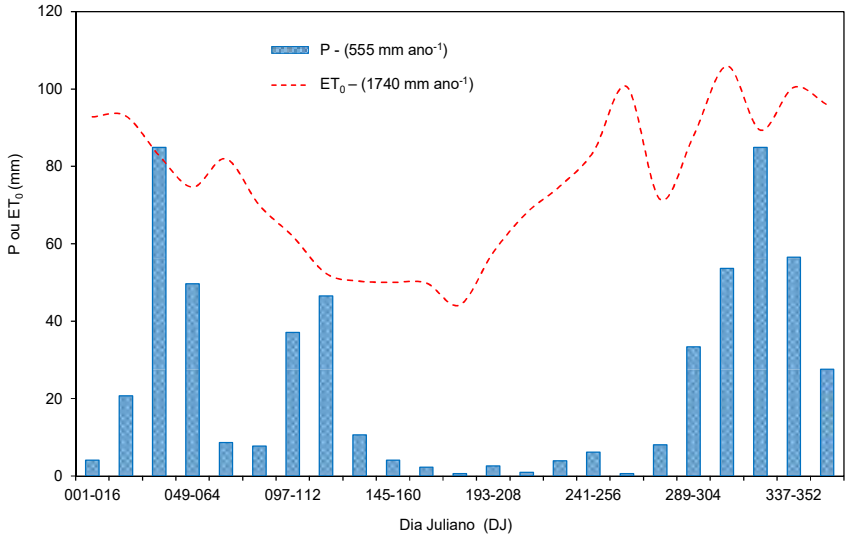


Figura 2 – Tendências dos valores quinzenais da precipitação (P) e da evapotranspiração de referência (ET_0) de acordo com intervalos de dias julianos (DJ) durante o ano de 2015 no município de Matias Cardoso, estado do Minas Gerais (MG), região semiárida do Sudeste do Brasil.

A precipitação (P) foi mais variável que a evapotranspiração de referência (ET_0). As chuvas se concentraram no início e no final do ano, o que está de acordo com Lumbreras et al. (2014). Os períodos mais secos e longos, com os valores quinzenais de P abaixo de 5 mm, foram de DJ 160 a 289, inferiores em 10% da ET_0. Entretanto percebe-se estiagens no início de janeiro no período de DJ 064 a 097 durante a estação chuvosa, com P correspondente à apenas 4% da ET_0.

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos valores médios trimestrais do saldo de radiação (R_n) no ano de 2015, na região semiárida do Norte do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. Destaques são dados para as áreas com a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs.

ISBN: 978-85-7282-778-2

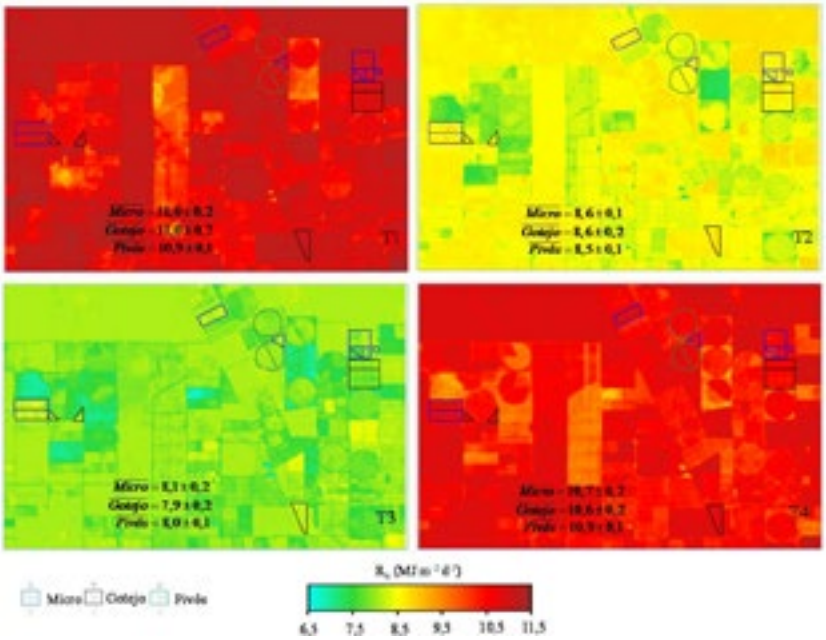


Figura 3 – Distribuição espacial dos valores médios trimestrais do saldo de radiação (R_n). Destaques para a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs. T1– primeiro trimestre; T2 – segundo trimestre; T3 – terceiro trimestre; T4 – quarto trimestre.

Os valoires de R_n foram mais fortemente influenciado pelos níveis de R_G que pelos sistemas de irrigação ou fase da cultura, apresentando baixas variações espaciais de acordo os desvios padrões. A fração de R_G transformada em R_n, indiferentemente do sistema de irrigação, variou de 44% no segundo trimestre a 49% no primeiro e último trimestre, estando de acordo com medições de campo realizadas nas condições semiáridas do Brasil (TEIXEIRA et al., 2008), o que fornece confidência na aplicação do SAFER usando as bandas nas faixas do visível e do infravermelho próximo do Landsat 8 em conjunto com dados climáticos.

A Figura 4 mostra a distribuição espacial dos valores médios trimestrais do fluxo de calor latente (λE) no ano de 2015, na região semiárida do Norte do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. Destaques são dados para as áreas com a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs.

ISBN: 978-85-7282-778-2

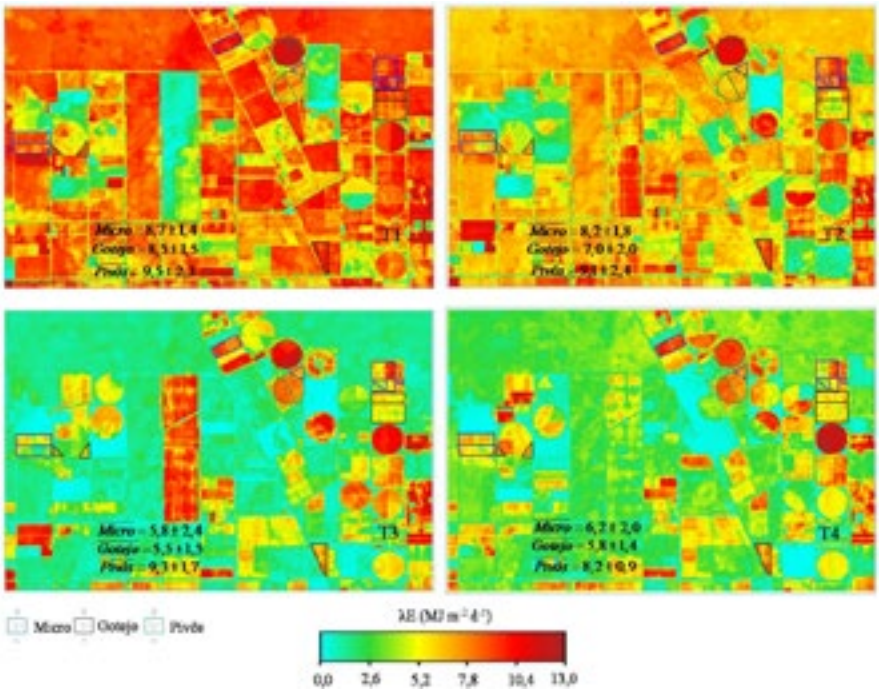


Figura 4 – Distribuição espacial dos valores médios trimestrais do fluxo de calor latente (λE). Destaques para a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs. T1– primeiro trimestre; T2 – segundo trimestre; T3 – terceiro trimestre; T4 – quarto trimestre.

Diferentemente de R_n, as variações espaciais nos valores de λE são claras (Figura 4), com os valores mais elevados para pivôs de irrigação, principalmente no terceiro trimestre (T3), período climaticamente mais seco da região de estudo, quando ocorrem valores de λE acima de R_n nas parcelas de culturas bem irrigadas, contrastando com as áreas vizinhas ocupadas pelas espécies da Caatinga (ver Figuras 2 e 4).

Os valores mais elevados de λE foram para os sistemas de irrigação por pivôs, devido ao efeito conjunto das chuvas e aplicações suplementares de água pelo sistema sob elevada demanda atmosférica. Entretanto, os níveis uniformes e de elevada umidade na zona das raízes das espécies da Caatinga no período chuvoso fazem com que as plantas deste ecossistema natural apresentem taxas similares e até mesmo, em algumas situações do primeiro trimestre (T1) maiores do que as culturas agrícolas.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial dos valores médios trimestrais do fluxo de calor sensível (H) no ano de 2015, na região semiárida do Norte do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Destaques são dados para as áreas com a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs.

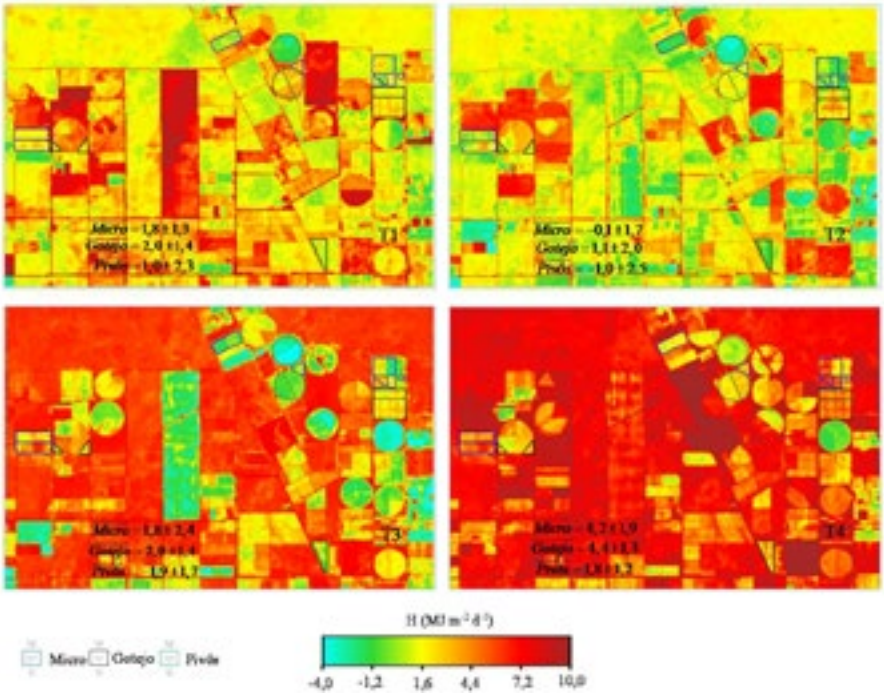


Figura 5 – Distribuição espacial dos valores médios trimestrais do fluxo de calor sensível (H). Destaques para a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs. T1– primeiro trimestre; T2 – segundo trimestre; T3 – terceiro trimestre; T4 – quarto trimestre.

Pelas variações espaciais de H, também pode-se diferenciar as áreas irrigadas pelos menores valores, com alguns pixels negativos, principalmente nos sistemas por pivôs, significando advecção horizontal de calor da vegetação natural mais quente e seca. Por outro lado, os valores maiores de H são para o sistema de irrigação por gotejamento no quarto trimestre (T4) do ano.

A Figura 6 apresenta a distribuição espacial dos valores médios trimestrais do fluxo de calor no solo (G) no ano de 2015, no Norte do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. Destaques são dados para as áreas com a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs (P).

ISBN: 978-85-7282-778-2

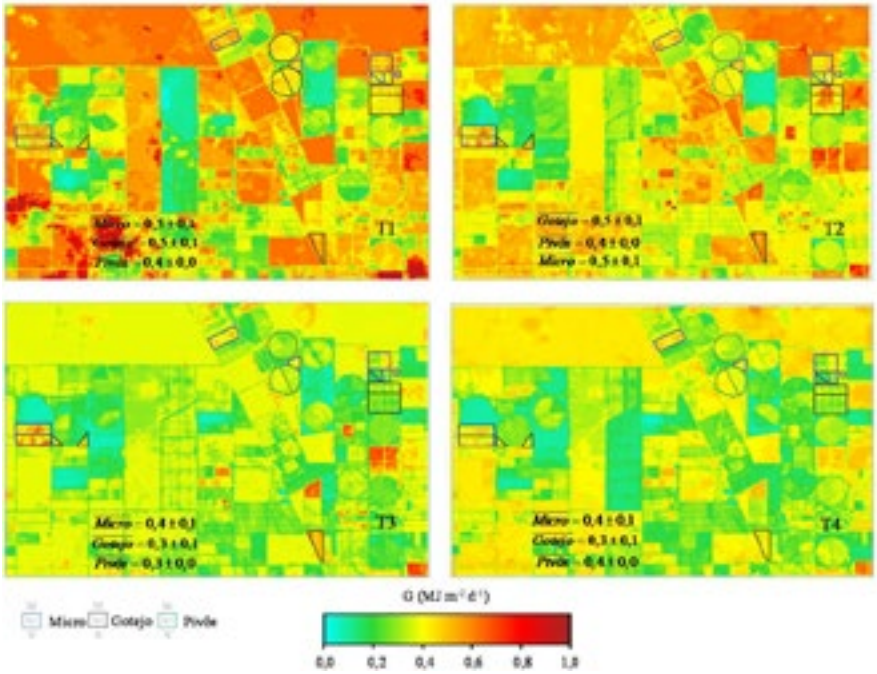


Figura 6 – Distribuição espacial dos valores médios trimestrais do fluxo de calor no solo (G). Destaques para a cultura do limoeiro sob irrigação por microaspersão (Micro), gotejamento (Gotejo) e pivôs. T1– primeiro trimestre; T2 – segundo trimestre; T3 – terceiro trimestre; T4 – quarto trimestre.

A partição de R_n em G foi a de menor proporção na Figura 6, e em particular para a cultura do limoeiro independentemente do sistema de irrigação adotado, comprovando-se que este componente do balanço de energia pode ser desprezado na escala diária (TEIXEIRA et al., 2008, 2017).

Com relação às variações espaciais dos componentes do balanço de energia, os maiores valores de desvio padrão foram para λE e H no sistema de irrigação por micro aspersão e por pivôs, envolvendo as fases de crescimento à colheita dos frutos (ver Tabela 1 e Figuras 3 a 6). Para todo o ano de 2015, em média, as razões $\lambda E/R_n$ e H/R_n para os sistemas de irrigação por microaspersão, gotejamento e pivôs, foram respectivamente de 0,75 e 0,21; 0,70 e 0,25; 0,94 e 0,02. O conhecimento destas frações é relevante para a agricultura, principalmente quando se considera os efeitos conjuntos de mudança climática e de uso da terra nas condições de irrigação nas regiões semiáridas.

A Figura 7 mostra a tendência dos valores médios quinzenais da fração evaporativa (E_f) para o limoeiro irrigado por micro aspersão (micro), gotejamento (gotejo) e pivôs centrais (pivôs) ao longo do ano de 2015 na região semiárida do Norte do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil.

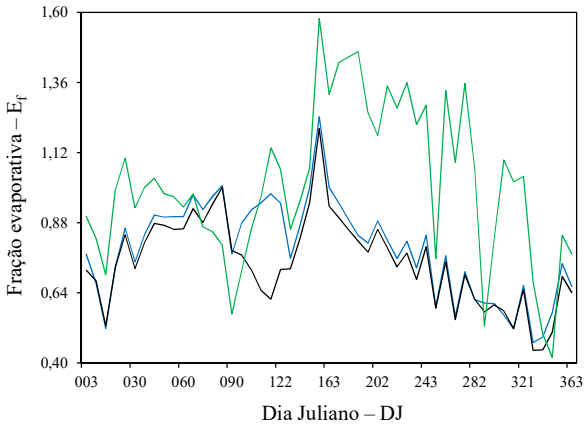


Figura 7 – Tendência e valores médios quinzenais da fração evaporativa (E_f) nos limoeiros irrigados por micro aspersão (micro), gotejamento (gotejo) e pivôs centrais (pivôs).

Os valores de E_f para os três sistemas de irrigação variaram ao longo do ano, porém com diferentes magnitudes, sendo acima de 1,00 e 1,30 para irrigação localizada e por pivôs, respectivamente, no período de DJ 154 a 163, na primeira quinzena de junho, envolvendo as fases generalizadas de crescimento à colheita dos frutos. Percebe-se que, com exceção da segunda quinzena de abril (DJ 108-115), quando caíram abaixo de 0,70 no sistema de gotejamento, em geral a cultura teve bom suprimento de água de irrigação. Por outro lado os valores obtidos nos pivôs sugerem desperdício de água, evidenciados pela curva após a primeira quinzena de maio (DJ 131).

4. Considerações finais

O uso conjunto de imagens do satélite Landsat 8 e dados agrometeorológicos possibilitou a quantificação e análises dos componentes do balanço de energia na cultura do limoeiro sob diferentes sistemas de irrigação na região semiárida do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. A magnitude destes componentes variaram ao longo do ano, porém com diferentes valores, sendo a fração evaporativa (Ef) acima de 1,00 e 1,30 para irrigação

ISBN: 978-85-7282-778-2

localizada e por pivôs, respectivamente, nas fases generalizadas de crescimento dos frutos à colheita. O conhecimento dos valores desta fração é relevante, considerando os efeitos de mudança climática e de uso da terra.

5. Referências Bibliográficas

LUMBRERAS, J.F.; NAIME, U.J.; OLIVEIRA, A.P. de; SILVA NETO, L.F. da; CARVALHO FILHO, A. de; MOTTA, P.E.F. da; CALDERANO, S.B.; SIMÃO, M.L.R.; ÁGLIO, M.L.D.; VIEIRA, E.M.; MACHADO, M.L.; SANTOS, A.J.R. dos; SILVA, D.C. da; SOUZA, J.S. de; FERREIRA, A.R. (2014). Levantamento semi detalhado dos solos do Projeto Jaíba (Etapa III), Estado de Minas Gerais. Dados eletrônicos. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2014, 148 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento No. 248 /Embrapa Solos, ISSN 1678-0892).

PEDROSO, F.K.J.V.; PRUDENTE, D.A.; BUENO, A.C.R.; MACHADO, E.C.; RIBEIRO, R.V. Drought tolerance in citrus trees is enhanced by rootstock dependent changes in root growth and carbohydrate availability. **Environmental and Experimental Botany**, v. 101, p. 26-35, 2014.

TEIXEIRA, A.H. de C., BASTIAANSSEN, W.G.M., AHMAD, M–ud–D, BOS, M.G.; MOURA, M. S.B. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 362, p. 110-127, 2008.

TEIXEIRA, A.H. de C.; LEIVAS, J.F.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Large-scale radiation and energy balances with Landsat 8 images and agrometeorological data in the Brazilian semiarid region. **Journal of Applied Remote Sensing**, v.11, p. 016030, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

BALANÇO DE RADIAÇÃO E ENERGIA EM LARGA-ESCALA NO PERÍMETRO DE IRRIGAÇÃO PONTAL SUL

Leandro Moscôso Araújo [(a)], Antônio Heriberto de Castro Teixeira [(b)], Luís Henrique Bassoi[(c)]

[(a)] UNESP - Universidade Estadual Paulista, FCA, Programa de Pós-Graduação em Irrigação e Drenagem, Botucatu, São Paulo, leandro_moscoso@hotmail.com

[(b)] UFS - Universidade Federal de Sergipe, PRORH, Aracaju, Sergipe, heribert@globomail.com

[(c)] Embrapa Instrumentação, São Carlos, São Paulo, luis.bassoi@embrapa.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O Perímetro de irrigação Pontal Sul, localizado no município de Petrolina, visa o desenvolvimento da região semiárida por meio da expanção da agricultura irrigada. O objetivo deste estudo é realizar um monitoramento dos componentes do balanço de radiação e energia em larga escala entre os anos de 2003 a 2017, utilizando o algoritmo SAFER nas condições climáticas do semiárido pernambucano. As maiores variações do saldo de radiação (R_n) e dos fluxos de calor latente (λE), sensível (H) e no solo (G) foram registradas no ano de 2017. A utilização do algorítimo SAFER permitiu uma análize de dados históricos entre os trimestres dos anos estudados, diferenciando os agroecossistemas presentes no perímetro. O saldo de radiação (Rn) sofreu grande influência dos níveis de RG. A estimativa dos fluxos de calor latente (λE) e sensível (H) permitiram a distinção dos fluxos de energia entre a vegetação de Caatinga e a agricultura irrigada.

Palavras chave: Saldo de radiação, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível, fluxo de calor no solo.

1. Introdução

O município de Petrolina destaca-se como uma importante região de cultivo agrícola, devido a alta tecnologia de irrigação utilizada na produção de frutíferas no semiárido pernambucano (TEIXEIRA et al., 2017). Com a grande demanda na produção agrícola, há a necessidade de expanção de suas áreas com sustentabilidade e, deste modo, pesquisas relacionadas

as mudanças climáticas e ao fluxo de energia devem ser realizadas com o intuito de se ter maior eficiência de uso da água.

O Perímetro de irrigação Pontal Sul, localizado no município de Petrolina, faz parte de um projeto produzido pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) que visa o desenvolvimento da região semiárida por meio da expanção agricultura irrigada na região (ARAÚJO, 2018). Este projeto encontra-se em fase inicial de operação, demandado informações que possam contribuir para o manejo racional da irrigação.

Levando em consideração as mudanças climáticas e de uso da terra, o sensoriamento remoto por imagens de satélite associado a dados de estações agrometeorológicas torna-se uma ferramenta potencial na quantificação da troca de energia e de massa entre a superfície e a atmosfera (TEIXEIRA et al., 2017). O algoritmo *Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving* (SAFER) foi elaborado para esta quantificação em larga-escala, tendo como principais caracteresticas a sua simplicidade e alta sensibilidade na avaliação de dados históricos, sendo uma poderosa ferramenta para o manejo da irrigação e planejamento dos recursos hídricos.

Visando oferecer subsídios para o planejamento do uso de agricultáveis do Perímetro de irrigação Pontal Sul, o presente estudo objetivou realizar quantificação e análises dos componentes do balanço de radiação e energia em larga-escala nos seus diferentes agroecossitemas, entre os anos de 2003 a 2017, com o auxílio de técnicas de sensoriamento remoto, interpolando e associando dados de estações agrometeorológicas ao algoritmo SAFER, aplicado ao sensor MODIS sob as condições climáticas do semiárido pernambucano.

2. Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Perímetro de irrigação Pontal Sul, envolvendo os ecossistemas Caatinga, vegetação natural (VN) e agricultura irrigada (AI), inseridos no município de Petrolina-PE, na margem esquerda do Rio São Francisco, com as coordenadas geográficas de 8º55’39,66”S e 40º38’13,39”W na parte superior; 9º07’33,20”S e 40º25’47,45”W na parte inferior, utilizano dados agroclimáticos de 8 estações agrometeorológicas (Figura 1).

ISBN: 978-85-7282-778-2

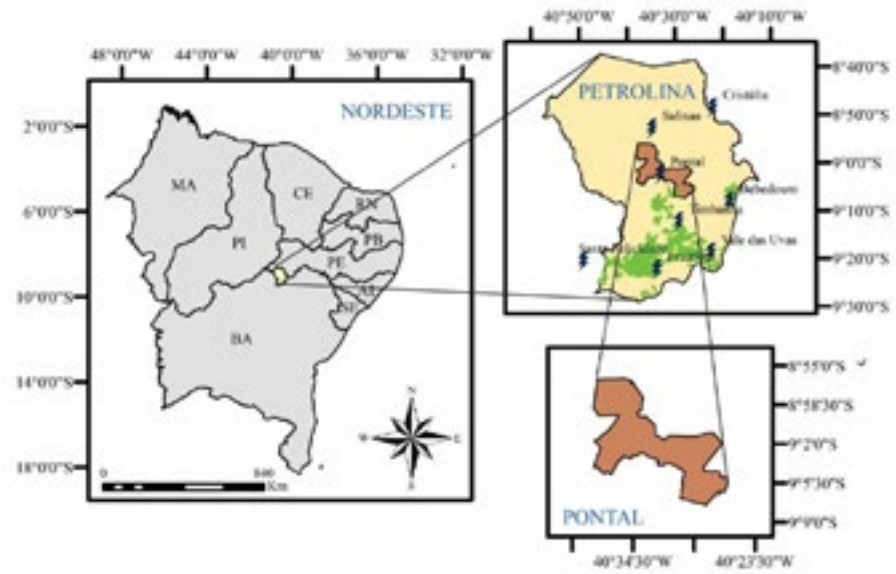


Figura 1 – Localização de Perímetro de irrigação Pontal Sul, estações agrometeorológicas e áreas irrigadas de Petrolina/PE.

Os dados agrometeorológicos obtidos são referentes aos anos de 2003 a 2017, tais como a precipitação pluvial (P), radiação solar global (R_G), temperatura do ar (T_a), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (u), empregados na estimativa da evapotranspiração de referência (ET_0) por meio do método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

Os dados agroclimáticos foram organizados por trimestres (T1, T2, T3 e T4), entre os anos de 2003 a 2017 para cada componente do balanço de energia, realizando-se posteriormente, a comparação da série histórica com o ano de 2017.

Foram utilizadas imagens orbitas do produto MOD13Q1 MODIS que fornece um total de 23 imagens por ano de reflectância das bandas 1 e 2, representando um intervalo de 16 dias.

Para o cálculo do albedo da superfície (α_0), foi utilizado a Equação 1, proposta por Valiente et al. (1995).

ISBN: 978-85-7282-778-2

$$\alpha_0 = a + b\alpha_1 + c\alpha_2 \quad (1)$$

onde α_1 e α_2 são a reflectância monocromática respectivamente para as bandas 1 e 2 do sensor MODIS; e a, b e c são fatores de regressão obtidos através de dados de campo em pesquisa realizada por Teixeira et al. (2008) com valores de 0,08, 0,41 e 0,14, respectivamente, para o Semiárido.

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) caracteriza-se por indicar a quantidade e a qualidade da vegetação verde presente na superfície. Para o cálculo do NDVI, foi utilizado a Equação 2.

$$NDVI = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_2 + \alpha_1} \quad (2)$$

A temperatura da superfície (T_0) é estimada como resíduo no balanço de radiação, conforme a Equação 3.

$$R_s = (RG - R_R) + (R_a - R_n) \quad (3)$$

onde RG é a radiação solar global obtida por meio das estações agrometeorológicas, R_R é a radiação solar de ondas curtas refletidas estimadas pelo produto entre α_0 e a RG (TEIXEIRA et al., 2014), R_a é a radiação solar de ondas longas atmosféricas e R_n é o saldo de radiação.

A R_a foi obtida por meio da equação de Stefan-Boltzmann:

$$R_a = \sigma \varepsilon_a T_a^4 \quad (4)$$

$$\varepsilon_a = 0,85\left(-\ln \tau_{sw}\right)^{0,09} \quad (5)$$

onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann (5,67 10^{-8} W m^{-2} k^{-4}); ε_a é a emissividade atmosférica (adimensional); T_a é a temperatura do ar em K; e τ_{sw} é a transmissividade atmosférica em escala diária (TEIXEIRA et al., 2008).

O R_n foi estimado por meio da equação de Slob, proposta por Teixeira et al. (2008):

$$R_n = (1-\alpha_0)RG - a_L\tau_{sw} \quad (6)$$

$$a_L = dT_a - e \quad (7)$$

onde a_L é o coeficiente de regressão que foi espacializado através da sua relação com a T_a, estimado por meio da Equação 7, d e e são coeficientes de regressão com valores de 6,99 e 39,93, respectivamente, para as condições climáticas do Semiárido (TEIXEIRA et al., 2014).

A T_0 foi, então, estimada conforme a Equação 8 (TEIXEIRA et al., 2014):

$$T_0 = \sqrt[4]{\frac{R_s}{\varepsilon_S \sigma}} \quad (8)$$

$$\varepsilon_s = f \ln NDVI + g \quad (9)$$

onde ε_s é a emissividade da superfície, f e g são coeficientes de regressão com valores de 0,06 e 1,00, respectivamente

A estimativa do fluxo de calor no solo (G) foi realizada por meio da razão G/Rn, conforme a Equação 10, desenvolvida por Teixeira (2010).

$$\frac{G}{R_n} = h \ \exp(i\ \alpha_0) \quad (10)$$

onde h e i são coeficientes de regressão com valores respectivos de 3,98 e -25,47.

Para a estimativa da evapotranspiração em larga escala (ET), foi utilizado o modelo matemático representativo do algoritmo SAFER, onde o resultado é multiplicado pela grade de valores diários de ET_0 obtidas por meio das estações:

$$\frac{ET}{ET_0} = \exp\left[j + k\left(\frac{T_0}{\alpha_0 NDVI} \right) \right] \quad (11)$$

onde j e k são os coeficientes de regressão específicos para as condições semiáridas locais, com valores respectivos de 1,8 e -0,008 (TEIXEIRA et al., 2014).

Para estimativa do fluxo de calor sensível (H) foi necessário converter a ET em unidade de energia para a obtenção do fluxo de calor latente (λE), realizando, assim, a diferença deste com o R_n e G por meio da Equação 12.

$$H = R_n - \lambda E - G \quad (12)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores quinzenais para o período entre 2003 a 2017 e para o ano de 2017 do acumulado de evapotranspiração de referência (ET_0) e da precipitação pluvial (P), e das médias diárias de temperatura do ar (T_a) e radiação solar global (RG) em termos de dias juliano (DJ) no Perímetro Irrigado Pontal Sul são apresentados na Figura 2.

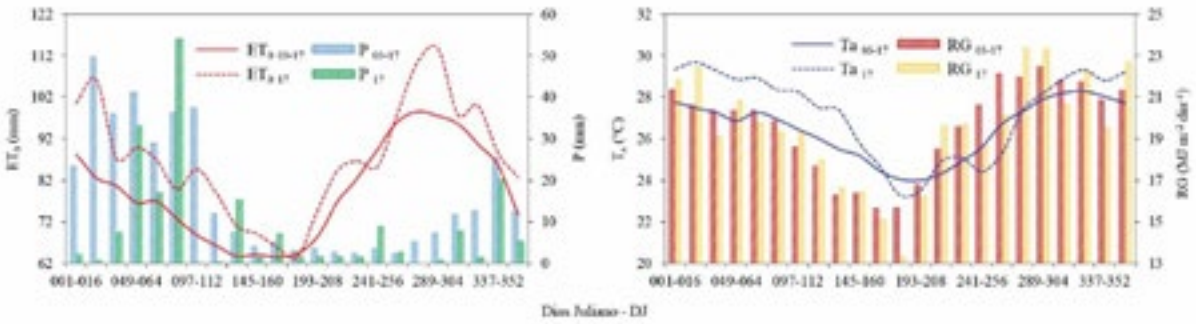


Figura 2 – Valores quinzenais do acumulado de evapotranspiração de referência (ET_0) e da precipitação pluvial (P), e das médias diárias de temperatura do ar (T_a) e radiação solar global (RG) em termos de dias julianos (DJ) no Perímetro Irrigado Pontal Sul dos anos entre 2003 a 2017 e do ano de 2017.

As variações apresentadas por P foram maiores que àquelas para ET_0, principalmente entre os dias juliano (DJ) entre 049 a 112 do ano de 2017. Conforme Teixeira et al. (2017), esta condição de alta umidade afeta a distribuição de energia, favorecendo a elevação dos fluxos de calor latente (λE) e menores de fluxo de calor sensível (H). Com relação a ET_0, as maiores demandas atmosféricas foram registradas nos DJ entre 289 a 304 do ano de 2017 e entre 273 a 288 dos anos

ISBN: 978-85-7282-778-2

entre 2003 a 2017, com valores quinzenais de 113,8 e 98,5 mm, respectivamente. Durante estes períodos, o sol apresenta-se na posição zenital com baixa cobertura de nuvens.

Com relação aos valores médios de T_a, estes foram maiores nos DJ entre 017 a 032 do ano de 2017, com temperatura igual a 29,7 °C, diferentemente do período histórico de 2003 a 2017 que apresentaram média máxima de 28,3 °C entre os DJ de 321 a 336. As médias diárias de RG apresentaram pequenas diferenças entre o ano de 2017 e o período histórico de 2003 a 2017, com picos acima de 20 MJ m^{-2} dia^{-1} entre os meses de setembro a dezembro (DJ entre 241 a 365) e entre os meses de janeiro a março (DJ entre 001 a 080) do ano de 2017.

A distribuição espacial dos valores trimestrais do albedo da superfície (α_0), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) e temperatura da superfície (T_0), parâmetros de entrada do algoritmo SAFER, estão presentes na Figura 3, para o ano de 2017 e período histórico de 2003 a 2017.

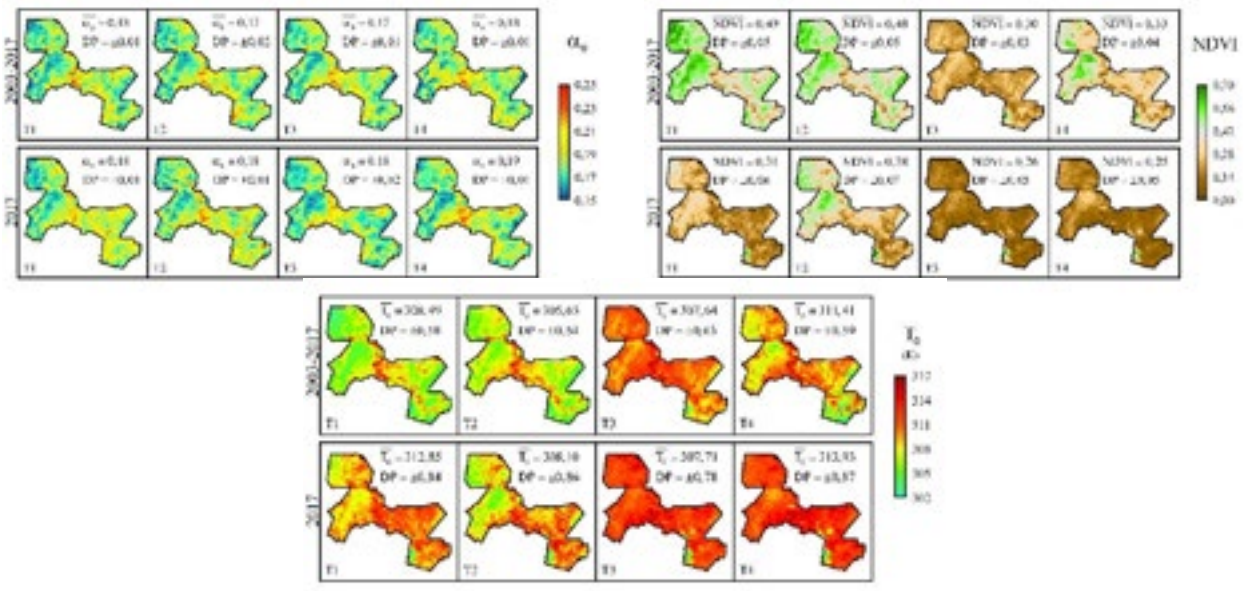


Figura 3 – Distribuição espacial dos valores trimestrais para os parâmetros de entrada modelados por sensoriamento remoto para os anos entre 2003 a 2017 e para o ano de 2017 no Perímetro Irrigado Pontal Sul, semiárido pernambucano. Albedo da superfície (α_0), NDVI e temperatura da superfície (T_0). T1 – Primeiro trimestre, T2 – Segundo trimestre, T3 – Terceiro trimestre, T4 – Quarto trimestre. Médias ± Desvio Padrão (DP).

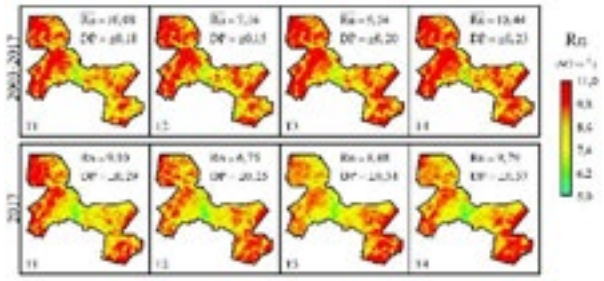
ISBN: 978-85-7282-778-2

Comparando os anos entre 2013 a 2017 com o ano de 2017 observou-se que o α_0 apresentou pouca diferenciação, destacando-se menores médias e DP no segundo (T2) e e terceiro (T3) trimestres, períodos mais secos do ano. Conforme Teixeira et al. (2014) α_0 é dependente da umidade do solo e da presença de vegetação, o que pode favorecer a sua oscilação.

Diferentemente do α_0, o NDVI apresentou maiores variações em larga escala, com com valores mais baixos no T3, que representa a estação mais seca do ano. Realizando a comparação do período entre 2003 a 2017 com o ano de 2017, observa-se indices maiores de NDVI no T1, T2 e T4 para os anos de 2003 a 2017, ocasionado pelo acumulo elevado de P nestes períodos, quando ocorre um consumo maior de água pela vegetação, resultando em maior produção de biomassa.

A T_0 apresentou maiores valores nos mesmos períodos em que a RG foi elevada, ou seja, no T1, T3 e T4, com excessão do T3 do ano de 2017 que foi abaixo dos demais. As regiões que apresentaram menores valores de T_0 nos mapas foram as que tiveram maiores concentrações de umidade no solo (TEIXEIRA et al., 2017), destacando-se as áreas com agricultura irrigada. Em termos comparativos entre os períodos trimestrais e o ano de 2017, verifica-se que o ano de 2017 apresentaou as maiores médias com relação aos valores históricos, atingindo média máxima no T4, com maiores variações espaciais observadas pelos valores de DP.

Na Figura 4 está presente a distribuição espacial do saldo de radiação (R_n) para o período trimestral entre os anos de 2003 a 2017e para o ano de 2017 no Perímetro Irrigado Pontal Sul.



ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 4 – Distribuição espacial do saldo de radiação (R_n) modelado por sensoriamento remono para os anos entre 2003 a 2017 e para o ano de 2017 no Perímetro Irrigado Pontal Sul, semiárido pernambucano. T1 – Primeiro trimestre, T2 – Segundo trimestre, T3 – Terceiro trimestre, T4 – Quarto trimestre. Médias ± Desvio Padrão (DP).

Observou-se que a R_n não apresentou uma distinção clara dos valores de pixels entre as áreas de vegetação nativa e irrigadas, no entanto, valores mais elevados podem ser identificados nos anos entre 2003 a 2017, principalmente no T1, T3 e T4 onde as médias de RG são elevadas, estando relacionado à maior energia disponível. Com relação aos resultados de DP, o ano de 2017 apresentou maiores variações com relação a média, principalmente entre o T3 e T4 ondo houve maior estiagem com indices de RG mais elevadas.

Diferença claramente observadas podem ser verificadas no fluxo de calor latente (λE), sensível (H) e no solo (G) apresentados na Figura 5.

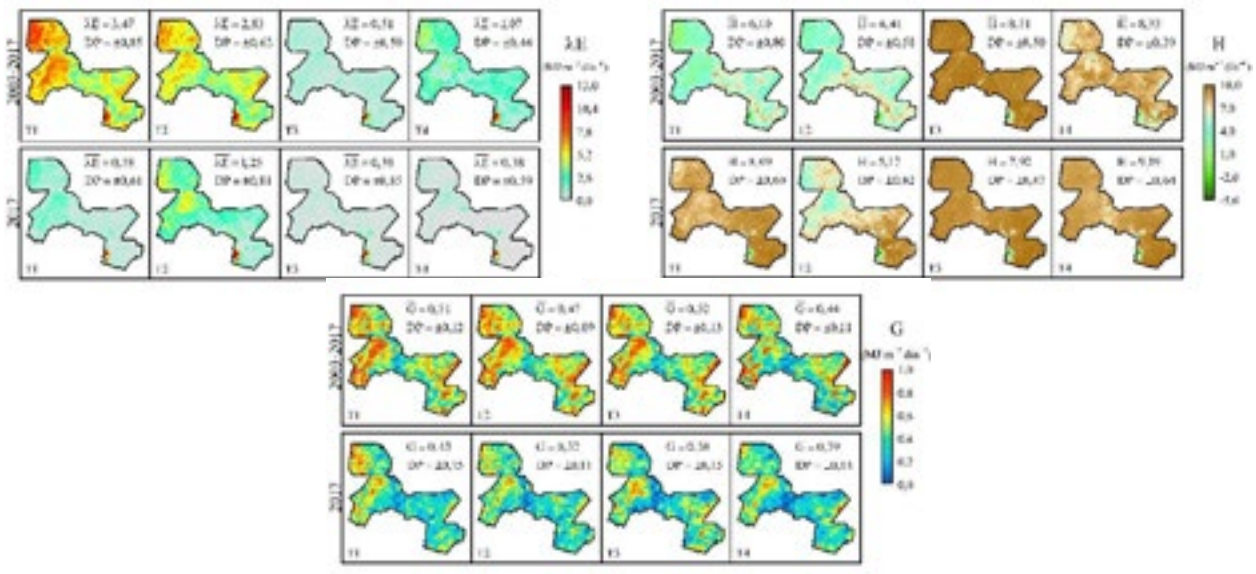


Figura 5 – Distribuição espacial dos componentes do balanço de energia modelados por sensoriamento remono para os anos entre 2003 a 2017 e para o ano de 2017 no Perímetro Irrigado Pontal Sul, semiárido pernambucano. Fluxo de calor latente (λE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor no solo (G). T1 – Primeiro trimestre, T2 – Segundo trimestre, T3 – Terceiro trimestre, T4 – Quarto trimestre. Médias ± Desvio Padrão (DP).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com relação a λE, observa-se claramente a diferença entre a vegetação natural e áreas irrigadas, principalmente no T3 que representa o período mais seco do ano. No período entre 2003 a 2017 observou-se maiores valores, principalmente onde houve mais umidade no solo, ou seja, nas áreas com agricultura irrigada e no período chuvoso (T1, T2 e T4). Sob condições de P, ET_0 e RG elevados, tanto nas áreas de VN como nas as áreas de AI, houve elevação dos níveis de λE (TEIXEIRA et al., 2017). Já no ano de 2017, a maior média foi registrada no T2, estando relacionado a escassez de chuvas no T1 (Figura 2).

Para os mapas de H, é possivel observar claramente as diferenças entre as áreas de VN e a AI, de modo que as áreas de AI apresentaram valores negativos nas imagens. Conforme Teixeira et al. (2017), os valores negativos de H correspondem ao período após a presença de chuvas ou a aplicação recente de água via irrigação. No período 2003 a 2017 o H apresenta valores mais baixos no T1 e T2, por representar o período de chuvas e ao longo de todo o ano nas áreas com agricultura irrigada. Já no ano de 2017 a média mais baixa foi registrada no T2.

Assim como o α_0, o G apresentou menores variações entre os agroecossistemas no Perímetro Irrigado Pontal Sul, conforme observado nos valores de DP. Nas condições semiáridas, os valores de G pode chegar a zero na escala diária, podendo ser desprezado nesta escala de tempo, uma vez que poucas áreas apresentaram valores diários chegando a cerca de 1,0 MJ m^{-2} d^{-1} (TEIXEIRA et al., 2014, BEZERRA et al., 2015). Com relação ao período entre 2003 a 2017, as variações também foram baixas, no entanto, o mesmo apresenta maiores picos quando comparado ao ano de 2017, estando relacionada a presença de áreas mais úmidas ocasionados pelo maior acumulado de P.

4. CONCLUSÕES

A utilização do algorítimo SAFER, unindo imagens MODIS com dados agrometeorológicos, permitiu fazer uma análise em larga escala de dados históricos do balanço de radiação e energia entre os trimestres dos anos de 2003 a 2017 diferenciando os agroecossistemas presentes no Perímetro Irrigado Pontal Sul. O saldo de radiação (R_n) sofreu grande influência dos

ISBN: 978-85-7282-778-2

níveis de RG, tanto para o período entre 2003 a 2017 como para o ano de 2017, não apresentando diferenças entre os agroecossistemas presentes no perímetro. A estimativa dos fluxos de calor latente (λE) e sensível (H) permitiram a distinção dos fluxos de energia entre a vegetação de Caatinga e a agricultura irrigada nas diferentes épocas do ano, sendo claramento observado no período trimestral, diferentemente do fluxo de calor no solo (G) que não apresentou diferenças. Esta análize em larga escala contribui para o monitoramento das mudanças de uso da terra e no clima na região semiárida do Brasil, podendo subsidiar um planejamento adequado do uso da terra e dos recursos hídricos.

5. AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, a Rede AgroHídro da Embrapa e a Embrapa Semiárido pela disponibilidade dos dados agroclimatológicos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO**. Irrigation and drainage**, paper 56. FAO, Rome, v. 300, n. 9, 1998, p. D05109.

ARAÚJO, L. M. **Indicadores agrometeorológicos no Perímetro Irrigado Pontal Sul**. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem). Faculdade de Ciência Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, São Paulo, 2018, p. 166.

BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of hydrology**, v. 229, n. 1, 2000, p. 87-100.

BEZERRA, B. G.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, B. B. D.; SANTOS, C. A. C. D. Surface energy exchange and evapotranspiration from cotton crop under full irrigation conditions in the Rio Grande do Norte State, Brazilian Semi-Arid. **Bragantia**, v. 74, n. 1, 2015, p. 120-128.

LEIVAS, J. F., ANDRADE, R. G., DE CASTRO VICTORIA, D., TORRESAN, F. E., BOLFE, E. L. Monitoramento da seca 2011/2012 no Nordeste brasileiro a partir do satélite Spot-Vegetation e TRMM. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 22, n. 3, 2014 211-221.

TEIXEIRA, A. H. de C., BASTIAANSSEN, W. G., AHMAD, M. U. D., MOURA, M. D., BOS, M. G. Analysis of energy fluxes and vegetation-atmosphere parameters in irrigated and natural ecosystems of semi-arid Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 362, n. 1-2, 2008, p.110-127.

TEIXEIRA, A. H. de C.; HERNANDEZ, F. B. T., LOPES, H. L., SCHERER-WARREN, M., & BASSOI, L. H. A comparative study of techniques for modeling the spatiotemporal distribution of heat and moisture fluxes in different agroecosystems in brazil. In: PETROPOULOS, G.G. **Remote Sensing of Energy Fluxes and Soil Moisture Content**. 1st ed., CRC Group, Taylor and Francis, Boca Raton, Florida, 2014, p. 169–191.

VALIENTE, J. A., NUNEZ, M., LOPEZ-BAEZA, E., MORENO, J. F. Narrow-band to broad-band conversion for Meteosat-visiible channel and broad-band albedo using both AVHRR-1 and-2 channels. **Remote Sensing**, v. 16, n. 6, 1995, 1147-1166.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTUDO CLIMÁTICO DE FORMAÇÃO DE GELO E NEVE A PARTIR DE UM MODELO NUMÉRICO DE AQUECIMENTO GLOBAL

Nágila Veiga Adrião Monteiro [(a)], Rafael Pereira Maciel [(b)], Caroline Maria Sá dos Santos [(c)], Nisia Krusche[(d)]

[(a)] Pós graduação em Modelagem Computacional/ Universidade Federal de Rio Grande, nagilamav@gmail.com

[(b)] Centro de Ciências Exatas e Tecnologicas/ Universidade Estadual Vale do Acaraú, rafaelmaciel95@hotmail.com

[(c)] Especialização em Engenharia Ambiental / Instituto Executivo de Formação, carolmasa@hotmail.com

[(d)] Centro de Ciências Computacionais/ Universidade Federal de Rio Grande, nkrusche@furg.br

Eixo: 9. Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

O estudo de mudanças climáticas globais implica na avaliação das concentrações de vários gases de esfeito estufa presente na atmosfera, como o dióxido de carbono e o metano. A variação destas concentrações tem origem em forçantes naturais, como vulcões, e em forçantes antropogências, como as emissões da queima de combustíveis fósseis. O aumento registrado nas últimas décadas tem provocado o aquecimento nos polos Ártico e Antártico, produzindo degelo e o aumento no nível do mar. Foi proposto estudar a atual porcentagem de gelo e neve nos pólos utilizando duas simulações de um modelo climático desenvolvido para a realização de atividades educacionais. A simulação controle utilizou dados medidos de dióxido de carbono entre os anos de 1958 e 2018, enquanto a segunda simulação aplicou um acréscimo linear de 0,5 ppm por ano, entre 1957 a 2000 e exponencial de 1% de 2001 a 2018. Os resultados apresentaram dados semelhantes em todos os modelos analisados, reforçando dados e estudos já existentes. Desta forma, as forçantes climáticas são responsáveis pelas alterações climáticas analisadas e precisam de acompanhamento e soluções para minimizar o quadro dos próximos anos.

Palavras chave: Modelo numerico climático, Educacional Global Climate Model, porcentagem de gelo

1. Introdução

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) apresentou no relatório especial de 2018: "*Global Warming of 1.5°C*", atualizações sobre os alertas quanto às alterações climáticas globais. Esse documento estima que o aquecimento global antropogênico esteja aumentando cerca de 0,2 °C (provavelmente entre 0,1 °C e 0,3 °C) por década devido a emissões passadas e contínuas. Um aquecimento maior do que a média anual global está sendo experimentado em muitas regiões e estações terrestres, incluindo valores três vezes maiores no Ártico. Como consequência, há a exposição de pequenas ilhas, áreas costeiras baixas e deltas aos riscos associados ao aumento do nível do mar para muitos sistemas humanos e ecológicos, incluindo o aumento da intrusão de água salgada, inundações e danos à infra-estrutura (IPCC, 2018).

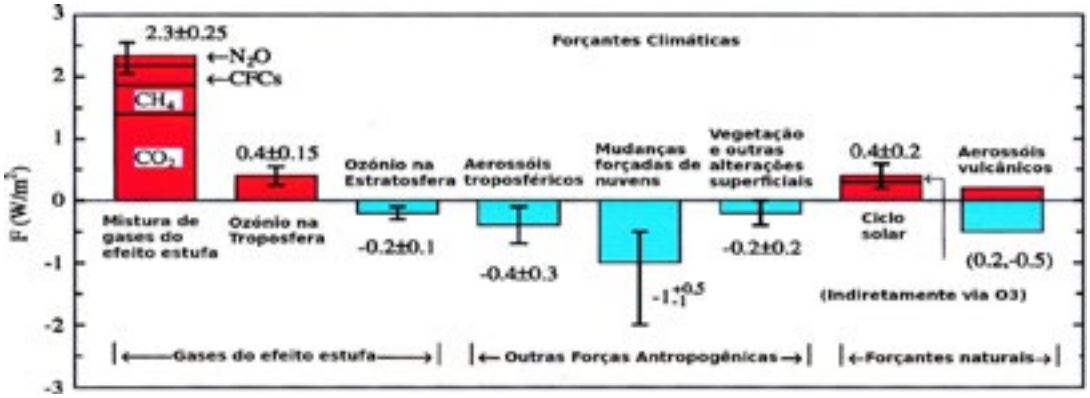


Figura 1 – Forçantes climáticas estimadas entre 1850 e o presente. As barras pretas representam a incerteza estimada associada ao forçamento climático da Terra. Fonte: Adaptado NASA, 2018.

As forçantes climáticas são os responsáveis por tais alterações (Figura 1), entre elas: emissões antropogênicas dos gases do efeito de estufa, precursores de aerossóis e outras substâncias, e as mudanças naturais na irradiação solar e erupções vulcânicas, que afetam a quantidade de radiação que é refletida, transmitida e absorvida pela atmosfera. O excesso de

emissão de CO_2 antropogênico provoca o desequilíbrio do sistema, aumentando a radiação de onda longa na superfície que leva a um aumento do fluxo de calor no sistema, porém a maior parte é absorvida pelo oceano, o que leva a um aumento de temperaturas oceânicas. (DOMINGUES, ET AL. 2008).

Sabendo disto, os cenários de forçamentos climáticos são essenciais para previsões climáticas, podendo contribuir para a comunicação com o público em geral sobre mudanças climáticas (SUPLEE E PINNEO; SHINDELL ET. AL., 1998). Lourius, et. al. (1990) defendia que o propósito das simulações é permitir a consideração de opções para mudanças menos drásticas, e, como há grande incerteza nas forças presentes e futuras, recomendar o uso de múltiplos cenários. Isso ajudará na análise objetiva das mudanças climáticas que se desenrolarão nos próximos anos. Portanto, o objetivo deste estudo é analisar a modelagem dos múltiplos cenários executados pelo software *Educational Global Climate Modeling Suite* (EdGCM).

1.1. Gases do efeito estufa

Segundo o estudo do IPCC (2014), as emissões antropogênicas de gases do efeito estufa (GEE) são impulsionadas principalmente pelo tamanho da população, atividade econômica, estilo de vida, uso de energia, padrões de uso da terra, tecnologia e política climática. Na maioria dos países, o aumento das emissões de CO_2 nos últimos anos está diretamente relacionada à queima de combustíveis fósseis e aos processos industriais voltados principalmente para a produção de cimentos. Nesse contexto, em 2014, foram liberados 35,7 bilhões de toneladas de CO_2 para a atmosfera. Os países que mais emitiram CO_2 foram: China (29,6%), Estados Unidos (15%), União Europeia (EU-28) (9,6%), Índia (6,5%), Rússia (5%), Japão (3,6%). Já o Brasil destaca-se em 12° lugar, contribuindo com mais de 1% (EDGAR, 2015; EDGAR, 2015; OLIVIER ET AL., 2015).

As emissões de GEEs no Brasil, são provenientes da agropecuária e da mudança do uso da terra (GALZERANO ET AL., 2014; MELO; ROCHA, 2015), setores prioritários em termos de mitigação de GEE. Assim para contribuir com a mitigação das emissões de GEE nesses casos, se faz necessário medidas controle para o desmatamento, mudança de uso da terra, a queima de biomassa e o manejo inadequado do solo, implementando ações que visem a intensificação do sequestro de carbono pelo solo e pela vegetação (CARVALHO ET AL., 2010; OLIVIER ET AL., 2015).

1.2. Forçantes antrópicas das mudanças de clima globais

Na figura 1, temos os aerossóis troposféricos, mudanças forçadas de nuvens e vegetação e outras alterações superficiais, descritos como forçantes antrópicas. Os aerossóis são partículas finas suspensas no ar. Existem muitas fontes e composições de aerossóis (HOUGHTON, 1996; HENDERSON-SELLERS, 1995; CHARLSON, 1997). O aumento da emissão de compostos nitrogenados para a atmosfera e especialmente a amônia favorece a formação de aerossóis iônicos e higroscópicos. Em áreas continentais, estes aerossóis são responsáveis pela nucleação de nuvens e também pela formação de chuvas. O ciclo hidrológico está, desta forma, diretamente ligado ao ciclo do nitrogênio. Mudanças no ciclo hidrológico de algumas regiões aparentemente estão sendo controladas por emissões de gases e aerossóis iônicos contendo espécies como o nitrato e amônio (SILVA ET. AL. 2003).

As mudanças antropogênicas nas nuvens são uma força climática potencialmente maior que os efeitos diretos de aerossóis, mas são ainda mais incertas (HANSEN, 1998). As nuvens altas são eficazes para absorver a radiação infravermelha, em seguida, irradiando-a novamente, aquecendo ainda mais a Terra. Por outro lado, as nuvens *stratocumulus* baixas refletem alguma radiação de volta ao espaço. O derretimento de gelo diminui o albedo da Terra, ou sua refletividade. Incidentalmente, na estratosfera, este arrefecimento contribui para a formação aumentada de nuvens estratosféricas polares, levando a uma maior destruição do ozônio. Os modelos sugerem que a duplicação de CO_2 na atmosfera, como está previsto

ocorrer no próximo século, irá resultar em quantidades significativas de arrefecimento na atmosfera superior e, por sua vez, juntamente com a destruição do ozônio O_3, desempenhará um papel na formação de furos na camada de ozônio (RAGHEB, 2017).

Hansen (1998) afirma que a principal mudança imposta na superfície da Terra durante a era industrial é provavelmente as mudanças no uso da terra, incluindo desmatamento, desertificação e cultivo. Mudanças no uso da terra alteram o albedo da superfície e modificam a evapotranspiração e a rugosidade superficial. Um grande efeito da vegetação alterada ocorre através do impacto da neve no albedo. Medidas para conter a erosão que inviabiliza o uso da terra para agricultura são fundamentais, como monitoramento e exigência de boas práticas agrícolas evitando excessos no uso de fertilizantes e agrotóxicos. É preciso reconhecer que a agricultura intensiva pode ser tão ou mais prejudicial ao ambiente quanto indústrias poluidoras. A legislação e o controle de atividades industriais são regulados e fiscalizados pelo poder público e de forma similar deveriam ser expandidas para a agricultura (CARDOSO E SANTOS, 2013).

1.3. Forçantes naturais das mudanças de clima globais

O sol fornece, essencialmente, a energia que fomenta as atividades climáticas da Terra, sendo as variações solares um contributo significativo às mudanças climáticas. As variações solares são as mudanças na quantidade de radiação emitida pelo Sol e na sua dimensão espectral. Durante décadas recentes, a variação solar foi medida por satélites, percebeu-se que elas oscilam de forma periódica, fenômeno conhecido como ciclo solar ou ciclo solar de Schwabe (REBOITA et al. 2015, OLIVEIRA et al. 2017).

Cada ciclo solar dura aproximadamente 11 anos (Figura 2), este é caracterizado pelo surgimento ou desaparecimento de manchas solares: os períodos de atividades solares elevadas são chamados de máxima solar e períodos com atividades reduzidas são denominados de mínimo solar (SILVA, 2006). Segundo Franco et al. (2013), a variação da

quantidade de manchas está ligada a inversão de polaridade do campo magnético global do sol. Se em determinado período de mínima solar o polo magnético positivo do sol coincide com o seu polo norte, 11 anos depois a orientação do campo será invertido, com o polo magnético positivo coincidindo com o polo sul solar.

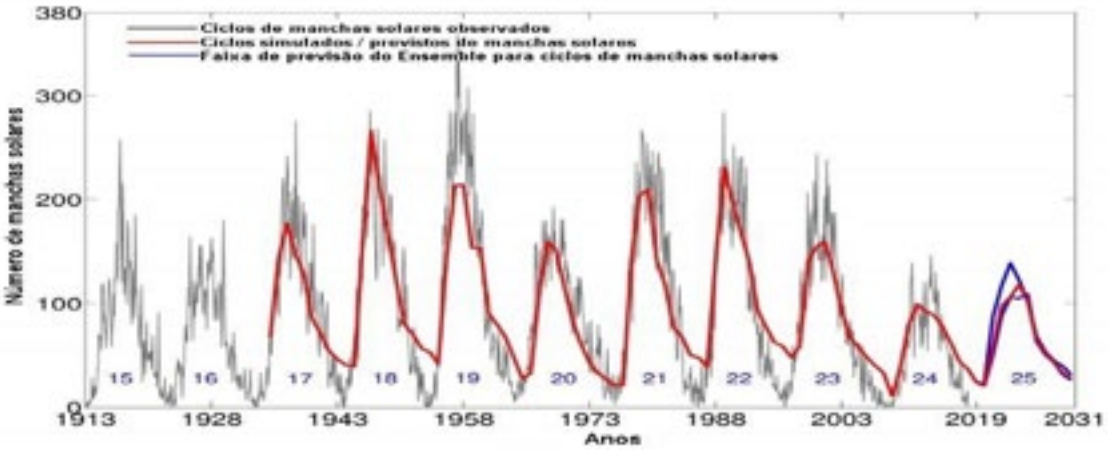


Figura 2: Reprodução bem sucedida de um século de observações de atividade de manchas solares levando à previsão do ciclo de manchas solares da equipe IISER 25. Fonte: Adaptado CESSI, 2017.

Segundo Oliveira (2017), no período de 950 a 1.300, elevadas atividades solares coincidiram com o período conhecido na história humana como o Período Medieval Quente. Após este período uma sucessão de períodos frios ocorreu, conhecido como Pequena Era do Gelo, coincidiu com períodos que apresentaram números drasticamente reduzidos de machas solares. Desta forma, o padrão correspondente de manchas solares indica que as atividades solares afetam diretamente o clima na terra, demonstrando a variabilidade no clima, coincidindo diretamente com eventos conhecidos na história humana (MASUDA et al. 2009, OLIVEIRA et al. 2017). Em um dos últimos estudos feitos por Bhowmik e Nandy (2018), verificou-se que o comportamento do sol é muito incerto, podendo mostrar-se sem muitas alterações na próxima década ou passar a produzir mais manchas solares.

Outro fator natural, são as atividades vulcânicas. Esses fenômenos geram grandes quantidades de partículas e gases na atmosfera, influenciando o mecanismo dos aerossóis descrito anteriormente e, portanto, afetando também o clima. A principal contribuição dos vulcões é decorrente de partículas estratosféricas de ácido sulfúrico (H_2SO_4), que rapidamente se condensam e formam aerossóis de sulfato (OLIVEIRA ET. AL, 2017). O tempo de variação durante eras glaciais/interglaciais, o vulcanismo está associado aos ciclos orbitais de Milankovitch, em especial com o período da obliquidade de 41 mil anos. Os autores sugerem que o clima da era glacial induz atividades vulcânicas por meio de mudanças de pressão na crosta associadas com as redistribuições de massas de gelo (KUTTEROLF ET AL., 2013)

2. Materiais e Métodos

O software de modelagem numérica EdGCM 3.2, que possui sua interface gráfica com base nos dados dos Modelos Climáticos Globais II (GCM) tridimensionais. A ferramenta foi desenvolvida no Instituto Goddard de Estudos Espaciais da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e tem sido utilizada por centros de pesquisas, como CSIRO (Austrália), DKRZ (Alemanha), CCCma (Canadá), GFDL (EUA), NCAR (EUA), CCSR e NIES (Japão), HadCM3 (UK), para estudar a modelagem de climas do passado, presente e futuro.

O material elaborado pelos pesquisadores Chandler, M. A. e Marti, A. da NASA (2010), descreve os GCMs como modelos de processos onde as simulações são baseadas em equações físicas fundamentais e, portanto, a saída do GCM é examinada não apenas para estabelecer uma relação de causa e efeito, mas para explorar os muitos mecanismos de *feedback* pelos quais o sistema climático da Terra atua. Desta forma, são utilizadas "equações primitivas": Temperatura (T), Pressão (P), Ventos (U, V, W) e Umidade Específica (Q). Utiliza-se também cinco equações físicas fundamentais (Tabela I), que são usadas para

descrever o estado evolutivo da atmosfera: conservação da massa (1), conservação da energia (2), conservação do momento (3), conservação da umidade (4) e a lei dos gases ideais (5).

Tabela I – Equações do Modelo Global Climático utilizadas pelo EdGCM

$\frac{\partial V}{\partial t} = -(\vec{V}\cdot\hat{V})\vec{V} - \frac{1}{\rho}\hat{V}p - g - 2\vec{\Omega}\times\vec{V} + \hat{V}\cdot(k_q\hat{V}\vec{V}) - F_d$	(1)
$p_c\frac{\partial V}{\partial t} = -(\vec{V}\cdot\hat{V})T - \hat{V}\cdot R + \hat{V}\cdot(k\hat{V}T) + C + S$	(2)
$\frac{\partial V}{\partial t} = -(\vec{V}\cdot\hat{V})\rho - \rho(\hat{V}\cdot\vec{V})$	(3)
$\frac{\partial q}{\partial t} = -(\vec{V}\cdot\hat{V})q + \hat{V}\cdot(k\hat{V}q) + S_q + E$	(4)
$p = \rho R_d T$	(5)
Legenda dos símbolos: V = *velocidade:* T = *temperatura:* p = *pressão:* ρ = *densidade:* q = *unidade específica:* g = *gravidade:* Ω = *rotação da terra:* Fd = *força de arrasto da terra:* R = *vetor radiação:* C = *aquecimento condutivo:* cp = *capacidade de calor:* E = *evaporação:* S = *calor latente:* Sq = *fonte de mudança de fase:* K = *coeficiente de difusão:* R = *constante de gás e mar seco.*	

Foi simplificado que os cálculos de dinâmica ajudam a definir a circulação geral da atmosfera, bem como circulações turbulentas em menor escala, como sistemas de tempestades ciclônicas que controlam grande parte do clima nas latitudes médias. Os cálculos de radiação determinam o balanço de energia da Terra, avaliando a reflexão e absorção da radiação solar pela superfície e atmosfera, e pela remessa de energia térmica de volta ao espaço. Os cálculos

de radiação em um GCM devem levar em conta espessura e distribuição de nuvens (horizontal e vertical), condições de superfície (terra vs. oceano, topografia, tipos de vegetação, cobertura de neve e gelo) e gases com efeito de estufa e aerossóis significativos (CHANDLER, M. A. E MARTIN, A., 2011).

2.1. Simulação "Global Warming" no EdGCM

Para a maioria das simulações numéricas, as análises resultantes dos modelos são consequência das configurações iniciais, que também é o caso do EdGCM 3.2. Para esta modelagem, foram administradas duas simulações entre os anos de 1980 e 2018. No modelo experimental (ME) foram utilizados dados de CO_2 do NASA/GISSII e no modelo de controle (MC) foram utilizados dados de CO_2 disponíveis no site *National Oceanic and Atmospheric Administration of Earth System Research Laboratory* (NOAA/ESRL). A data do início das análises foi 1º de janeiro de 1958 e a data final 31 de dezembro de 2018. O ano para os arquivos de entrada foi 1900. Os valores dos gases forçantes foram de acordo com o ano 1958, são de: CO_2 igual a 315,4 ppm; N_2O igual a 0, 3081 ppm; CH_4 igual a 1,666 ppm; CFC_{11} igual a 0,2549 ppt;e CFC_{12} igual a 0,4629 ppt.

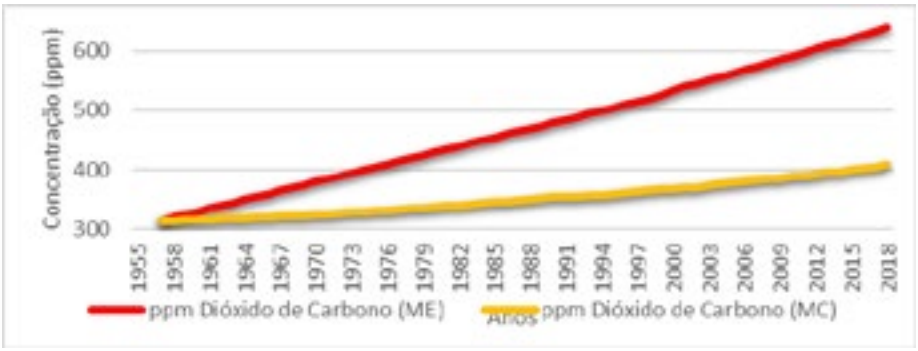


Figura 3 – Concetração de CO_2 entre os anos de 1958 a 2018. Fonte: NASSA/GISSII e NOAA/ESRL, 2018.

Para o parâmetro "Solar", o ano de valores de observação também foi de acordo com 1958, com: Luminosity: 1366,6693 W/m². E para a os efeitos orbitais: Excentricidade de 0,019m; Inclinação axial: 22,95714 N/m; OmegaT: -65,02399 rad/s. Os demais valores foram mantidos como constantes. O ano 1958 foi o primeiro ano a possuir medidas diretas de gases de efeito estufa. Em 1958, o nível do dióxido de carbono na atmosfera era 315 ppm (partes por milhão), que já era um aumento de 10% sobre os valores pré-industriais. A concentração de CO_2 aumenta 0,5 ppm por ano linearmente até 2000 e, então, exponencialmente em mais 1,0% ao ano, de 2000 até 2100 (NASA, 2010). Para a modelagem controle, foram executados os mesmos passos descritos, porém foram considerados os dados de CO_2 entre os anos de 1980 a 2018, disponibilizados pela NOAA/ESRL. Na Figura 3, podemos observar os níveis de CO_2 dos MC e ME.

3. Resultados e Discussões

A análise de regressão linear feita para os dados de CO_2 utilizados nos modelos (ME e MC), apresentou $y = 1{,}3489x$ e $R^2 = 0{,}6274$, mostrando que a relação entre os anos analisados (1958 e 2018) é forte. E, portanto, a diferença entre os modelos produzidos é pequena (Tabela II). Nas Figuras 4a e 4b, é possível observar em ambos os modelos, MC e ME, o aquecimento global (Cº) crescente de forma linear e a porcentagem (%) de cobertura de gelo e neve no globo de forma decrescente e linear também.

As figuras 5a e 5b são referentes ao MC, as figuras 5c e 5d ao ME e as figuras 5e e 5f são a diferença entre os modelos (MC-ME). Elas também apresentam os mapas de temperatura superficial no globo e projeção gráfica dos dois hemisfêrios (90,0 ºE e 90,0 ºN). Os modelos MC e ME apresentaram semelhança nos dados, -43,8ºC e -42,4ºC em relação a temperatura, com diferença entre os modelos de mínima de 0,5 ºC, máxima de 2,5 ºC e média de 0,8, entre os modelos. Pode-se observar nos gráficos uma média de aumento de 25,65 ºC

em relação ao hemisfério norte (90º); no hemisfério sul (-90º), como observamos na Tabela III, a diferença entre os dois modelos propõe uma oscilação de temperatura na zona temperada e uma estabilidade entre os modelos nas zonas tropicais.

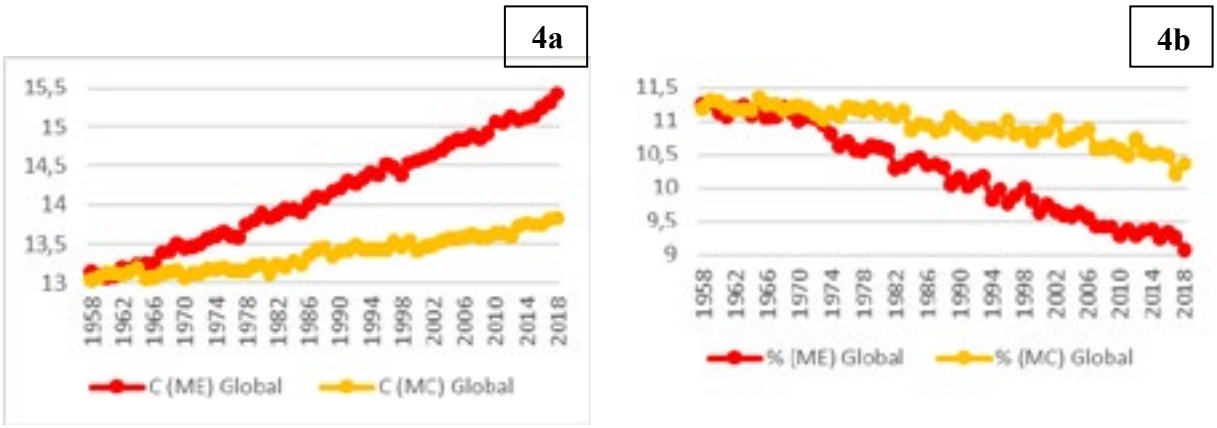


Figura 4 –Temperatura superficial global para os anos de 1958 a 2018 (Cº), (Figura 4a) e Cobertura de gelo e neve para os anos de 1958 a 2018 (%), (Figura 4b). Fonte: Autor, 2018.

Tabela II – Resultado das modelagens executadas no EdGCM.

	ME			MC			ME-MC		
Modelagens EDGCM	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.	Min.	Máx.	Méd.
Temperatura do ar anual	-45.1	28.2	14.1	-46	27.1	13.3	-2.5	0.2	0.8
Profundidade da neve anual	0	92.5	8.8	0	95.2	7.1	-7.6	24.7	0.5
Cobertura de neve anual	0	100	10.3	0	100	11.9	-35.4	0.1	-1
Cobertura de gelo no oceano anual	0	99.5	4.4	0	99.5	4.7	-20.6	0.15	-0.5
Cobertura de neve e gelo anual	0	100	11.2	0	100	11.9	59.84	32	-3.2
Cobertura de neve e gelo (DJF)	0	100	15.1	0	100	15.9	-3.6	27.73	0.8
Cobertura de neve e gelo (JJA)	0	100	10.8	0	100	11.6	-1.02	40.4	0.8
Cobertura de neve e gelo (MAM)	0	100	7.9	0	100	8.5	-0.4	32.73	0.8
Cobertura de neve e gelo (SON)	0	100	11.1	0	100	11.8	-1.6	48.36	0.8

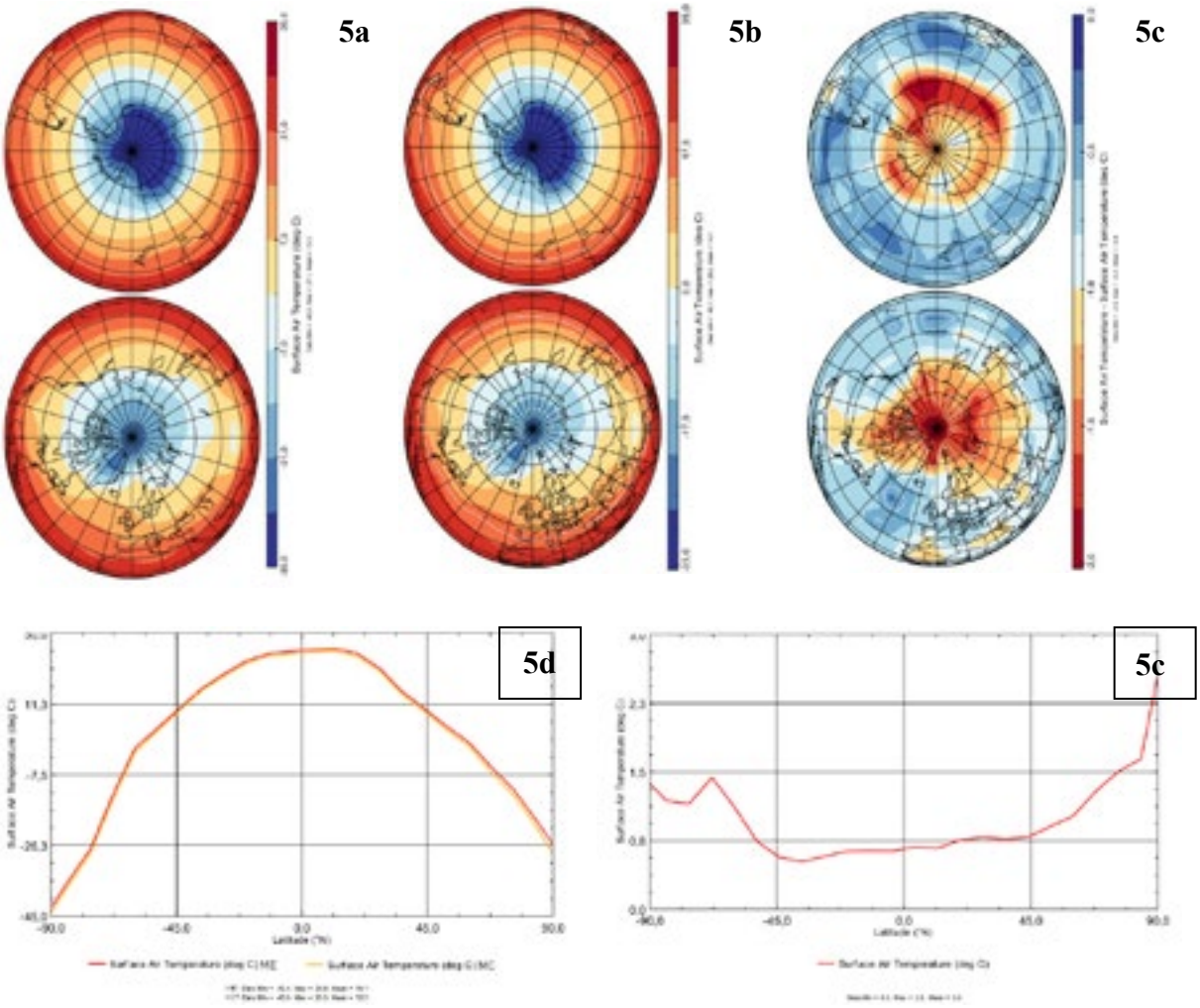


Figura 5–Temperatura superficial anual global (Cº) para os anos de 1958 a 2018 pelo modelo controle, figura 5a e figura 5b; Temperatura superficial anual global (Cº) para os anos de 1958 a 2018 pelo modelo experimental , figura 5c e figura 5d; Temperatura superficial anual global (Cº) para os anos de 1958 a 2018, diferença entre os modelos controle e experimental, figura 5e e figura 5f. Fonte: Autor, 2018.

Tabela III – Resultado das modelagens executadas no EdGCM para os hemisférios.

	ME					MC					MC -ME				
Modelagens EDGCM Global	-90	-45	0	45	90	-90	-45	0	45	90	-90	-45	0	45	90

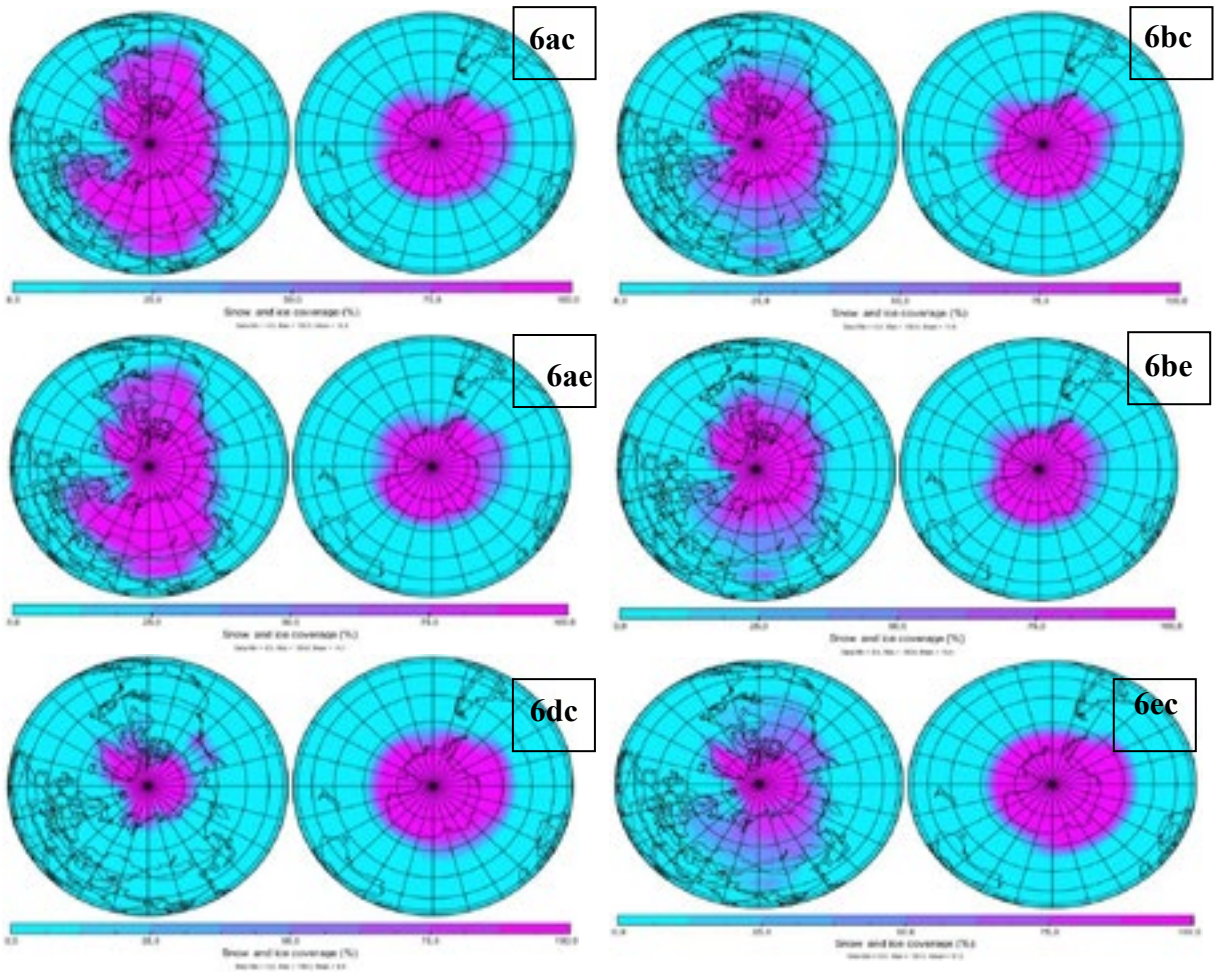
Temperatura do ar anual	-16.8	12.6	25.2	2.6	-42	-18.4	8.6	24	0	-44.6	-0.6	0.4	0.6	1.2	3.7
Cobertura de neve e gelo anual	100	0	0	25	100	100	0	0	26	100	0	0	0	3.2	0

O derretimento das geleiras continentais pode afetar a circulação das correntes no oceano Ártico, ao aportar grande volume de água doce. Água do descongelamento do *permafrost* também flui para o oceano Ártico. As principais fontes de água doce são a chuva, a neve e o derretimento das geleiras da Groenlândia. Estima-se que o oceano Ártico tenha recebido 7.700 km^3 de água doce nos últimos 10 anos, o que afeta a formação das correntes, pois a água doce muda a salinidade, prejudicando a formação da AMOC (AMAP, 2011). O AMOC, célula de revolvimento meridional da circulação global (Atlantic Meridional Overturning Circulation), é uma corrente convectiva que afunda até profundidades de 1500–2000 metros, renovando as águas de fundo; ao fazer o deslocamento vertical, ela sequestra CO2 da atmosfera, limitando o aumento do nível desse gás na atmosfera (DAVIS, 2000).

As figuras a seguir representam a cobertura de neve nos períodos sazonais entre os anos de 1958 e 2018. As figuras 6ac (DJF), 6bc (MAM), 6cc (JJA) e 6dc (SON) são referentes ao MC; as figuras 6ae (DJF), 6be (MAM), 6ce (JJA) e 6de (SON), são referentes ao ME. Os modelos tiveram pouca diferença nos resultados, onde foi possível observar o que os autores Derksen e Brown (2012) e Dye (2002), acima descrevem.

Estas alterações sazonais são colocadas por alguns autores, assim como no relatório do IPCC (2014), a extensão média anual do gelo do mar do Ártico diminuiu durante o período de 1979 a 2012, com uma taxa que era muito provável na faixa de 3,5 a 4,1% por década. A extensão do gelo marinho ártico diminuiu em todas as estações e em todas as décadas sucessivas desde 1979, com o decréscimo mais rápido no verão. Já Dye (2002) afirma que desde o início da década de 1920, e principalmente depois da década de 1970, a área coberta por neve no Hemisfério Norte está diminuindo na primavera e verão, mas não

substancialmente no inverno, apesar deste estar mais quente. Análises da extensão da área coberta por neve na primavera (abril a junho), época em que a cobertura de neve está principalmente sobre o Ártico, revela uma redução significativa nos meses de maio a junho. O mês de junho tem apresentado sucessivos recordes de menor extensão na cobertura de neve, a taxa de diminuição para o período 1979–2011 é de quase 18% por década (DERKSEN E BROWN, 2012).



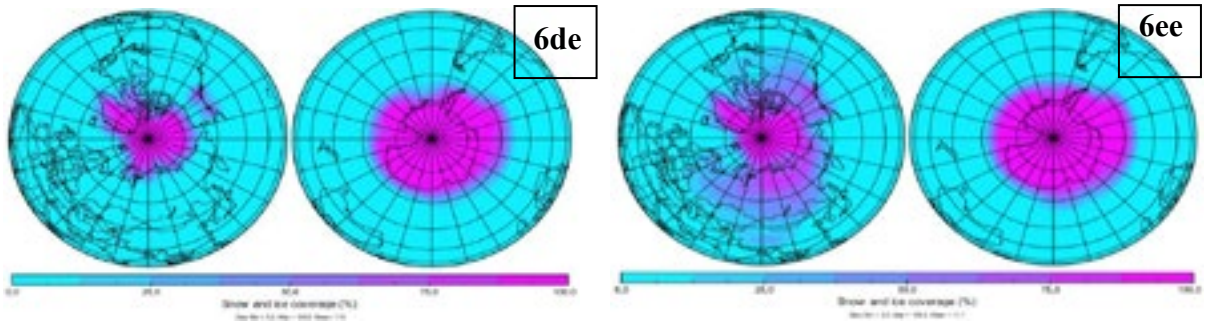


Figura 6–Cobertura de neve e gelo sazonal global (%) para os anos de 1958 a 2018 pelo modelo controle, figura 6ac (DJF), figura 6bc (MAM), figura 6cc (JJA), figura 6dc (SON); Cobertura de neve e gelo sazonal global (%) para os anos de 1958 a 2018 pelo modelo experimental, figura 6ae (DJF), figura 6be (MAM), figura 6ce (JJA), figura 6de (SON). Fonte: Autor, 2018.

4. Considerações finais

O gelo marinho, um indicador e também um ator de mudanças climáticas, atua diretamente sobre a superfície reflexiva (albedo), cobertura de nuvens, umidade e troca de calor entre superfície e a atmosfera. O gelo marinho tem importante papel ambiental, econômico e também social (ACIA, 2004; Kwok, 2010). De acordo com a definição do NSIDC (2015), o gelo marinho é altamente sensível às mudanças de temperatura do ar e do oceano. Esse gelo tem um comportamento sazonal bem marcado; no inverno, ele ocupa uma área maior e na primavera e verão, quando derrete parcialmente, congelando novamente no outono e inverno.

Para Kwok e Untersteiner (2011); NSIDC (2015), o gelo marinho é importante para o balanço de energia global. Grande parte da energia recebida pelo Ártico é refletida de volta para espaço pelo gelo e neve. Este papel ambiental do gelo marinho é significativamente importante para a manutenção do clima em nosso planeta. Por isso, a redução na extensão da cobertura de gelo marinho nas regiões polares afeta fortemente o clima planetário, pois permite que o oceano aberto absorva uma quantidade maior de energia. As modelagens

executadas MC e ME mostraram que as dicussões levantadas sobre a elevação do nível dos mares, as altas temperaturas e o desgelo nos polos passaram por várias mudanças de 1958 a 2018, já que as forçantes podem ser incertas devido às dinâmicas naturais e antrópicas. Sendo que os indices de temperatura apresentados pelos modelos MC e ME mostraram um aquecimento significativo em todo o globo terrestre nos anos estudados, incluindo nos pólos Artico e Antartico e que consequêntimente resultaram na redução de gelo e neve neles, na baixa profundidade de gelo no oceano e de neve na superficie em ambos os hemisférios.

O IPCC (2014) levanta que a emissão continuada de gases de efeito estufa causará mais aquecimento e mudanças de longo prazo em todos os componentes do sistema climático, aumentando a probabilidade de impactos penetrantes e irreversíveis para pessoas e ecossistemas. Limitar as alterações climáticas exige reduções substanciais e sustentadas das emissões de gases com efeito de estufa que, com adaptação, pode limitar os riscos das alterações climáticas. As emissões cumulativas de CO_2 determinam, em grande parte, o aquecimento global médio da superfície do Século 21 e além. As projeções de emissões de gases de efeito estufa variam em uma ampla gama, dependendo do desenvolvimento socioeconômico e da política climática.

5. Agradecimentos

O trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

6. Referências Bibliográficas

BHOWMIK, P., AND NANDY, D. Prediction of the strength and timing of sunspot cycle 25 reveal decadal-scale space environmental conditions", Nature Communications, 2018. doi: 10.1038/s41467-018-07690-0.

CESSI. Solar Cycle 25 Predition. Disponível em:<http://www.cessi.in/solarcycle25prediction/>. Acesso em: 23/12/2018.

CHANDLER. M.; SOHL, L. The EDGCM Project – Future Ckimate Change, NASA Climate Modeling and Data. Columbia. 2011.

DYE, D.G., Variability and trends in the annual snow-cover cycle in Northern. 2002.

DLUGOKENCKY, E.; TANS, P. National Oceanic and Atmospheric Administration of Earth System Research Laboratory. Disponível em: <www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>. Estados Unidos. 2008. Acesso em: 13 de dezembro de 2018.

DOBLER, S. figura solares. The next Grand Solar Minimum, Cosmic Rays and Earth Changes (an introduction). 2018. Disponivel em:<https://abrupteartchanges.com/2018/01/14/climate-change-grand-solar-minimum-and-cosmic-rays/>. Acesso em: 16 de dezembro de 2018.

DOMINGUES, C. M. *ET AL.* Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature* 453, 1090-U1096 (2008).

DERKSEN, C., BROWN R., Spring snow cover extent reductions in the 2008–2012 period exceeding climate model projections. Geophysical Research Letters 2012. 39. doi: 10.1029/2007GL031480.

FRANCO, R. M.; Os ciclos solares e sua influência no regime de chuvas. 2013. Monografia (Graduação em Geografia) – Departamento de Geociências, Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

GARCIA, G; CARDOSO, A. A.; DOS SANTOS, O. A. M. Da escassez ao estresse do planeta: um século de mudanças no ciclo do nitrogênio. Química Nova. Sociedade Brasileira de Química, v. 36, n. 9, p. 1468-1476, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/110036>.

HENDERSON-SELLERS, A., AND MCGUFFIE, K. A Climate Modelling Primer. New York, John Wiley & Sons, Inc, 1988. 234 p.

HOUGHTON J T, MEIRA FILHO L G, CALLANDER B A, HARRIS N, KATTENBERG A, MASKELLK. Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996.

IPCC: Resumo para os formuladores de políticas. Em: aquecimento global de 1,5 ° C. Um Relatório Especial do IPCC sobre os impactos do aquecimento global de 1,5 ° C acima dos níveis pré-industriais e das vias globais de emissão de gases estufa, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça da mudança climática, desenvolvimento sustentável e esforços para erradicar a pobreza [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, HO Pörtner, D. Roberts, J. Skea, R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, JBR Matthews, Y. Chen. X. Zhou, MI Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, T. Waterfield (eds.)]. Organização Meteorológica Mundial, Genebra, Suíça. 2018. 32 p.

KNUTTI, R. E HEGERL, G.C. The equilibrium sensitivity of the Earth's temperature to radiation chances. National Geoscience. 2008., 1. 735-743pp. doi: 10.1038/ngeo337

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARACTERIZAÇÃO DE AMBIENTES COM POTENCIAL NATURAL PARA PLANTAÇÃO DE EUCALIPTO - ANÁLISE GEOESPACIAL

Diandra Hoffmann Costa [(a)], Thiago Winicius Alves Araújo [(b)], Ricardo Reis Alves [(c)]

[(a)] Departamento de Pós Graduação em Geografia/Universidade de Brasília – UNB, diandrageohoffmann@gmail.com
[(b)] Centro das Ciências Exatas e das Tecnologias, Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB, thyagowinicios@windowslive.com
[(c)] Centro das Humanidades, Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB, ricardoreisalves@gmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicadas aos estudos ambientais

Resumo: Os estudos que versam sobre paisagem, estão longe de se extenuarem no Brasil. Diversas metodologias tem sido inovada na intenção de amenizar impactos ambientais e, aliado a estas, estão os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O presente artigo visa a identificação de áreas propicias a prática do plantio de Eucalipto, elencando aquelas que possuem maior e menor potencial produtivo, evidenciando as suas características naturais. Foi utilizado como base, a Teoria Geral dos Sistemas e a Fragilidade dos ambientes Naturais. Foram realizadas a identificação de lineamentos geológicos, análise geológica com descrições texturais e estruturais, análise pedológica, de modo descritivo e físico-químico e também foram analisados os níveis de permanência de água nos solos. Foram identificadas áreas com potencial e restrição de plantio, correspondendo como áreas inaptas, dado as condições naturais e visando amenizar os impactos de uma prática de plantio que já existe, um total de 4,268 hectares.

Palavras chaves: SIG; Eucalipto; Fragilidade de Ambientes

1 INTRODUÇÃO

Parâmetros intrínsecos aos ambientes como o substrato rochoso e suas descontinuidades, os solos e a condicionantes climáticas, influenciam de modo direto no custo de desenvolvimento de florestas. Conhecer a variabilidade espacial e química destas condicionantes, bem como a distribuição temporal da precipitação é de fundamental importância para a delimitação das áreas com maior potencial produtivo, caracterizando assim um estudo integrado da paisagem, amenizando impactos negativos ao ambiente, permitindo a verificação dos diversos níveis de interconexão entre elementos da estrutura de uma dada paisagem, bem como de suas funcionalidades no meio em que estão inseridas. Existe uma

concordância entre vários autores de que o estudo da paisagem permite a análise do estado atual, através da evolução temporal dos fatores envolvidos, os quais também são os responsáveis pela transformação desta área (ANTUNES, 2017).

No que versa sobre a fisionomia da paisagem os aspectos físicos devem ser levados em conta, tais quais as estruturas externas e internas do relevo, já no que trata sobre a fitofisionomia, a mesma atua como indicador biológico da paisagem e expressa em formas, as densidades e a organização da vegetação nos espaços horizontal e vertical (MENDES; PEREIRA e MAGLHÃES, 2015), nos dando também uma resposta pautada em indicies como o de Clorofila.

O uso de imagens de satélites vem aumentando consideravelmente no meio agrícola, afim de amenizar custos, tornar a produção mais eficiente e assertiva, respeitando as características naturais de cada área, amenizando assim os impactos sobre a mesma. A metodologia implicita por estas imagens, também podem ser utilizadas para identificar os reflexos dos anos de incidência de El Nino e La Nina, bem como associado a isso, analisar as taxas de Clorofila presentes na área, no entanto trabalhos com esses viés ainda são escassos. Maris e Massoquim (2017) analisaram a influência e interferência do fenômeno El Niño na produtividade agrícola das culturas comerciais, em Campo Mourão - Paraná, por meio de pesquisa de campo, coleta de dados pluviométricos e confecção de tabelas e gráficos, apontando o fenômeno El Niño com grande interferência na dinâmica da paisagem agrícola. Estas análises podem influênciar na agricultura, podendo a avaliação desses fenômenos, fornecer subsídios relevantes para o desenvolvimento de políticas e estratégias para minimizar os impactos negativos e tirar vantagem dos positivos (SILVA, et.al, 2017).

Lima e Rocha (2009) utilizaram imagens LANDSAT 7 ETM, procurando identificar as unidades geológicas presentes em Morro do Chapéu, Bahia, determinando contatatos litólogicos através do processamento do MDE, que forneceu informações sobre lineamentos estruturais e outras variáveis, recomendando o uso do processamento de imagens de satélite como assistente técnico para o mapeamento de unidades geológicas. Destaca-se ainda os trabalhos de Conceição e Silva (2013) na identificação de imagens com melhores resoluções para extração de lineamentos geológicos, apontando ás com relevo sombreado derivadas do modelo digital de superfície, mais eficientes. Meixner et. al (2018) mostraram como as avaliações estatísticas ajudam a melhorar a confiabilidade dos mapeamentos de lineamentos comparando dois modelos digitais de elevação (ASTER, LIDAR) e conjuntos de dados de imagens de satélite para embasamentos Cristalinos na Alemanha, apontando técnicas de Sensoriamento Remoto em combinação com modelos de elevação altamente satisfatórias.

A área em foco localiza-se na porção leste do estado do Mato Grosso do Sul, municípios de Brasilândia, Ribas do Rio Pardo, Água Clara e Três Lagoas em terras pertencentes a Granflor, Gestão de Empreendimentos Florestais, onde ocorrem pontos com características ambientais naturais distintas que permitem evidenciar porções com maior e menor potencial produtivo.

O estado do Mato Grosso do Sul tem como substrato geológico alguns litotipos, os quais podem ser subdivididos em cinco grandes unidades geotectônicas distintas, no entanto, as áreas em análise situam-se sob o substrato da Formação Serra Geral e da Bacia Bauru. O primeiro de idade Cretácea Inferior, correspondente a um processo de vulcanismo que acumulou mais 2.000 metros de rochas basálticas sobre a Plataforma Sul Americana, pertencente ao grupo São Bento da Bacia do Paraná. Já a bacia Bauru é mais nova, com idade Cretácea Superior, de caráter intracontinental, ampla, rasa e de ambiente árido à semi- árido, fruto de uma compensação isostática (FERNANDES e COIMBRA, 1996), ambos na região, sobre a unidade de relevo dos Planaltos, com altitudes que variam e 343 a 690 m, sobre a influência durante o verão, da Massa Tropical Continental (MTC), quente e com baixos índices de umidade e MEC (Massa Equatorial Continental), úmida e quente. Durante o inverno incidem sobre a região a MAPA (Massa Polar Atlântica), fria e úmida e a MTA (Massa Tropical Atlântica), esta última somada a ação dos ventos alísios de sudeste, com características quente e úmida.

Assim esta pesquisa tem como principal objetivo identificar as melhores áreas para plantio de florestas de Eucalipto, evidenciando as suas características naturais da paisagem, visando amenizar custos na produção já existente e os impactos ambientais por meio da identificação de áreas com fraturas geológicas, afim de compreender o comportamento da drenagem, da caracterização dos solos e da geologia das fazendas para melhor compreender a distribuição dos atributos físicos e químicos e da identificação de áreas com maior permanência de água no solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia proposta levou em consideração métodos ligados à “Teoria Geral dos Sistemas” e “Fragilidades dos Ambientes Naturais” (TRICART, 1977 ; ROSS, 1994) para análise das áreas de plantio (Figura 01), onde o princípio está conectado à variáveis físicas no meio ambiente que interagem entre si para gerar características particulares na crosta terrestre (interação entre solo, topografia, rocha, clima, etc.), permitindo o estabelecimento da vida.

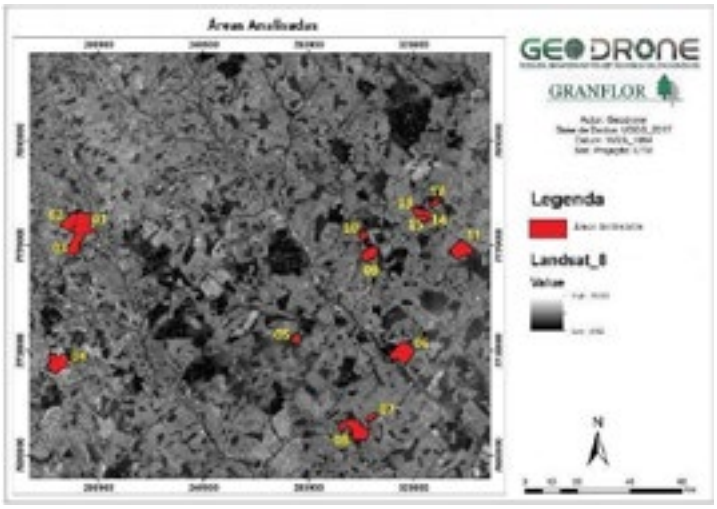


Figura 01: 01- Faz. Itaporã, 02 – Faz. Itacuru, 03 – Faz. Europa, 04 – Faz. Buriti, 05 – Faz. Conquista, 06 - Faz. União, 07 - Faz. Pontal do Barreirinho, 08 – Faz. Lírio do Vale, 09 – Faz. Guarani, 10 – Faz. Nossa Senhora Aparecida, 11 - Faz. Santo Antônio do Monte Alegre, 12 – Faz. Barra do Buriti, 13 – Faz. Morumbi, 14 – Faz. Santa Maria e 15 – Faz. Ciberlândia.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DE LINEAMENTOS GEOLÓGICOS

Para caracterizar os ambientes com potenciais naturais foram, a priori, identificados lineamentos geológicos (fraturas) através de imagens interferométricas GMTED, imagens de satélite Landsat 8 e a banda *Pan* da respectiva imagem, a qual possui melhor resolução, bem como *shps* de toda a rede de drenagem da área e Modelos Digitais de Elevação (MDE).

2.3 CARATERIZAÇÃO GEOLÓGICA E PEDOLOGICA

Para a caracterização geológica da área foram definidos pontos previamente através de dados espacialmente georreferenciados em ambiente SIG, analisando em campo afloramentos condizentes ás formações que abrangem a área onde foram descritas as características texturais e estruturais das rochas, de acordo com seu tipo (sedimentar ou ígnea extrusiva), sendo descrita, quando sedimentar, características como a coloração, selecionamento, granulação, arredondamento, mineralogia e esfericidade dos grãos e estruturas e para ígnea extrusiva a coloração, mineralogia, grau de faturamento, estruturas e granulação. Foram também interpretados os ambientes de formação das rochas e o comportamento dos seus possíveis produtos de intemperismo.

Já para caracterização dos solos também foram definidos pontos de acordo com as características altimétricas, geológicas e geomorfológicas. Sendo descritos nestes pontos características textuais como, coloração, espessura, granulação, mineralogia e a presença (ou não) de bioturbação, com auxilio em campo da Carta *Maunsell* e do Manual de Descrição de Solos no Campo (SANTOS et al, 2013), contabilizando um total de 36 amostras para 18

pontos, sendo estas coletadas com uma profundidade de 0-20 e 20 a 40cm, todas encaminhadas para análise físico-química pelo o laboratório Instituto Brasileiro de Análise (IBRA).

2.4 ANÁLISE DE CLOROFILA

Na análise das áreas com maior permanência de água no solo, foram realizadas análises espaços temporais por meio de imagens Landsat 5 e 8, composição 4,3,2 e 5,4,3, dados históricos de precipitação disponível na extensão HidroWeb da Agência Nacional das Águas (ANA), temperatura (máxima e mínima) e insolação, disponíveis no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), bem como, os anos de maiores e menores incidência de El Niño e La Niña, previamente definidos. Estes dados foram espacializados e sobrepostos em ambiente SIG, possibilitando a análise pontual de maiores incidências de clorofila nas fazendas descritas na figura 01.

3 RESULTADOS

No caso do Mato Grosso do Sul as descontinuidades são fraturas e estão relacionadas ao resfriamento da crosta continental que deu origem a Bacia Sedimentar do Paraná, ao soerguimento e estruturação da Cordilheira dos Andes e aos processos de subsidência mecânica devido ao sobrepeso de Basaltos da Formação Serra Geral. Onde tem-se a presença de lineamentos geológicos, as rochas tendem a permitir uma maior percolação da água gravimétrica acentuando a pedogênese e o abaulamento da superfície por dissolução e/ou presença de processos erosivos. Assim os canais fluviais tendem a se organizar nestes lineamentos geológicos e os solos adjacentes apresentam indicativos de melhores condições de drenagem, com cores caracteristicamente avermelhadas em função da presença maior de óxido de ferro, o que é bem representativo em boa parte das fazendas, dado a coloração do solo. Foi possível visualizar o posicionamento da rede de drenagem e a identificação destes lineamentos nas áreas de plantio e em suas proximidades (Figura 02).

O substrato rochoso relacionado a configuração dos aquíferos ditam a percolação da água, o que está conectado de modo direto com a incidência de fraturas. Na área ocorrem dois tipos de aquíferos: (i) fraturado e (ii) poroso. O primeiro está relacionado as rochas da Formação Serra Geral e é substrato das fazendas Itaporã e Itacuru, causando pouca circulação de água por ser constituído por litotipos maciços e de granulação fina o que dificulta a percolação da água, apesar da presença de fraturas. Já para as demais fazendas o sistema aquífero se configura como poroso, ou seja, além destas fazendas estarem próximas ao maior número de lineamentos geológicos os litotipos presentes facilitam a circulação da água, visto que essas rochas são

constituídas de grãos com poros (espaços vazios) interconectados.

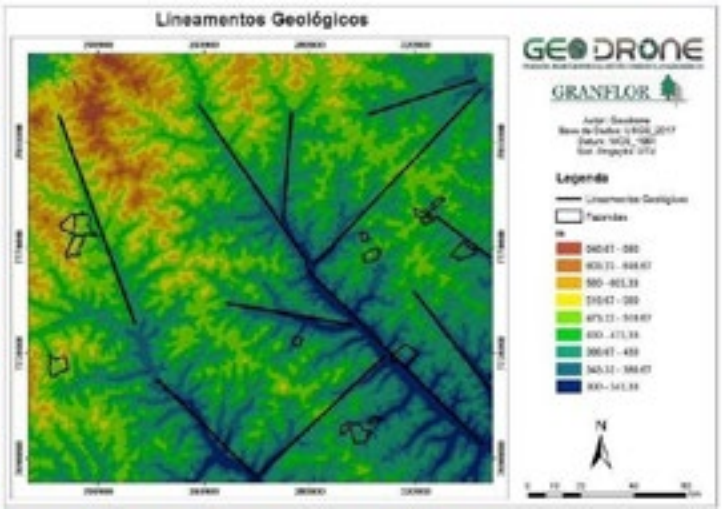


Figura 02: Lineamentos Geológicos

3.1 ANÁLISE GEOLÓGICA

Na caracterização geológica foram descritos afloramentos que compõem a Formação Serra Geral (Grupo São Bento) e as Formações Rio Paraná e Santo Anastácio, pertencentes ao Grupo Caiuá. A Formação Serra Geral encontra-se como substrato parcial das fazendas Itaporã, Itacuru e Europa (Figura 03), é representada essencialmente por basaltos (Figura 03A) de coloração fresca escura, textura fina, afanítica, equigranular, maciço, muito fraturado, com disjunção esferoidal e composição mineralógica de plagioclásio, piroxênio, hornblenda e óxido de manganês (Figura 03B).O intemperismo dessas rochas geram solos ricos em base, visto que ela é pobre em sílica e a hidratação da maioria dos seus minerais, resultam em argilas. A Formação Rio Paraná no contexto do Grupo Caiuá, Bacia Bauru, encontra-se como substrato parcial das fazendas Itaporã, Itacuru, Europa, Lírio do Vale, Conquista, União e Nossa Senhora Aparecida e total das fazendas Buriti e Pontal do Barreirinho, representada por arenitos conglomeráticos (fácies 1) e arenitos quartzosos (fácies 2).

Os arenitos conglomeráticos são de coloração avermelhada a arroxeada com pontos esbranquiçados, de granulação argila a calhau, de matriz siltico argilosa, matriz suportado e com nódulo, clastos de esmectita e calcários, grãos angulosos, não esféricos e mal selecionados. Apresenta a estrutura maciça e é representado por uma fina camada de espessura decimétrica (Figura 04A). Este foi depositado em um fluxo de detritos originado durante a subsidência e formação da Bacia Bauru.

Os arenitos quartzosos (Figura 04B) são de coloração avermelhada com pontos esbranquiçados, de granulação de areia fina à média, matriz argilosa, grãos esféricos, subarredondados a arredondados e subesféricos à esféricos, bem a moderadamente

selecionados, de mineralogia de quartzo, caulinita e óxido de ferro. Essas rochas apresentam laminações cruzadas e plano-paralelas que foram formadas pelos processos de queda de grãos (areia fina) e fluxo de grãos (areia média), reconstituindo, depósitos de dunas e interdunas de ambiente eólico (desértico). Relacionado aos litotipos da fácies 1 e 2 ocorrem Latossolos Vermelhos e Neossolos Litólicos esbranquiçados.

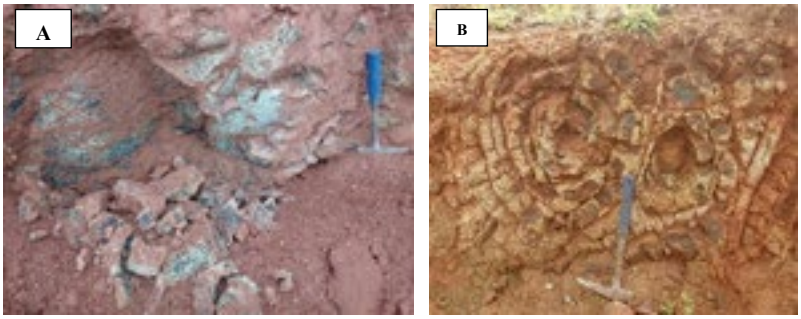


Figura 03: Na figura A, nota-se um afloramento em corte de estrada na fazenda Itaporã, com presença de Basaltos alterados. Em B, afloramento de Basaltos com disjunção esferoidal e muito fraturado.

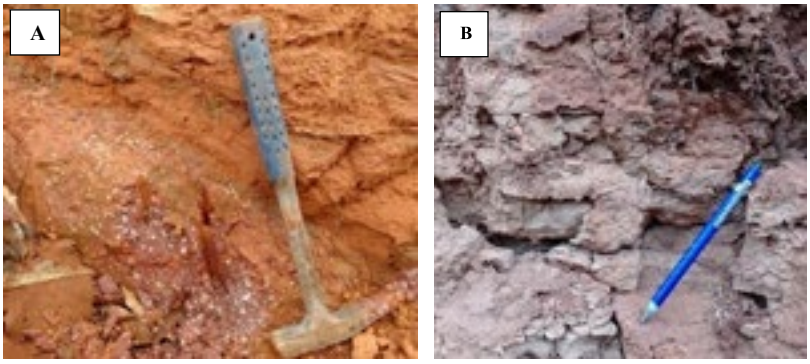


Figura 04: A- Afloramento em vale fluvial de arenitos conglomeráticos maciços com nódulos de calcários e esmectita. B- Afloramento em vale fluvial de arenito quartzoso com laminações plano paralelas.

A Formação Santo Anastácio encontra-se como substrato parcial das fazendas Lírio do Vale, Conquista, União, Nossa Senhora Aparecida e total das fazendas Guarani, Santo Antônio do Monte Alegre, Morumbi, Ciberlândia, Santa Maria e Barra do Buriti. É representada por arenitos e lamitos.

Os arenitos são caracterizados por sua coloração avermelhada e rósea com pontos esbranquiçados, mal a moderadamente selecionados, com granulação de areia muito fina a fina, grãos arredondados a subangulosos, subesféricos a esféricos e composição de quartzo, caulinita, calcita, óxido de ferro e manganês. Além de se apresentar fracamente laminada a laminada (Figura 05A) e com dobras convolutas, relacionando-se a um antigo depósito de lençol de areia e *playas* (lagoas efêmeras de desertos). Os lamitos de coloração avermelhada e arroxeada com pontos esbranquiçados, moderadamente à mal selecionados, com granulação de argila à areia muito fina, com matriz argilosa, grãos subangulosos a subarredondados e subesféricos e de

composição de quartzo, óxido de ferro e caulinita, ora com laminações plano-paralelas e ora maciço (Figura 05B), relacionado a um ambiente desértico, com depósitos de lençol de areia e *playas* devido a umidade, impossibilitando a formação de dunas. Juntamente a ambos os litotipos descritos ocorrem Latossolos Vermelhos.

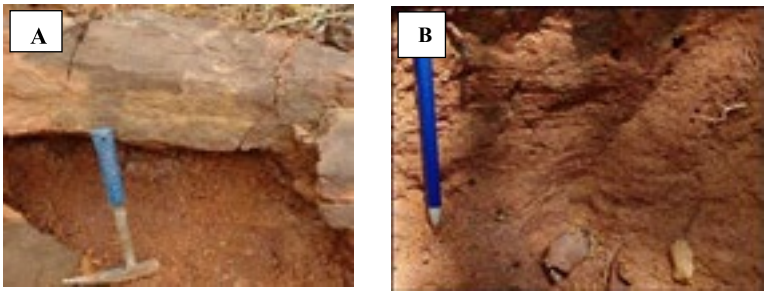


Figura 05 - Em A afloramento em vale fluvial de arenitos laminados a fracamente laminados. Em B afloramento em vale fluvial com lamito e laminações plano paralelas.

3.2 ANÁLISE PEDOLÓGICA

Diante da descrição pedológica o primeiro ponto a se discutir é a maturidade dos solos da região, visto que a rocha-mãe dos litotipos são fáceis de serem intemperizadas. Os solos em alguns pontos têm espessura superior a 20 metros. Todos os pontos onde os solos foram coletados e analisados, não foram identificadas ocorrências de calhaus ou matacões, sendo homogêneos e com perfis espessos, diferenciando-se apenas pela coloração de uma fazenda para outra (Figura 06 e Figura 07). Na figura 06A nota-se a homogeneidade do perfil de solo com presença de Latossolos Vermelho Amarelo e presença de raízes de fina espessura, porém bem distribuída ao longo do perfil, é um solo com maior grau de dureza e teor de argila, com grãos sub arredondados a sub angular, de estrutura granular média a grande, variando próximo a superfície de não coeso á moderadamente coeso para as maiores profundidades, com presença considerável de óxido de ferro. Na figura 06B tem-se a demonstração do perfil de solo mais rico em teores de matéria orgânica e melhor drenado, no entanto, bem homogêneo, com grãos arredondados a subarredondados, não coeso, sem estrutura, classificado como solo Bruno Avermelhado Escuro (Marrom).

Na figura 07A nota-se a presença de Latossolos vermelho, bem desenvolvido e com melhor capacidade de drenagem, raízes espessas nas primeiras camadas, classificado como Bruno vermelho escuro, de grãos subangulares a subarredondados e subesféricos, com estrutura granular muito pequena variando á muito grande, menor teor de óxido de ferro, menos drenado e com presença de pequenos mosqueamentos. Na figura 07B, tem-se Latossolos vermelho granular, com presença homogênea de capim no horizonte O, o que vem a favorecer as condições pedológicas, mantendo principalmente a umidade do solo e amenizando o efeito

splash. Possui ainda elevado teor de matéria orgânica, é moderadamente duro e com boa capacidade de infiltração e retenção de água, coeso, com grãos arredondados a subarredondados e sub esféricos, sem estrutura definidas.

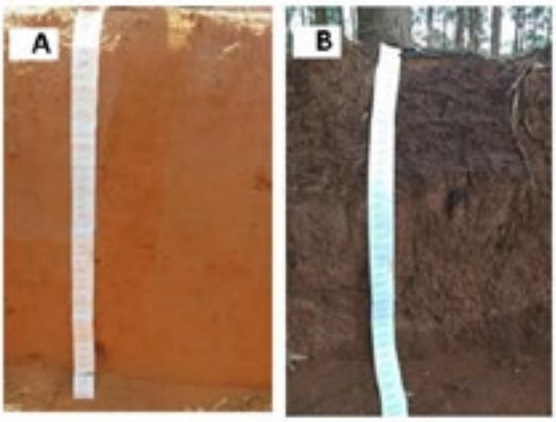


Figura 06: Perfis de solo em diferentes áreas. A-Latossolo Vermelho Amarelo da faz. Lírio do Vale e intemperismo da Fm. Santo Anastácio. B – Latossolo Vermelho da faz.Barra do Buriti e intemperismo da Fm. Santo Anastácio.

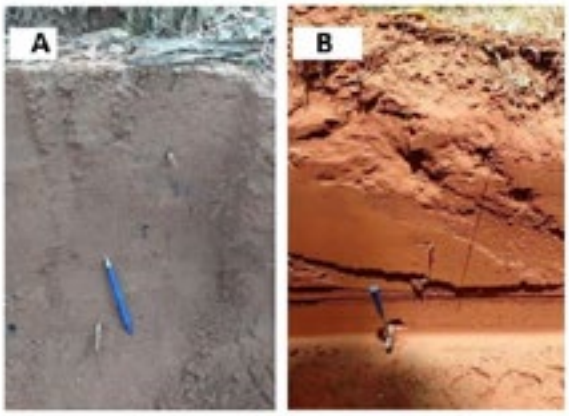


Figura 07: Perfis de solo em diferentes áreas. A-Latossolo Bruno Vermelho Escuro da faz. Nossa Sr. Aparecida, fruto do intemperismo da Fm. Santo Anastácio. B-Latossolo Vermelho da faz. Guarani fruto do intemperismo da Fm. Santo Anastácio.

Diante da análise físico-química destaca-se as fazendas Itaporã e Itacuru que apresentam menores quantitativos de areia e maiores teores de argila, silte e matéria orgânica, com um pH trocável considerável, variando de 13 a 32 mmolc/dm³, maior CTC (Capacidade de Troca Catiônica) em função de todas as outras fazendas analisadas e ainda alto teor de Magnésio (Mg). A faz. União possui solos com menor acidez com valores de 0,0 mmolc/dm³ no que versa a acidez trocável e 9,0 mmolc/dm³ de acidez total e trocável, já a fazenda Buriti, possui os solos mais ácidos desta análise, com valores que chegam a 20 mmolc/dm³, em ambas as profundidades, tem-se elevado teor de Ferro (Fe) para ambas, o que torna maior a fixação de nitrogênio na planta, no caso da faz. União, provavelmente este valor está condicionado ao lineamento geológico que perpassa a fazenda. Todas as fazendas exceto a Itaporã, apresentaram baixo teor de Zinco (Zn), influenciando de forma negativa no crescimento da planta. Quanto ao Manganês (Mn) todas as fazendas apresentaram valores acima do ideal, exceto a fazenda Buriti, com valores considerados baixos, podendo deixar as plantas mais expostas a possíveis doenças, no entanto a mesma possui valores considerados altos de Cobre (Cu), o que tende a aumentar a resistência a doenças e auxiliar no processo de fotossíntese. Todas as fazendas apontaram deficiência de Potássio (K), obtendo os maiores valores nas fazendas Itaporã e União. Quanto ao Fósforo (P) todas as fazendas estão com valores classificados de médio a alto, fornecendo desta forma maior energia às florestas e acelerando a formação de raízes sendo que, entre todas as analisadas a fazenda

Guarani se destaca na quantidade desse elemento químico.

3.2 ANÁLISE CLIMÁTICA

Diante das análises espaços temporais foi possível a identificação de áreas com maior permanência de água no solo. É notável que os anos de El Niño se tornam mais favoráveis ao plantio de florestas, pois apresentam maiores índices pluviométricos, melhores distribuição de precipitação ao longo do ano, insolação e temperaturas. Quanto a análise de retorno e permanência de água no solo, as fazendas Santo Antônio do Monte Alegre, União e Guarani, foram as que melhor apresentaram respostas ao indicie tanto em anos com incidência de El Niño, que influência positivamente na região, quanto em anos de La Niña, com menores influências positivas, visto que, tem-se volumes de chuvas menos distribuídos, maior insolação e temperaturas, essas áreas que possuem melhores respostas têm comportamentos satisfatórios durante os meses com menores volumes pluviométricos, o que convém afirmar que são áreas com menor incidência de "seca" e maior permanência de água no solo em ambas as estações.

Desta forma as áreas com maior permanência de água serão aquelas que por meio da resposta de clorofila nas folhas das plantas obtiveram durante a análise de distribuição de chuvas, temperaturas e incidência solar, melhores respostas ao longo dos anos analisados, tendo por consequência maior capacidade de absorção de água nestas áreas, vez que tanto na incidência de El Niño ou La Niña, possuem pontos em que a variável principal analisada ocorre com frequência em ambas as situações, diminuindo desta forma o tempo de permanência de *stress* hídrico nestas regiões, tornando-as áreas propícias para o plantio de florestas.

4 CONSIDERAÇÕES E DISCUSSÕES FINAIS

Diante da junção e análise de todos os dados já citados neste estudo foi possível a delimitação das melhores áreas para plantio de florestas, bem como as áreas que possuem restrições. Geologicamente as fazendas Itaporã Itacuru e Europa possuem as melhores condições para plantio de florestas, exatamente nesta ordem em que são descritas, estas fazendas estão inseridas em um contexto geohidrológico menos favorável que os das demais fazendas, onde a percolação da água tende a ser mais demorada, dado os litotipos presentes, a baixa incidência de lineamentos geológicos e ao tipo de aquífero ali presente, fraturado, no entanto estão ainda inseridas, mesmo que parcialmente, sob a Formação Serra Geral, a mais vantajosa, pois tratam-se de rochas ígneas cujo processo intempérico gera solos ricos em base, já que é pobre em sílica e a hidratação da maioria dos seus minerais, resultam em argilas, ocasionando uma maior capacidade de troca catiônica e uma boa capacidade de retenção de

água, importante durante épocas de *stress* hídrico.

Por seguinte tem-se a Formação Santo Anastácio como substrato parcial das fazendas Lírio do Vale, Conquista, União, Nossa Senhora Aparecida e total das fazendas Guarani, Santo Antônio do Monte Alegre, Morumbi, Ciberlândia, Santa Maria e Barra do Buriti, essa formação, apresenta litotipos com interessantes porcentagens de argilas, além do mineral calcita na sua composição o que faz com o que os solos gerados a partir dessas rochas sejam menos ácidos e mais propícios para o desenvolvimento das florestas. Essas fazendas se encontram em áreas com maiores incidências de lineamentos geológicos que as da Formação Serra Geral, com características hidrológicas porosas, o que tende a facilitar a circulação da água gravimétrica por entre os espaços porosos inconsolidados, ocorrendo de forma distinta e favorável na fazenda União por estar localizada exatamente sob um dos lineamentos identificados.

Com menor aptidão geológica para o desenvolvimento de Eucalipto tem-se Formação Rio Paraná como substrato parcial das fazendas Itaporã, Itacuru, Europa, Lírio do Vale, Conquista, União e Nossa Senhora Aparecida e total das fazendas Buriti e Pontal do Barreirinho, pelas condições já abordadas das fazendas que estão parcialmente sob a Formação Rio Paraná, destaca-se neste ponto as que estão por total inseridas nesta formação, Buriti e Pontal do Barreirinho, se caracterizando como áreas mais friáveis, mais vulnerável a processos erosivos. Essa formação apresenta rochas com teor de argila considerável e com calcita na composição, porém, tem espessura pequena, o que não a torna atrativa, além de que a argila presente é a caulinita, argila 1:1, que não favorece a capacidade de troca catiônica. O principal litotipo são arenitos pobres em argila e constituído principalmente por quartzo, o que gera solos geralmente de coloração esbranquiçada, pobres em argila e com alto teor de Alumínio, sendo prejudicial para a instalação e desenvolvimento das florestas estando nas mesmas condições hidrológicas da Formação Santo Anastácio, porosa, com destaque para a fazenda Burti, desfavorecida em função da ausência e ou distância dos lineamentos geológicos, dificultando ainda mais a percolação da água e obtendo maiores indicies de lixiviação.

Na análise físico química fica em destaque como melhores áreas, aquelas com menores quantidades de areia, maiores teores de Matéria Orgânica, solos com menor acidez, melhor CTC, caso das fazendas Itaporã, Itacuru, Europa, União, seguida das demais, exceto a fazenda Buriti que apresentou menor CTC, maior acidez e maior porcentagem de areia. Na análise de clorofila, as fazendas Santo Antônio do Monte Alegre, União e Guarani, foram as que melhor apresentaram respostas. Foi identificado que nas condições das áreas analisadas, a incidência do fenômeno El Niño influência positivamente com as melhores distribuições pluviométricas e maiores valores de insolação e temperatura. Assim fica explicito na figura 08, em três grandes

grupos, as melhores áreas para plantio, bem como as áreas que diante de suas características naturais possuem restrições e aquelas classificadas como áreas intermediárias, onde possuem boas condições, no entanto não se sobressaem as condições naturais das melhores áreas. A identificação destas áreas consideradas melhores para ao plantio de florestas foi baseada nas considerações e junção dos dados já debatidos.

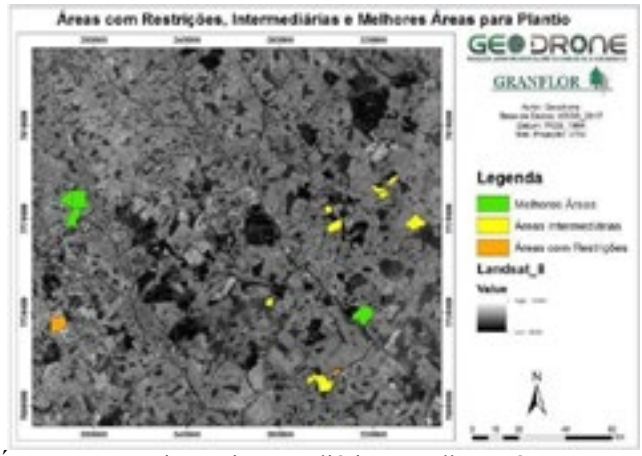


Figura 08: Áreas com restrições, intermediárias e melhores áreas para plantio

Deste modo diante de todas as análises físicas e geoespaciais realizadas, propõe-se um total de 31,184 hectares, como área que por meio de suas características naturais condicionam um melhor plantio e desenvolvimento de florestas e 4,268 hectares com restrições naturais. Fato este que torna a metodologia deste trabalho eficaz e assertiva no sentido de amenizar os impactos ambientais, respeitando áreas que naturalmente possuem maior fragilidade ambiental e favorecendo o desenvolvimento das plantações que ali já existem, diminuindo custos e evitando maiores danos ambientais.

REFERÊNCIAS

ANTUNES. R. L. S. **ANÁLISE INTEGRADA DA PAISAGEM COM APLICAÇÃO DE SENSOREMANETO REMOTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BOTUCARAÍ - RIO GRANDE DO SUL.** Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo (Programa de Pós-Graduação em Geografia Física). São Paulo, 2017.

BARCELOS J.H. & SUGUIO K. **Correlação e extensão das unidades litoestratigráficas do Grupo Bauru definida em território paulista, nos estados de Minas Gerais, Goiás. Mato Grosso do Sul e Paraná**. In: SBG/Núcleo SP, Simpósio Regional de Geologia, Rio Claro, 1987.

CONCEIÇÃO, R. A. C.; SILVA, A. Q**. Extração automática de lineamentos utilizando imagens SRTM, Landsat ETM+ e ALOS PALSAR na região de Nobres, MT.** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

FERNANDES L. A. & COIMBRA A.M. O **Grupo Caiuá (Ks): Revisão estratigráfica e contexto deposicional**. Rev. Brás. Geociências, 24(3): 164-176. 1994.

LIMA L. G. L. M. ROCHA, W. J. S. F. **Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens de satélite para identificação de unidades litológicas no Município de Morro do Chapéu-Bahia.** Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, 25 a 30 de abril de 2009, INPE. p. 3261-3268.

MARINS, J. A. L.; MASSOQUIM, N. G.**A INFLUÊNCIA DO FENÔMENO EL NIÑO NA PRODUÇÃO DA SOJA NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO**. XVII Simpósio Brasilieiro de Geografia Física Aplicada - I Congresso Nacional de Geografia Física. Instituto de Geociências - Unicampi. Campinas São Paulo, 28 de junho a 02 de julho 2017. DOI - 10.20396/sbgfa. V 1i2017.2424 - ISBN 978-85-85369-16-3. p 2567 - 2571.

MANZANO, J.C. **Evolução do Terreno Rio Apa e sua relação com a Faixa de Dobramentos Paraguai**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista Instituto de Geociências e Ciências Exatas Campus de Rio Claro, Rio Claro – SP, 2013. P.150.

MEIXNER, J. **Comparison of different digital elevation models and satellite imagery forlineament analysis: Implications for identification and spatial arrangement of fault zones in crystalline basement rocks of the southern Black Forest (Germany**). Elsevier – Journal of Structural Geology. 2018. 108. p. 256–268.

MENDES, L. S. PEREIRA, R. N.; MAGLHÃES. L. M. S. **Fisionomia da vegetação e a valoração cênica de paisagens em turma de graduação da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ**. II Encontro Fluminense - Uso público em unidades de conservação. Niterói, 2015. p. 123- 131.

ROSS, J.L.S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia, 1994**.** n. 8, p. 63-73.

SANTOS et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solo em Campo**. SBCS. 6ª ed. Viçosa, 2013. SILVA

P. D. **Influência dos fenômenos El Niño e La Niña na evapotranspiração da cultura da *Musa spp.*** XXX CBA - Congresso Brasileiro de Agronômia. Ceará. 12 a 15 de setembro de 2017.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE SÃO MARTINHO DA SERRA - RS

Antonio Von Ende Dotto [(a)], Luís Eduardo de Souza Robaina [(b)]

[(a)] Geografia/Bolsista PROBIC/ Universidade Federal de Santa Maria, dottovon@gmail.com

[(b)] Depto de Geociências/ Universidade Federal de Santa Maria, lesrobaina@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Aplicada a Estudos Ambientais

Resumo

As análises geomorfométricas proporcionam a compreensão de fenômenos ambientais predicativos ao meio em que vivemos. Locais em que há grande variação de relevo, como São Martinho da Serra, tornam-se relevantes para a avaliação a partir de mapeamento de sistemas físico-geográficos. Nesse sentido, este estudo se propõe a apresentar as características geomorfométricas de São Martinho da Serra com a utilização de sistemas de informação geográfica para a gestão e planejamentos de áreas ambientais.

Palavras chave: análises geomorfométricas; relevo; fênomenos ambientais.

1. Introdução

Dentro da ciência geográfica, destaca-se a importância do estudo do relevo que, segundo Casseti (1991), sempre teve uma forte relação com as ações humanas pelo cotidiano, seja na sua locomoção, construção civil, cultivos, dentre outros domínios. Isso indica que a apropriação da superfície terrestre pelas ações antrópicas, devido a

urbanização ou expansão de atividades econômicas, também influencia no relevo. A realização desse trabalho segue a proposta de Scotti *et al.* (2013) com o trabalho de compartimentação do relevo no município de Manoel Viana – RS.

Portanto, o presente trabalho tem como finalidade contribuir com informações que permitam compreender a geomorfologia do município de São Martinho da Serra, localizado na região central do estado do Rio Grande do Sul (como na figura 01), entre as seguintes coordenadas geográficas: Latitudes 29.34° a 29.61° S; Longitudes 54.10° a 53.68° O.

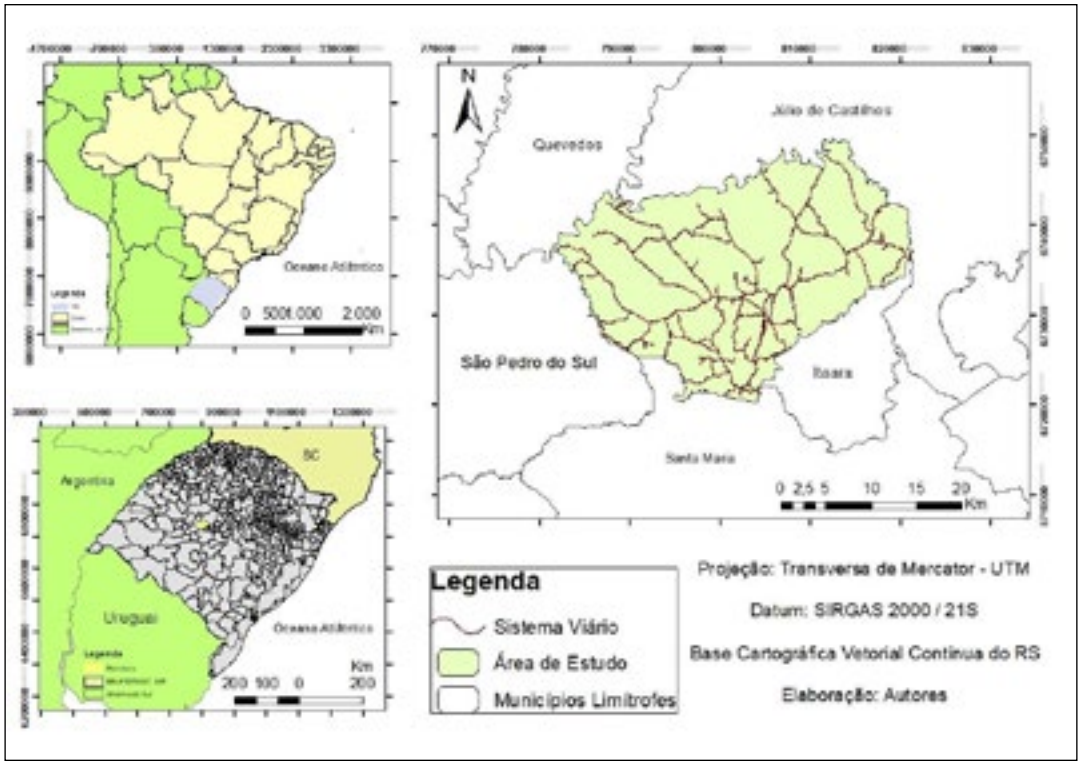


Figura 01 – Mapa de localização do município de São Martinho da Serra.

2.Metodologia

A parte inicial do trabalho definiu o referencial teórico e metodológico através de pesquisa bibliográfica, além de levantamentos sobre compartimentos de relevo e a importância dos estudos sobre o mesmo.

Para o mapeamento do relevo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação, obtido através de imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 90 metros, as imagens foram adquiridas pelo *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos. A análise da hipsometria foi realizada a partir do histograma. Foram estabelecidas 5 classes: < 150m; 150 – 250 m; 250 – 350 m; 350 – 450 m; > 450 m. Tais classes foram postas de 100 em 100 metros para melhor classificação do relevo, visto sua amplitude altimétrica. As declividades foram adaptadas do IPT, 1981 (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) com limites: < 2%, 2-5%, 5-15% e >15%.

Para a elaboração de mapas temáticos e análise de dados georreferenciados, foi empregado o *software* de Sistema de Informação Geográfica QGis 2.18.24.

3.Discussão dos Resultados

O município de São Martinho da Serra apresenta a menor e maior cota altimétrica, respectivamente, 127 e 528 metros, isso resulta em uma amplitude altimétrica de 401 metros.

As altitudes predominantes encontram-se entre o intervalo de 350 a 450 m que correspondendo quase metade do território do município, 49,69%. As maiores altitudes

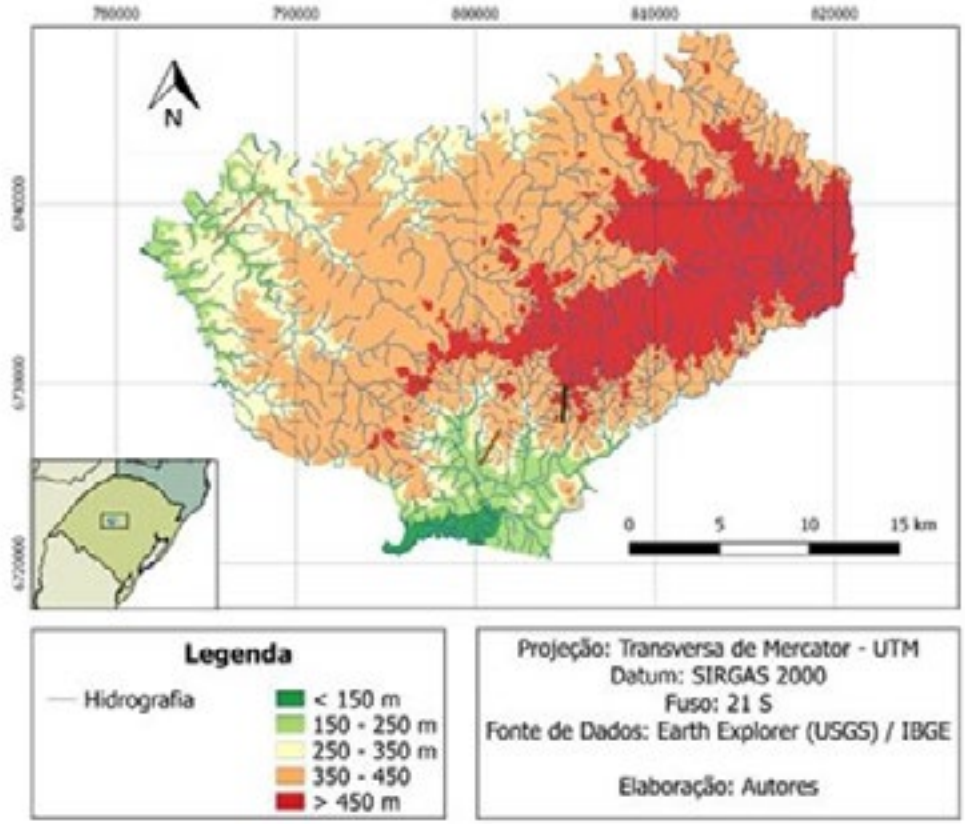


Figura 02: Mapa apresentando a hipsometria do relevo do município de São Martinho da Serra.

ocorrem na região Centro e Nordeste do município que delimitam bacias hidrográficas que drenam o município.

A análise das declividades do município permite caracterizá-lo em seu conjunto como uma área ondulada, pois o intervalo de declividade predominante é entre 5 a 15% com 46,65% de predominância no território, assim, correspondendo quase metade do território, sendo representado na figura 03. As inclinações entre 2 a 5% ocupam 28,51% do território, caracterizadas por serem suavemente onduladas. As declividades superiores a 15% representam as áreas de maior inclinação, encontra-se 14,90% do território, marcando uma importante ruptura do relevo.

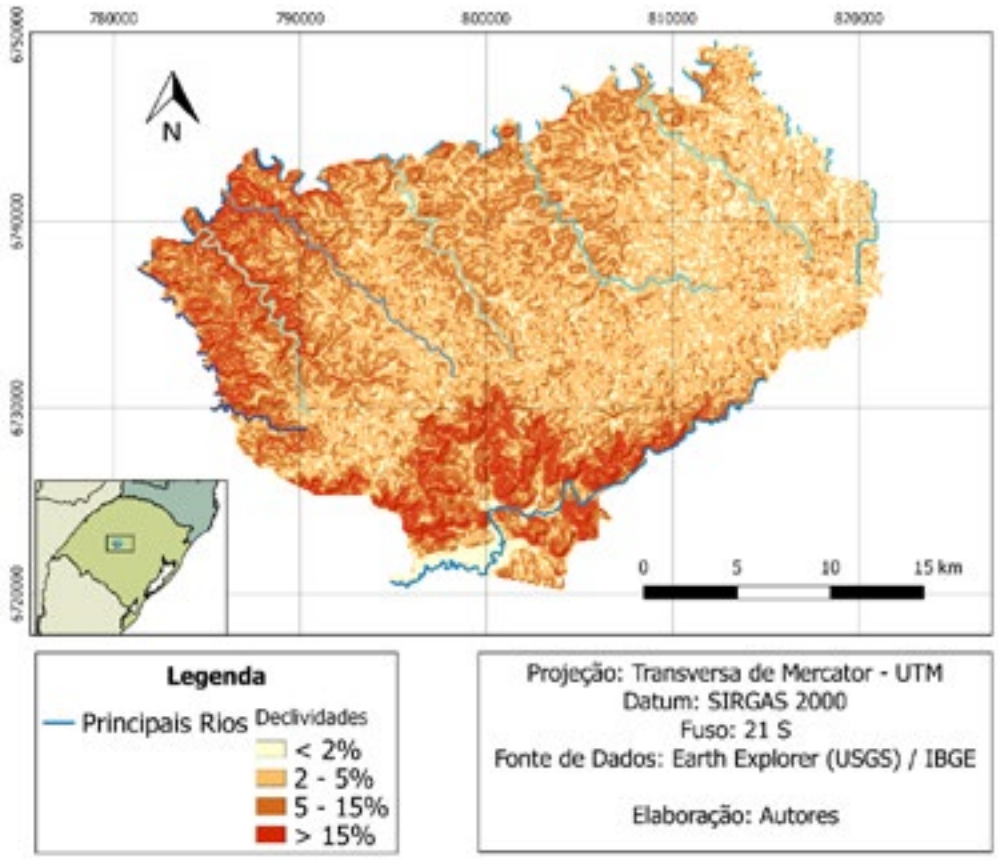


Figura 03: Mapa apresentando a declividade das encostas do município de São Martinho da Serra.

O intervalo de declividade menor de 2% compõe 9,94% da área do município, que se distribui em sua maioria nos relevos de planícies, onde ocorrem os processos de acumulação.

4.Considerações finais

Os estudos de relevo representam importantes fatores condicionantes aos processos de dinâmica superficiais, permitindo, deste modo, levantamento fundamentais na definição de atividades de planejamentos. Dessa forma, o presente trabalho apresenta informações básicas sobre a geomorfometria do município de São Martinho da Serra capaz de atender estudos ambientais sobre o relevo, realizar planejamento e gestão territorial com base na consciência de decisões sustentáveis.

Agradecimentos

Agradecemos a FAPERGS - Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul pelo apoio financeiro e aos professores e colegas do Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria pelo constante apoio e aprendizado com os mesmos.

Referências Bibliográficas

CASSETI, V. Ambiente e Apropriação do Relevo. São Paulo: Contexto, 1991. 147 p.

IPT. Mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. Escala 1:500.000. (IPT - publicações, 1183) 1981.

SCCOTI, A. A. V.; ROBAINA, L. E.; TRENTIN, R. Compartimentação do relevo no município de Manoel Viana – RS (UFSM), v. 35, p. 64 – 70, jul. 2013.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARACTERIZAÇÃO LIMNOLÓGICA DOS BAIXOS CURSOS D' ÁGUAS DO BOLÍVIA E TARUMÃ-AÇU, MANAUS/AM

Angélica Rodrigues Rocha [(a)], Beatriz Diogo Pessoa[(a)]; Liange de Sousa Rodrigues [(a)]; Flávio Wachholz [(b)]; Alba Tatiana de Sousa Gonçalves [(a)]; Hebe Souza de Oliveira[(a)]; Janderson Pena Teixeira[(a)]; Jucineudo Matos de Souza[(a)]; Ruben Abitol Neto[(a)]; Wallace de Sousa Santos [(a)]

[(a)] Mestrandos em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, angelica.rocha@outlook.com, beatrizdiogopessoa@hotmail.com, li_rodriguess212@hotmail.com, albatati@gmail.com, hebesol1@gmail.com, japt.geo@uea.edu.br, jucineudo@hotmail.com,
ruben.neto@gmail.com, wallaces.santos@hotmail.com;
[(b)] Professor Adjunto, Universidade do Estado do Amazonas - UEA, fwachholz@uea.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente artigo tem como objetivo caracterizar e espacializar as variáveis limnológicas dos baixos cursos do *igarapé* da Bolívia e do rio Tarumã-Açu. A área de estudo está localizada na margem esquerda do rio Negro, zona Oeste da cidade de Manaus, Amazonas. A coleta de dados ocorreu através de visita em campo, no dia 10 de Novembro de 2018, onde foi possível analisar características das margens e quantificar algumas variáveis limnológicas: *Turbidez*, *transparência*, *condutividade elétrica*, *sólidos dissolvidos totais*, *potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido* e *temperatura*. Verificou-se maior impacto antrópico na região do trecho da foz do *Igarapé* da Bolívia, onde se registrou altos valores de *condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, turbidez, pH* e *temperatura*, e baixos valores de *transparência* e *oxigênio dissolvido.* Estas alterações sugerem forte degradação ambiental, que vem ocorrendo em alguns trechos da bacia do *Igarapé* da Bolívia, provenientes de atividades antrópicas desenvolvidas à sua montante.

Palavras chave: Geotecnologia; Recursos Hídricos; Amazônia.

1. Introdução

O crescimento populacional descontrolado tem sido um dos principais fatores de contribuição para a degradação dos recursos hídricos no Brasil. A ausência de um planejamento eficiente dos centros urbanos acarreta em prejuízos à sociedade e gera conflitos

aos usos múltiplos da água, dentre eles, o uso para irrigação, saneamento básico, indústria, recreação e balneabilidade, criando um ambiente com condições ambientais inadequado (TUCCI, 1997).

A cidade de Manaus, assim como outras cidades nacionais, enfrenta dificuldades quanto a problemática de poluição hídrica, principalmente em seus córregos urbanos, localmente denominados de *igarapés*, onde o impacto das atividades antrópicas são mais evidentes. A rede hidrográfica do munícipio é composta por nove bacias, das quais, a bacia do rio Tarumã-Açu, junto com seu tributário, *igarapé* da Bolívia, contribuem para a drenagem da bacia do rio Negro e da bacia do rio Amazonas, a maior bacia de drenagem do mundo.

A bacia do rio Tarumã-Açu localiza-se na margem esquerda do rio Negro, a montante da cidade de Manaus, formada por uma malha de corpos d'água de diferentes magnitudes, cujas nascentes estão em uma área de expansão urbana importante. O canal principal é o rio Tarumã-Açu, composto por 13 tributários, dentre eles, o *igarapé* da Bolívia (MELO, 2017).

As águas pretas, encontradas na maioria dos afluentes do rio Negro, como o rio Tarumã-açu e o *igarapé* da Bolívia, apresentam como o próprio nome indica, coloração escura. A química destas águas é considerada uniforme, em sua maioria de aspecto ácido, devido a presença de grandes quantidades de substâncias orgânicas dissolvidas, provenientes do escoamento de solos arenosos cobertos por vegetação, conhecida como campinarana ou caatingas amazônicas (ZEIDEMANN, 2001).

A ocupação do solo na bacia do rio Tarumã-Açu é composta, em sua maior parte, por empreendimentos, residências, assentamentos do INCRA, hotéis de selva, marinas, ocupações desordenadas, clubes de lazer e comércios fluviais (flutuantes). Além disso, apresenta processos erosivos intensos e assoreamento do leito dos rios, resultantes de atividades de extração mineral clandestinas (MELO, 2017).

Em relação aos impactos provocados por alterações antrópicas, os estudos de variáveis limnológicas possibilitam a elaboração de modelos capazes de analisar fatores sistêmicos importantes para a gestão de bacias hidrográficas, de modo integrado aos usos múltiplos e a

influência sobre o meio ambiente. Desta forma, os modelos passam a inter-relacionar-se, facilitando a análise de diferentes variáveis (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Os parâmetros limnológicos, segundo Miguel et al (2014), estão interligados e quando uma variável se altera, todas as demais estão sujeitas à alteração. Sendo assim, a caracterização limnológica associada à geotecnologias possibilita melhor entendimento destas interações e a elaboração de diagnósticos qualitativos do corpo d'água mais detalhados, contribuindo para melhores tomadas de decisões ao se gerir os recursos hídricos.

Mediante a problemática levantada, este artigo tem como objetivo caracterizar e espacializar parâmetros limnológicos dos baixos cursos do *igarapé* da Bolívia e do rio Tarumã-Açu, zona Oeste da cidade de Manaus, Amazonas.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Tarumã-açu localiza-se nas zonas Norte e Oeste da cidade de Manaus, com parte de seu território em zona rural. A área desta bacia é de 1.388,94 km², segundo Maia et al. (2019), correspondendo a 12,18% do território municipal. O seu principal curso d'água é o rio Tarumã-Açu, que é um tributário da margem esquerda do rio Negro. A estimativa da população dentro do perímetro urbano, de acordo com Costa (2011) é de 496.185 habitantes.

A microbacia do *igarapé* da Bolívia possui área de 182,81 km², sua nascente encontra-se protegida na Reserva Florestal Adolpho Ducke se estendendo pelos bairros Nova Cidade, Santa Etelvina e Tarumã, sua foz deságua no baixo curso do rio Tarumã-Açu. A nascente do *igarapé* da Bolívia possui características naturais, típicas de mata primária de terra firme da Amazônia Central, com dois ambientes definidos: *natural*, no interior da reserva e *alterado*, o qual se descaracteriza totalmente das condições naturais (NASCIMENTO, SILVA, 2010).

O estudo foi organizado em 4 trechos distintos: *Igarapé* da Bolívia, rio Tarumã-açu e dois de seus afluentes, classificados neste trabalho como afluente 1 e afluente 2 (Figura 01).

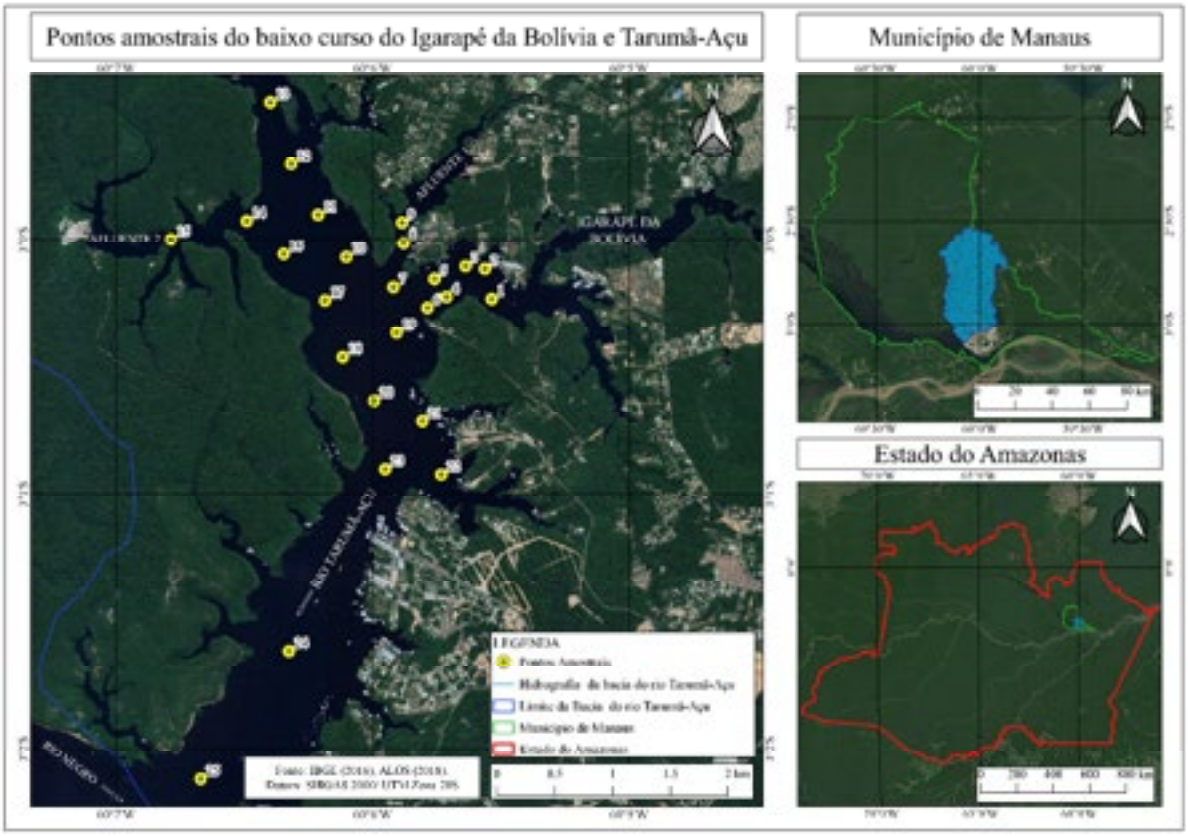


Figura 01 - Mapa de Localização.
Fonte: Os autores, 2019.

2.2. Definição dos pontos amostrais

A etapa de definições dos pontos amostrais consistiu em aquisições de imagens de satélites *PlanetScope*, do dia 30 de outubro de 2018, em projeção UTM 20S/Datum:WGS-84 e processadas para *SIRGAS 2000*, no programa de sistema de informação geográfico *QGIS – versão 3.2.*2, a fim de delimitar, através de variações espectrais de imagem (cor verdadeira), possíveis pontos de coleta na área de estudo.

2.3. Coleta de dados

A coleta de dados em campo foi realizada com auxílio de GPS portátil *(GPSmap 62s - Garmin),* no dia 10 de novembro de 2018, de 9:03 às 10:25h, no período de vazante, com medições *in loco* de 25 pontos amostrais, apresentado na figura 01. Os pontos de 1 a 6

correspondem as coletas no *igarapé* da Bolívia; os 8 e 9 no afluente 1, os 14 e 15 no afluente 2 do rio Tarumã-açu; e 7, 10 a 13 e 16 a 25 no rio Tarumã-açu.

Os parâmetros coletados neste estudo foram a *Turbidez (NTU)*, a *transparência (SD)*, a *condutividade elétrica (CE)*, os *sólidos dissolvidos totais (TDS)*, o *potencial hidrogeniônico (pH)*, o *oxigênio dissolvido (OD)* e a *temperatura*. Os equipamentos utilizados foram o turbidímetro digital portátil Instrutherm (TD-300), para aferição da turbidez (resolução 0,01 e precisão de ±0,5 NTU); o medidor multiparâmetro portátil Hanna instruments (HI98184), para as variáveis *CE* (Resolução 0,1 e precisão de ±1% de leitura), *pH* (Resolução 0,01 e precisão ±0,01), *OD* (Resolução 0,01 e precisão de ±1,5% de leitura), *TDS* (Resolução 1ppm e precisão de 1% de leitura) e *temperatura* (Resolução 0,1 ºC e precisão de 0,5ºC); e o disco de Secchi de 30 cm de diâmetro (quadrantes preto e branco), para *SD*.

Registros fotográficos e informações descritivas foram coletadas em uma ficha técnica para cada ponto, com dados de cobertura vegetal, uso e ocupação do solo das margens próximas ao ponto de coleta, mata ciliar e condições do tempo.

2.4. Tabulação dos dados

Os dados foram organizados em planilha e tabulados no programa Microsoft Office Excel, com base na estatística descritiva mínima e máxima para descrever e sumarizá-los. Os gráficos BoxPlot foram gerados através do modelo de Peixoto (2010) e os mapas elaborados por meio do programa *QGis versão 3.2.2*, que realiza a técnica de interpolação do tipo *Ponderação do Inverso da Distância (IDW)*, gerando uma grade raster.

Os métodos de interpolação são ferramentas utilizadas na geração de superfícies distribuídas de uma determinada variável a partir de dados pontuais. Eles contribuem para a compreensão espacial de atributos, sem a necessidade de levantar dado em toda a área de interesse (RIGHI; BASSO, 2016). Os dados inseridos no processamento, após correção em tabela de Excel, foram transformados em formato vetor (pontos), contendo as informações necessárias para interpolação. No arquivo *raster* utilizou-se a camada de limite (polígono) para recortar a área desejada pós-interpolação. A simbologia do arquivo foi modificada em

configurações da imagem, utilizando a redenrização *singleband/pseudocolor* com o gradiente de cores *Spectral.* Após as modificações foi possível realizar análise dos parâmetros de forma espacializada, através da elaboração de mapas temáticos para cada parâmetro.

3. Resultados e Discussões

As condições de tempo, no decorrer das coletas, oscilaram de nublado para ensolarado e sol entre nuvens. A superfície da água apresentou variação de rugosidade, verificando-se lisa no *igarapé* da Bolívia e com alta rugosidade em direção à foz do rio Tarumã-açu.

3.1. Oxigênio dissolvido e potencial hidrogeniônico (pH)

Neste trabalho, os valores de pH (escala adimensional) apresentaram variações significativas, como mostra a figura 02, registrando o mínimo de 4,11 no rio Tarumã-açu (ponto 17) e máximo de 7,21 no *igarapé* da Bolívia (ponto 01), com média de 5,95±0,96. Os resultados por trecho mostraram o *igarapé* da Bolívia com aspecto mais alcalino, com média de 7,04±0,11; enquanto que os trechos dos Afluentes 01, 02 e o rio Tarumã-açu apresentaram características mais ácidas; com médias de 5,45±0,77; 4,98±0,23 e 5,71±0,89, respectivamente.

Sabe-se que para a região, devido à geologia, quanto maior o caráter básico das águas, maiores são as indicações de contaminação por atividades antrópicas, que para Sioli (1968), valores acima de 6,00 podem ser sugestivos de alterações ambientais. Os valores deste artigo corroboram com os estudos realizados por Nascimento e Silva (2010), no qual as amostras da microbacia do *igarapé* da Bolívia apresentaram pH em ambiente natural (característica naturalmente ácida), entre 4,4 e 4,6 e em ambiente urbano ou que recebem afluentes que nascem em ambientes antropizados (tendendo a alcalinidade), com valores de 5,8 a 6,7.

A concentração de *OD* apresentou comportamento parecido com o do pH, com valores menores no *igarapé* da Bolívia, com mínimo de 1,20mg/L (ponto 02) e média de 3,61±1,65mg/L; e maiores no rio Tarumã-açu, com máximo de 8,55mg/L (ponto 25) e média de 6,66±1,01mg/L, como mostra a figura 02. Segundo Jasen et al. (2008), o *OD* é um indicador primário de qualidade das águas, já que sua concentração é resultado da interação

de diversos processos capazes de alterar seu valor, como a turbulência (aumentando sua concentração) e atividades humanas como lançamento de efluentes sem tratamento (diminuindo sua concentração).

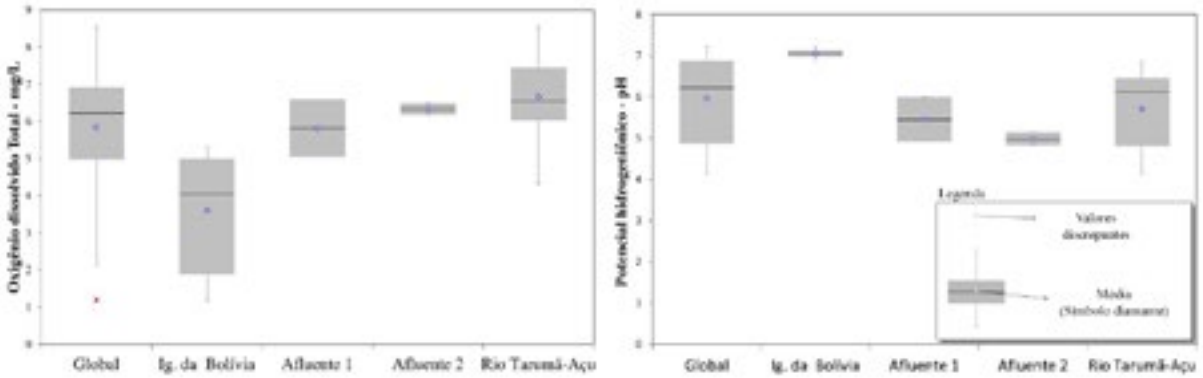


Figura 02 - Variação dos valores médios e desvio padrão do OD, e pH nos baixos cursos do *igarapé* da Bolívia, rio Tarumã-Açu e seus afluentes;
Fonte: autores, 2019.

3.2. Transparência e Turbidez

O paramêtro transparência apresentou alta variação das coletas, obtendo valores entre 10cm, no trecho do afluente 01 (ponto 8) e 75cm, no trecho do rio Tarumã-açu (ponto 25). No *igarapé* da Bolívia a média por trecho para a variável foi de 34,83±6,91cm, enquanto para rio Tarumã-açu foi de 49,88±12,37 cm, sendo o maior valor entre os trechos analisados, como pode-se verificar na figura 03. Sendo assim, os valores de todos os pontos deste trabalho são anômalos aos limites de valores (100cm a 150cm) para rios de águas pretas amazônicos, encontrados nos estudos de Geisler et al (1973).

Em relação a variável turbidez, encontrou forte variação entre os pontos, variando entre 23,21 NTU (afluente 02) e 114 NTU (afluente 01), com média de 43,01±24,15 NTU, como mostra a figura 03. Dentre os trechos estudados as médias do rio Tarumã-açu e seu afluente 2 foram as menores; 32,28±7,10 NTU e 48,60±35,91 NTU; enquanto que para o *igarapé* da Bolívia e afluente 1 foram de 44,80±10,30 NTU e 112,50±2,12NTU.

Os trechos do rio Tarumã-açu e seu afluente 2 apresentaram os maiores valores de transparência e os menores de turbidez, evidenciando a relação inversa entre os dois

parâmetros. Segundo o IAP (2005), erosões das margens dos rios, esgotos sanitários e diversos tipos de efluentes podem provocar elevações na turbidez das águas.

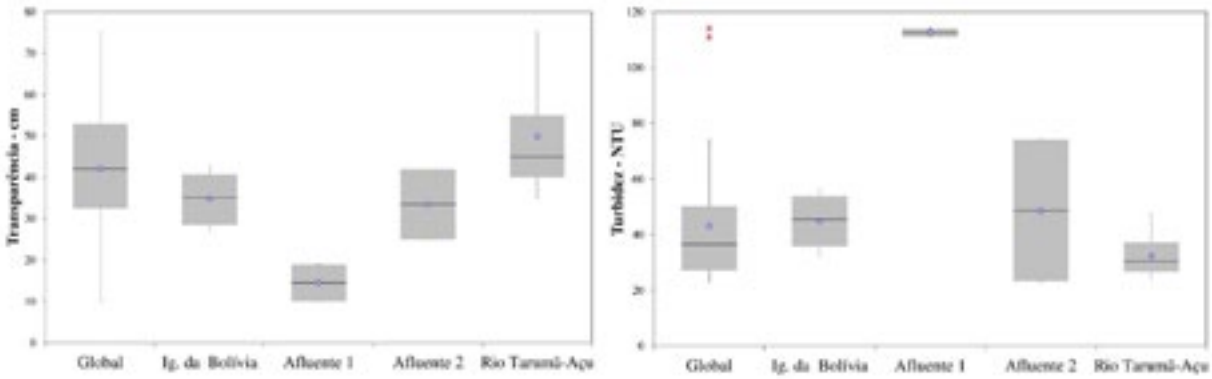


Figura 03 - Variação dos valores médios e desvio padrão da Transparência e Turbidez nos baixos cursos do *igarapé* da Bolívia, rio Tarumã-Açu e seus afluentes;
Fonte: autores, 2019.

3.3. Condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais e temperatura

A *CE* apresentou valores mínimos e máximos de 7 µS/cm, no rio Tarumã-açu (ponto 17) e 280 µS/cm, no *igarapé* da Bolívia (ponto 1), com média de 60,80±80,10 µS/cm. Valores anômalos aos limites de referências para águas pretas (características naturais de baixa CE), de 10 a 20 µS/cm, encontrados por Geisler et al. (1973). O valor de *TDS* obtive variação entre 4 mg/L (pontos 10, 15 e 17) e 140 mg/L (ponto 1), com média de 30,48±40,09 mg/L. Os dois parâmetros registraram valores discrepantes nos pontos 1 e 3, como mostra a figura 04.

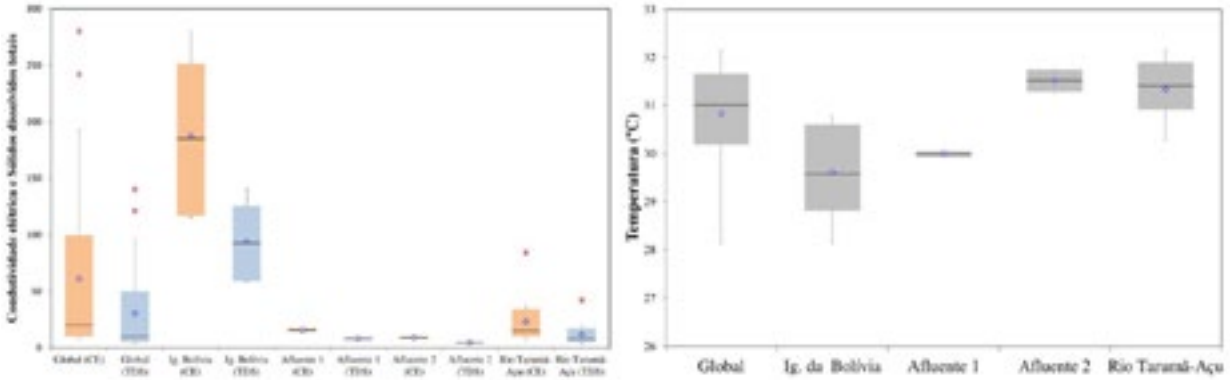


Figura 04 - Variação dos valores médios e desvio padrão da CE, TDS e Temperatura nos baixos cursos do *igarapé* da Bolívia, rio Tarumã-Açu e seus afluentes;
Fonte: autores, 2019.

A análise por trecho mostrou valores maiores de *CE* (µS/cm) e *TDS* (mg/L) para o *igarapé* da Bolívia (mínimos de 115 µS/cm e 58 mg/L; máximos de 280 µS/cm e 140 mg/L; e médias de 93,83±32,90 µS/cm e 93,83±32,90 mg/L). Estudos realizados por Nascimento et al. (2007) e Melo et al. (2005) encontraram valores máximos de *CE*, abaixo dos obtidos neste estudo, 200µS/cm e 366 µS/cm, respectivamente, em locais antropizados.

A *temperatura* apresentou menor variação amostral, comparado aos demais parâmetros. O valor mínimo registrado foi de 28,15ºC, no *igarapé* da Bolívia (ponto 1) e o máximo de 32,14ºC, no rio Tarumã-açu (ponto 25), aumentando gradativamente com o horário de coleta, com média de 30,83±1,03ºC, acima das médias anuais para águas de corpos d'água urbanos, registradas (22 a 28ºC) por Prance et al. (1985). Este aumento pode interferir nos valores de *OD*, já que segundo Silva (1996), esta elevação pode dificultar a dissolução do oxigênio e aumentar o consumo do gás pela biota local.

3.4. Caracterização das margens

Em campo foi possível observar interferências antrópicas presentes nas margens e nos cursos d'água que podem ser relacionadas a alterações obtidas neste estudo, como presença de indústrias, hotéis, comércios fluviais (flutuantes), pesca predatória, balneabilidade, marinas, estaleiros, deposição irregular de resíduos sólidos nas margens e na massa d'água, transporte, e atividades de recreação, representados na figura 05.

Figura 05 - Fotografias das margens da foz do *igarapé* da Bolívia (foto A - deposição de resíduos sólidos), Afluente 01 (foto B - comércios fluviais) e rio Tarumã-açu (foto C - recreação);
Fonte: Autores, 2018.

3.5. **Espacialização das variáveis**

A espacialização das variáveis (figura 06), possibilitou observar o destaque ao baixo curso do *igarapé* da Bolívia, com alta concentração de CE, sólidos totais dissolvidos, turbidez e pH, e baixos valores de transparência e oxigênio dissolvido. Este cenário advem da intensa erosão das margens da localidade, intensificados com o regime pluviométrico da região e da emissão de efluentes, sem os devidos tratamentos, em praticamente toda área urbanizada da bacia.

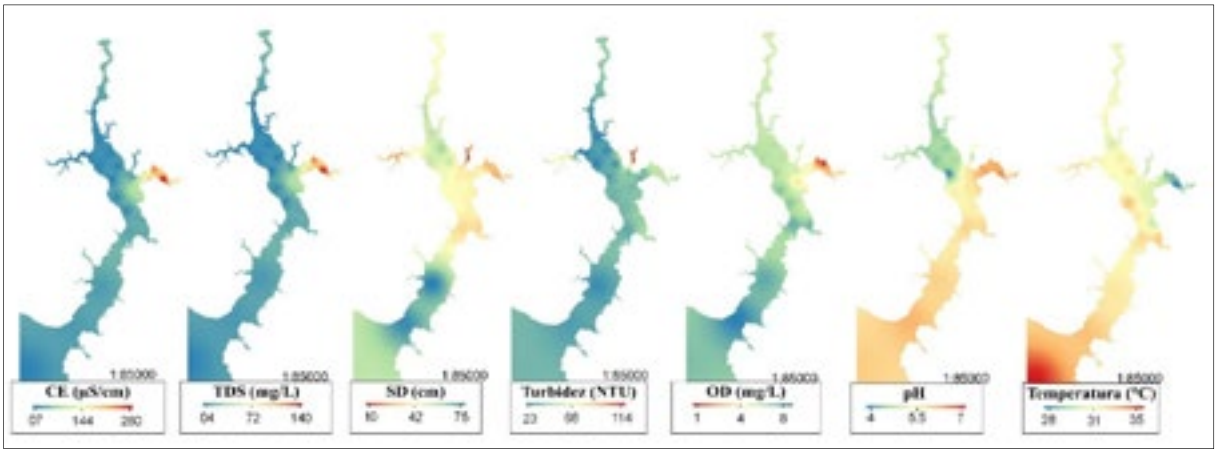


Figura 06 - Espacialização dos parâmetros: transparência, turbidez, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, temperatura, OD e pH; no *igarapé* da Bolívia, rio Tarumã-açu e seus afluentes, 1 e 2;
Fonte: Autores, 2018.

Considerações Finais

Estudos limnológicos e o uso de geotecnologias possibilitaram a caracterização e espacialização dos baixos cursos do rio Tarumã-Açu e de seu tributário, *igarapé* da Bolívia. Assim, pôde-se identificar maior impacto antrópico na região do trecho da foz do *igarapé* da Bolívia, com alta concentração de *CE*, *TDS*, *NTU, pH e temperatura*, e baixos valores de *SD* e *OD* provenientes de atividades antrópicas desenvolvidas à montante da bacia.

Sugerem-se, entretanto, novos estudos na área em períodos distintos como da cheia dos rios para reforçar os estudos na bacia do rio Tarumã-Açu, a fim de aperfeiçoar as informações disponíveis e possibilitar futuros estudos de impactos nos recursos hídricos em bacias urbanizadas de Manaus.

Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação dos Recursos Hídricos - ProfÁgua, projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015. A Universidade do Estado do Amazonas (UEA), à Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do Amazonas (Fapeam) e aos nossos colegas, João e Luiz, pelo apoio no trabalho de campo.

Referências Bibliográficas

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de Sistemas Ambientais*. 1ª Ed. - São Paulo, Edgard Blücher, 1999.

COSTA, F.E.V. *Uma experiência amazônica de gestão dos recursos hídricos: a criação do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Tarumã-Açu, Manaus – AM – Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Pós-graduação em Geografia, Belém, 2011.

GEISLER, R.; KNÕPPEL, H. A. & SIOLI, H. *The ecology of fresh-water fisher in Amazonia: present status and futures tasks for research*. Applied Sciences and Development. 144-162, 1973.

IAP, Instituto Ambiental do Paraná- Turbidez das águas. Disponível em:< http://www.iap.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=92>. Acesso em: 10 Fev. 2019.

JANSEN J.G; SCHULZ H.E; LAMON A.W. *Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água*. Eng Sanitária Ambient. 13(3):278-283, 2008.

MAIA, S.A.; FERREIRA JR, J.C.; WACHHOLZ, F.; COLARES. I. S. *Caracterização e localização da bacia hidrográfica do rio Tarumã-açu, Manaus-AM*. Boletim Técnico Grupo de Pesquisa Geotecnologias e Análise da Paisagem - Geotap, Manaus, nº1, 2019. 1 p.

MELO, E.G.F; SILVA, M.S.R.; MIRANDA, S.A.F. *Influência antrópica sobre águas de igarapés na cidade de Manaus – Amazonas*. Caminhos de Geografia, vol. 5(16), p.40–47, 2005.

MELO, S.F.S. *Gestão de Recursos Hídricos no Estado do Amazonas: o caso da Bacia do Tarumã-Açu*. Dissertação (mestrado) .Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2017.

MIGUEL, A. E. S.; et al. *Características Morfométricas do Relevo e Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Taquaruçu/MS*. Revista Brasileira de Geografia Física, vol.07, n.04. 2014. Disponível em: http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/783/586. Acesso em: 03 jan. 2019.

NASCIMENTO, C.R.; et al. *Hidroquímica das aguas de um igarape sob diferentes graus de impactos, Manaus/Am*. In:Anais do I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro-Oeste. Cuiabá, MT: ABRH, p.1-13, 2007.

NASCIMENTO, C.R.; SILVA, M.R.S. *Alterações em parâmetros físicos e em concentração de cátions e ânions em uma micro-bacia hidrográfica de Manaus devido a expansão urbana*. Revista Caminhos de Geografia. Uberlândia, vol. 11, n.33, p. 208-219, 2010.

PRANCE, G.T. PIRES, J.M.; LOVEJOY, T. E. *The vegetation types of the Brazilian Amazon*. In: Prance, G.T.; Lovejoy, T.E. (eds.). Key Environments: Amazonia. Pergamon Press, Oxford. vol. 35 p. 109-145, 1985.

PEIXOTO, P. S. BoxPlot para Microsoft Excel. São Paulo, 2010. Disponível em: https://www.ime.usp.br/~pedrosp/bioestatistica/. Acesso: 10 jan. 2019.

RIGHI,E.; BASSO, L.A. *Aplicação e análise de técnicas de interpolação para espacialização de chuvas*. Revista Ambiência Guarapuava (PR) v. 12 n. 1; p. 101-118, 2016.

SILVA, C.P.D. *Community structure of fish in urban and natural streams in the Central Amazon*. Amazoniana. 13 (3/4): 221 -236, 1996.

SIOLI, H. *Hydrochemistry and geology in the brazilian amazon region. Amazoniana*, 1968.

TUCCI, C.E.M. *Água no meio urbano*: Livro Água Doce, cap. 14, 1997.

ZEIDEMANN, VIVIAN KARINA. *O Rio das Águas Negras*. In: DALY, Douglas A. et al. Florestas do Rio Negro, 2001. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/guiaigapo/florestas.html. Acesso em 18 fev. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CORURIPE, ALAGOAS

Jardel Estevam Barbosa dos Santos [(a)], Kleython de Araújo Monteiro [(b)]

[(a)] Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, jardelestevam@gmail.com

[(b)] Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, kleython.monteiro@igdema.ufal.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

As características físicas de uma bacia hidrográfica são importantes para a compreensão e avaliação da sua dinâmica, sendo essas características consideradas importantes para o planejamento ambiental. Desse modo, este trabalho teve como objetivo realizar o levantamento e análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Coruripe, utilizando o Modelo Digital de Elevação permitindo obter os parâmetros morfométricos. A bacia do Rio Coruripe apresentou área de 1.624,37 km² com o canal principal de 159,59 km e 1.154,22 km de comprimento dos canais, ordenados até 5ª ordem. Os parâmetros de compacidade, circularidade, densidade de rios e de drenagem, evidenciam uma bacia com forma alongada pouco susceptível a enchentes. Além disso, a bacia apresenta relevo predominantemente plano a suave ondulado.

Palavras chave: Morfometria; Geotecnologias; Recursos hídricos.

1. Introdução

As bacias hidrográficas são consideradas como um importante elemento estratégico para o planejamento ambiental e territórial (FÉLIX & SOUZA, 2017). Estas são definidas como áreas naturais de captação das águas pluviais que convergem para um único ponto de saída, denominado exutório ou foz (CARDOSO et al., 2006).

Segundo Coelho Neto (1995) a bacia hidrográfica é sistema aberto onde ocorre a entrada e devolução de energia para meio ambiente, através do fluxo de energia gerado pela radiação solar e a saída de água e sedimentos. Assim, estudar as características desses ambientes torna-se importante para a compreensão da sua dinâmica.

Nesse sentido, estudar as características físicas de uma bacia hidrógrafia se mostra importante para a compreensão e a avaliação do seu comportamente hidrológico através do estabelecimento das relações das variáveis estudadas (VILLELA & MATTOS, 1975).

Christofoletti (1980) ressalta ainda mais que a análise de aspectos relacionados à drenagem, relevo e geologia de uma bacia hidrográfica pode levar à elucidação e compreensão de diversas questões associadas à dinâmica ambiental local.

Dentro desse contexto, o objetivo do trabalho foi realizar levantamento e análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Coruripe a partir do uso de geotecnologias.

2. Materias e métodos

2.1. Área de Estudo

A área de estudo se refere à Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe – BHRC – que está localizada entre as coordenadas geográficas 9º15’00” e 10º10’00” S e 36º05’00”, na porção central do Estado de Alagoas e está totalmente inserida dentro do limite estadual abragendo treze municípios.

Segundo Santos (2018), a referida bacia vem sofrendo diversas alterações espaciais ao longo dos anos em virtude das diversificação das atividades agropecuárias e do processo de

urbanização. Os principais impactos identificados são aqueles referentes aos resíduos domésticos e industriais nos cursos d'água e a redução da mata nativa.

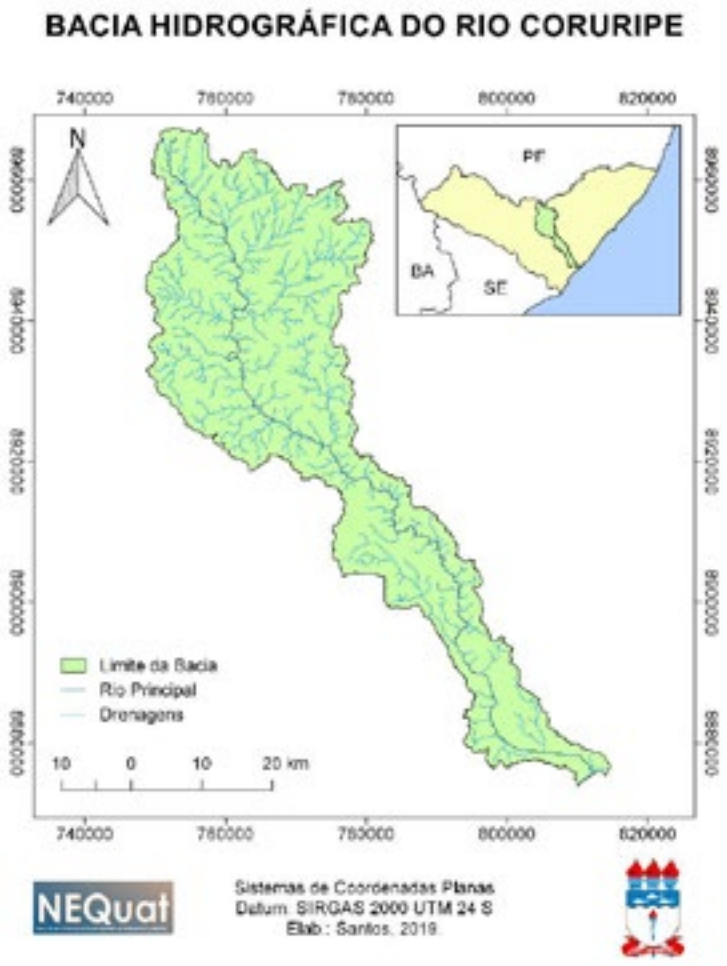


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe

2.2. Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos tiveram como ponto de partida o levantamento bibliográfico em bases digitais que abordam a temática da pesquisa em questão.

Posteriormente, foi necessário a aquisição de dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) do Projeto Topodata disponível no site do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial de 30 metros. Foram utilizadas as folhas 09S375ZN e 10S375ZN para fazer o mosaico e cobrir toda área da bacia.

O passo seguinte foi a delimitação automática da bacia pelo software Qgis 2.18 Las Palmas e extensão do software TauDEM 5.2.1. Primeiramente foi realizada a reprojeção do mosaico para o Sistema de Coordenadas Planas SIRGAS 2000 / UTM Zona 24 Sul. Após esse procedimento foi realizada a delimitação pela extensão do TauDEM. Obtida a delimitação da bacia e extração da rede de drenagem em formato *shapefile* foi utilizada a calculadora de campo da tabela de atributos para obter os valores números necessários para aplicar os parâmetro morfométricos.

De posse desses dados foi utilizado uma planilha eletrônica para organização e análise dos dados a partir da elaboração de tabelas. Também foram elaborados mapas temáticos com a hipsometria da bacia, bem como a declividade de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1979).

2.3. Parâmetros morfométricos

Para este trabalho os parâmetros morfométricos foram escolhidos a partir de Villela e Mattos (1975) e Christofoletti (1980).

Coeficiente de Compacidade (Kc): parâmetro areal que compara o perímetro da bacia em estudo com outra bacia de perímetro igual e circular. Este coeficiente é adimensional ligado diretamente a área da bacia, no qual ao se aproximar de 1 a bacia tende a ser circular e propicia a enchentes. Onde: A = Área da bacia e P = Perímetro da Bacia

$$Kc = 0{,}28\ \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Índice de circularidade (Ke): é a relação da área da bacia e a área de um círculo com perímetro igual da bacia, tendendo esta a ter formato circular quanto mais se aproximar da unidade.

$$Ke = \frac{12{,}57 * A}{P^2}$$

Fator de Forma (Kf): é a relação entre a largura média e o comprimento axial da bacia (L). A largura média (Lm) é obtida pela divisão da área da bacia (A) pelo seu comprimento.

$$Lm = \frac{A}{L} \qquad Kf = \frac{Lm}{L^2}$$

Altitude média (Hm): É a média aritmética obtida pela diferença entre os valores de maior e menor altitude. Observando que: Hmax = maior altitude em metros; Hmin = menor altitude em metros.

$$Hm = \frac{Hmax - Hmin}{2}$$

Densidade de Rios (Dr): relação entre o número de cursos d'água e a área da bacia. Onde: N = Números total de canais e A = Área da bacia

$$Dr = \frac{N}{A}$$

Densidade de Drenagem (Dd): correlaciona o comprimento total dos canais de escoamento com a área da bacia hidrográfica. Onde: Ltc = Comprimento total de canais e A = Área da bacia .

$$Dd = \frac{Ltc}{A}$$

Padrão da drenagem: é o arranjamento espacial dos cursos fluviais, sendo classificada em dentrítica, treliça, retangular, paralela, radial ou anelar (Figura 2).

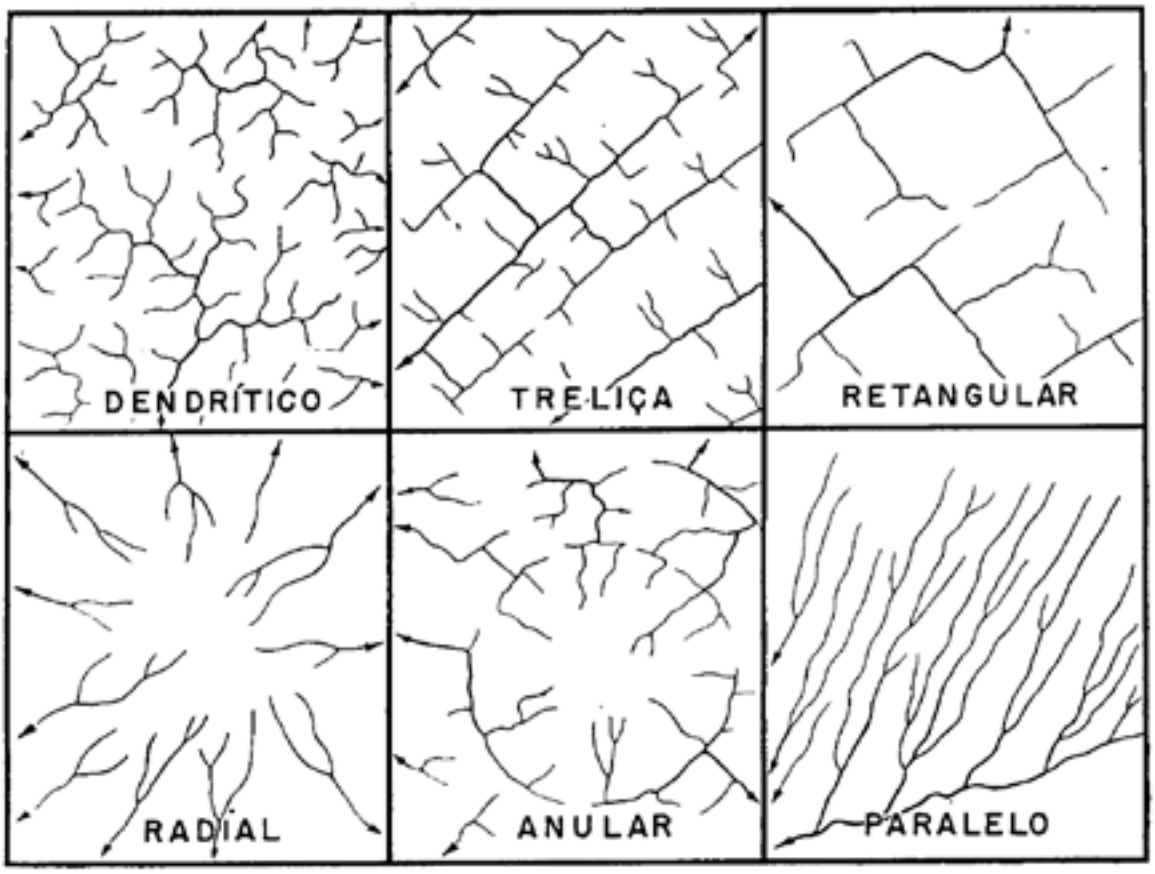


Figura 2 – Padrões das drenagens. Adpatado de Christofoletti (1980).

3. Resultados e Discussão

Os dados mostram que – com área de 1.624,37 km², perímetro de 522,67 km e canal principal com 159,49 km de comprimento – a bacia hidrográfica do rio Coruripe concentra 1.154,22 km de comprimento da sua rede de drenagem (Tabela 1).

Tabela I – Parâmetros morfométricos da Bacia Hidrográfica do Rio Coruripe.

Parâmetros Morfométricos	Resultados
Área da Bacia (Km²)	1.624,37
Perímetro (Km)	522,67
Comprimento da Bacia (Km)	109,86
Comprimento do Canal Principal (Km)	159,49
Comprimento total dos Canais (Km)	1.154,22
Número total de canais	506
Altitude Média (m)	334,5
Amplitude Altimétrica (m)	667
Hierarquia Fluvial (Ordem)	5ª Ordem
Índice de Compacidade	3,63
Índice de Circularidade	0,07
Fator de Forma	0,13
Densidade de Rios (Canais/Km²)	0,31
Densidade de Drenagem (Km/Km²)	0,71
Padrão da Drenagem	Dentrítica/Treliça

O padrão da drenagem identificado para o alto curso da bacia é do tipo dentrítico e para o médio e baixo curso é treliça (Figura 3). Segundo Christofoletti (1980) o padrão dentrítico também é chamado de arborescente, uma vez que se assemelha com forma de uma árvore ramificada. Este autor explica ainda que esse tipo de padrão na drenagem se desenvolve sobre estruturas rochosas de resistência uniforme ou em estruturas sedimentares horizontalmente distribuídas. Já o padrão treliça apresenta tributários formando um ângulo reto nos cursos d'água, sugerindo um acentuado controle estrutural devido a resistência desigual das rochas (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Ainda em relação a drenagem, observou-se um número total de 506 canais e a drenagem é classificada de 5ª ordem (Tabela 1). Tonello et al. (2006) afirmam que ordem inferior ou igual a 4 é comum para pequenas bacias e é um reflexo do uso da terra na mesma, além disso, consideram que quanto mais ramificada é a rede de drenagem, mais eficiente é o sistema de drenagem na bacia.

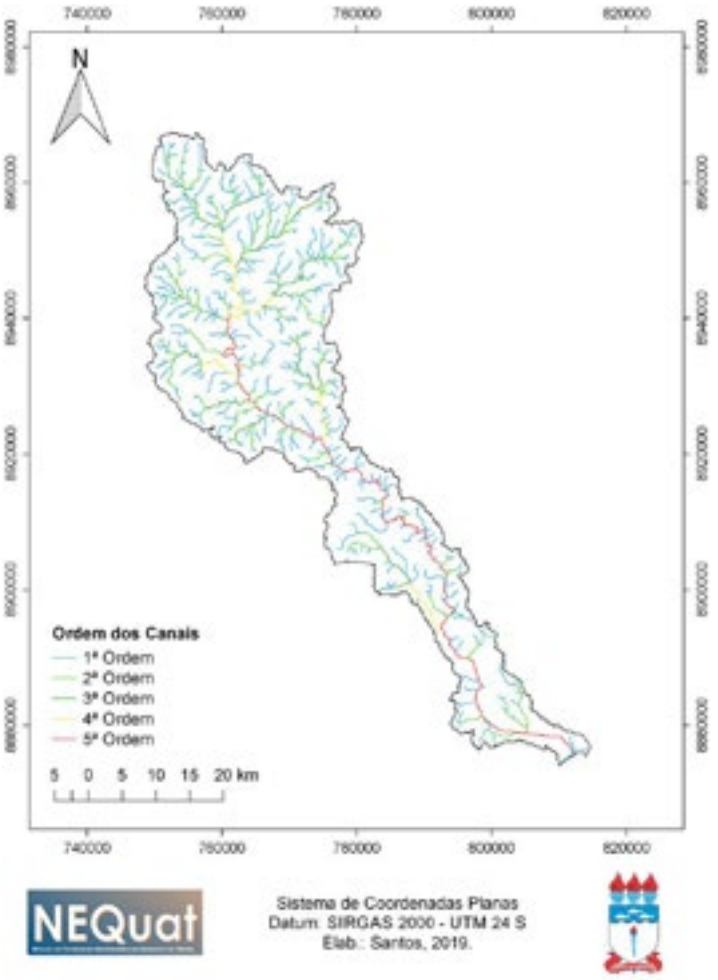


Figura 3 – Hierarquia Fluvial segundo a classificação de Strahler

Analisando a densidade de drenagem de acordo com a classificação de Beltrame (1994 *apud* SANTOS et al., 2012) que define os valores de até 0,5 como baixa densidade, de 0,5 a 2,00 média, 2,01 a 3,50 alta, e valores superiores a 3,50 como densidade de drenagem muito alta, assim a bacia do rio Coruripe possui uma densidade de drenagem média (0,71 Km/Km²) e reforça os parâmetros de ordenamento e da densidade de rios de 0,31 canais/km² (Tabela 1).

Analisando a geometria da bacia, obteve-se um valor de 3,63 para o índice de compacidade que evidencia que a bacia em estudos não é propensa a grandes enchentes, uma

vez que se distanciou do valor da unidade. Em conjunto com este dado, o índice de fator de forma de 0,13 reforça a indicação para uma forma mais alongada da bacia, o que indica uma melhor distribuição do escoamento superficial ao longo de todo o canal principal.

A forma alongada pode ser ainda confirmada pelo valor de 0,08 do índice de circularidade encontrado, pois este também se distancia do valor 1,00. Esse parâmetro indica que valores abaixo de 0,51 são de bacias alongadas, enquanto valores superiores a 0,51 apresentam bacia com forma circular que reduz o escoamento superficial e aumenta as chances de enchentes (FELIX & SOUZA, 2017).

Analisando os dados de altimetria foi observado que a bacia possui uma altitude média de 334,5 m, com máxima de 668 m e mínima de 1 m (Figura 4). As áreas do alto curso da bacia possuem as altitudes mais elevadas (250 a 668 m) e, consequentemente, as maiores declividades variando de relevo forte ondulado ao escarpado para as áreas das cabeceiras (Figura 5).

O médio e baixo curso da bacia apresenta certa homogeneidade tanto nas cotas altimétricas e nas declividades, com cotas de 1 a 200 m e declividade de relevo plano a suave ondulado, com excessão das encostas dos tabuleiros dissecados (Figura 4 e 5).

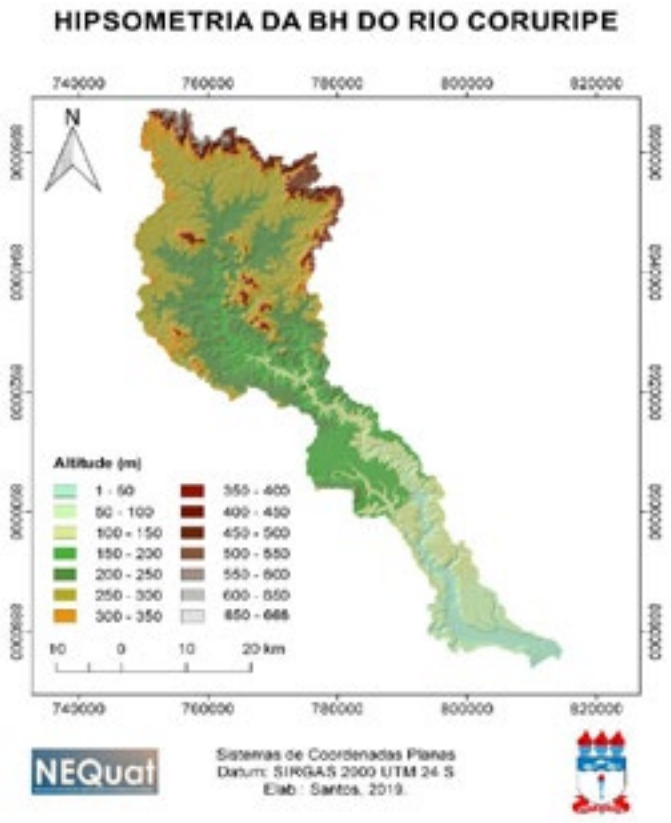


Figura 4 – Hipsometria da bacia do Rio Coruripe

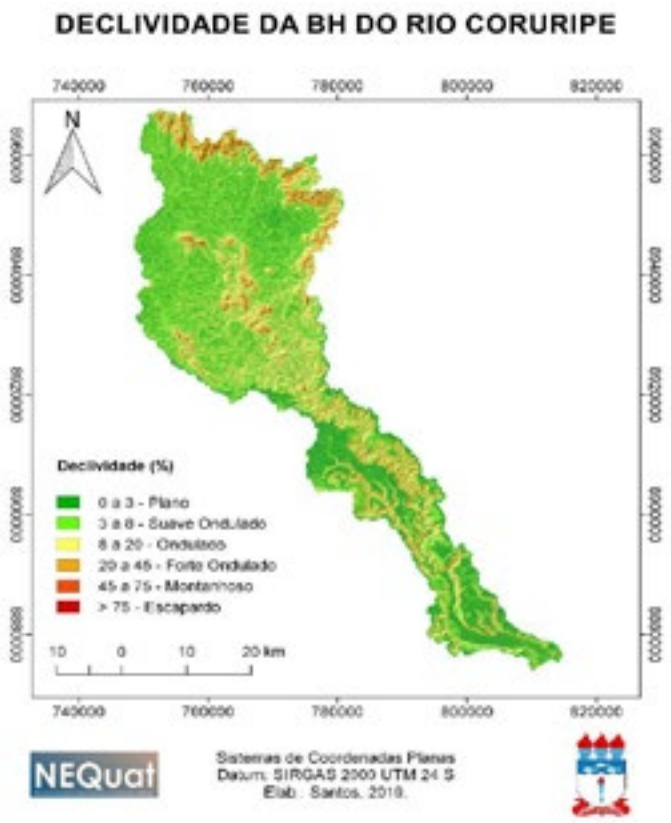


Figura 5 – Declividade da bacia do Rio Coruripe

4. Considerações Finais

Considerando os dados morfométricos obtidos, pode-se concluir que a bacia do rio Coruripe aponta para uma forma alongada, de acordo com os indíces de compacidade, circularidade e fator de forma, o que pode estar relacionado com o controle da rede de drenagem. Assim, a bacia do rio Coruripe apresenta-se pouco susceptível à enchente.

Além disso, a análise do relevo pelos dados de hipsometria e declividade permitiu inferir que há o predomínio de um relevo plano a suave ondulado e com baixas declividades, com excessões das áreas de cabeceiras no alto curso.

5. Referências

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 30, n. 2. P. 241-248. 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ª Ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1936. 187 p.

COELHO NETO, A.L. Hidrologia na interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B., **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand, p. 94-148, 1995.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1979. 83 p.

FELIX, E. A.; SOUZA, C. A. de. Levantamento e análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal – MT. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 18, 2017. Campinas – SP. **Anais...** Campinas: IG/UNICAMP, 2017.

SANTOS, A. M. dos. et al. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. **Ambiente e Água**, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 195-211, 2012.

SANTOS, L. dos. **Alterações espaciais na bacia hidrográfica do Rio Coruripe, Alagoas.** 87 f. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2018.

TONELLO, K. C. et al. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia Aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DO MUNICÍPIO DE COLORADO/RS

Marizete Palhano Chaves [(a)], Romario Trentin[(b)]

[(a)] Departamento de Geografia /Bolsista PROBIC/ Universidade Federal de Santa Maria, dmldl82@hotmail.com
[(b)] Departamento de Geociências / Universidade Federal de Santa Maria, romario.trentin@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A hipsometria é caracterizada pela determinação de altitudes altimétricas do relevo de uma determinada região, já a declividade está diretamente relacionada a inclinação do relevo, por isso decidiu-se fazer o desenvolvimento deste trabalho no município de Colorado/RS. O uso do SIG nos permite descrever o quanto são complexos os processos ambientais, por isso essa ferramenta nos permite fazer a integração de diferentes elementos que formam a paisagem e que contribuem para modelar o relevo. Por isso se constitue importante a análise dos parâmetros morfométricos levando-se em consideração os dados quantitativos do município de Colorado/RS.

Palavras chave: SIG (Sistemas de Informações Geográficas), Parâmetros morfométricos, Declividade

1. Introdução

Para estudar e caracterizar o relevo devemos saber identificar as formas e as feições do relevo, assim o SIG nos permite descrever o quanto são complexos os processos ambientais, por isso essa ferramenta nos permite fazer a integração de diferentes elementos que formam a paisagem e que contribuem para modelar o relevo.

Conforme Florenzano (2008), o objeto de estudo da geomorfologia compõe-se de diversas variáveis, sendo a morfologia, a morfogênese, a morfodinâmica e a morfocronologia, algumas destas variáveis. A morfologia se encarrega-se da morfografia, que é a descrição qualitativa das formas do relevo, e a morfometria, que é a caracterização do relevo por meio de variáveis morfométricas, também denominadas índices morfométricos.

As classificações de relevo utilizam ora a declividade ou o gradiente topográfico, ora a amplitude (Demeck, 1972) ou, ainda, a conjugação dos destes parâmetros (IPT,1981).

O presente trabalho tem como proposta, a análise dos parâmetros morfométricos levando-se em consideração os dados quantitativos do município de Colorado/RS. A área em estudo está localizada na região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo limitada pelas Coordenadas Geográficas 28° 31' 26'' de latitude Sul e 52° 59' 38" de longitude Oeste (Figura 1), possuindo uma área de 285,308 km^2.

2. Materiais e Métodos

O referido trabalho teve como metodologia utilizada para a definição dos parâmetros, um levantamento bibliográfico para que contribuísse na construção de um banco de dados georreferenciados, servindo também para direcionar buscas de conceitos e teorias para que melhor pudesse estabelecer adaptações na confecção dos mapas, e posteriormente toda a extração, visualização e análise de dados foram realizados com o auxílio do software ArcMAP 10.4.1 tendo como base para os mesmos dados fornecidos pelo Instituto Nacional de

Pesquisas Espaciais (INPE), que definiu os limites da área de estudo e também se baseou no modelo de elevação digital original Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), fornecido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), com uma resolução espacial de 30 metros.Sendo as variáveis e métodos iniciais empregados na caracterização do município de Colorado/RS perímetro e área.

3. Resultados e Discussões

Com a confecção dos mapas foi possível identificar características como altitudes e declividades provenientes na região, percebendo que as maiores altitudes estão localizadas nas porções norte e centrais da área em estudo, com altimetrias que variam de 507 a 559m e as menores nas regiões sudeste e sudoeste do município as quais tiveram variação de 365 a 411m apenas 17,28% da área mapeada. A declividade foi classificada de acordo com a metodologia proposta pelo IPT subdividindo-se em 4 classes, sua interpretação resultou na menor variação próximo ao percurso do rio onde foi registrada declividade de até 2%, o que corresponde a 12,89% da área total da delimitação, já a maior foi localizada em diversas porções espalhadas pelo município onde se percebe a predominância de declives maiores que 15%, ou seja 2% de sua área.

Considerações Finais

Os mapas tiveram extrema importância para que houvesse uma melhor análise dos resultados, permitindo a caracterização geral do relevo presente no referido município e, destacando a rapidez e precisão dos mapas gerados, devido ao fato destes terem sido gerados através da utilização de ferramentas de geoprocessamento.

Agradecimentos

Ao professor e orientador Romario Trentin, por seus ensinamentos e incentivo; Aos meus pais Eronita Palhano e Antonio Chaves e especialmente a minha irmã Marizane Palhano Chaves pelo

incentivo, apoio e por nunca me deixar perder o amor pelos estudos; Aos colegas do Laboratório de Geologia Ambiental, em especial, a colega Marinéli Moraes Gaberti pelo companheirismo no laboratório; Agradeço também a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

SILVEIRA DOS SANTOS, A., AUGUSTO VOLPATO SCCOTI, A.; DA SILVA KNIERIN, I.; EDUARDO DE SOUZA ROBAINA, L. **REVISTA GEONORTE,** Edição Especial 4, V.10, N.1, p.176-180, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas Digitais: Municípios 2010.** Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2019.

XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia e Geoprocessamento. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE C. R. **Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surface Processes and Landforms,** 1987. 12: 12-56

Figuras e Tabelas

Figura 1. Mapa de localização do município de Colorado/RS. Org.: Os autores

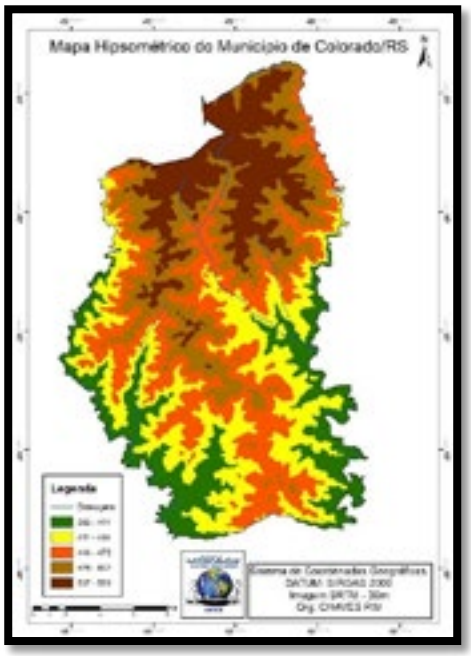


Figura 2 Mapa Hipsométrico do município de Colorado*/RS. Org.: Os autores.*

Figura 3 Mapa Declividade do município de Colorado*/RS. Org.: Os autores.*

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARTOGRAFIA NA GEOMORFOLOGIA: IMPORTÂNCIA NA ESCOLHA CORRETA DAS ESCALAS DE TRABALHO

Rafaela Soares Niemann[(a)], Paulo Márcio Leal de Menezes[(b)], Manoel Couto Fernandes[(b)]

(a) Departamento de Geografia - LAMPEGE -Laboratório de Monitoramento e Modelagem Pedogeomorfológica, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, rafaelaniemann@ufrj.br,

(b) Departamento de Geografia - GEOCART -Laboratório de Cartografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, pmenezes@acd.ufrj.br; manoel.fernandes@ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A ideia central deste trabalho/artigo é buscar na literatura como a geomorfologia tem tratado o uso da cartografia e as suas diferenças de escalas ao longo de seus estudos. Buscou-se também compreender quais são principais diferenças de se trabalhar com diferentes escalas espaciais quando vislumbrados os ensejos da geomorfologia. Buscou-se compreender qual a importância de se conhecer bem o contexto espacial que está sendo estudado e as principais questões relacionadas ao seu objeto de estudo.

Palavras chaves: Escala cartográfica, Cartografia geomorfológica

1. Introdução

As dinâmicas da superfície da Terra e a sua gênese fazem parte dos estudos da geomorfologia. Compreende-las e estudá-las nos proporcionam uma visão integral da superfície da Terra, nos levando a compreender os processos que levaram a sua geração e formas atuais (MULLIGAN; WAINWRIGHT, 2013).

O entendimento dos processos de formação do relevo é relacionado com diferentes processos, como o transporte de sedimentos, a distribuição e redistribuição de energia em nosso planeta entre outros (BIERMAN; MONTGOMERY, 2013).

Para compreendermos as mudanças das formas e a sua história, a cartografia tem se mostrado, ao longo de sua existência, uma grande aliada quanto as diferentes métricas e métodos para observação, desenho e modelagem da superfície.

A visão dada pela cartografia, em cada estudo, dependerá da escala de observação dos fenômenos, sendo ela em campo ou a partir de análises dos componentes que formam a superfície terrestre (EISANK, 2011). Para identificar as diferenças dos processos e fenômenos, os mapas podem representar as informações do relevo e superfície terrestre de forma muito próxima ao real. Com o intuito de compreendermos os fenômenos e os diferentes processos associados a superfície terrestre, temos que nos atentar quanto ao que exatamente estamos estudando e observando.

A escalas são relações de dimensões entre o mundo real e sua representação nos estudos. A mudança das escalas de estudo podem afetar diretamente a compreensão de um fenômeno. Com o objetivo de compreender como a geomorfologia pode utilizar suas escalas de estudo para abranger seus diferentes fenômenos, este artigo tem por objetivo mostrar como estas diferenças e importâncias cartográficas se dão nas literaturas cientificas e pesquisas na área de geomorfologia.

2. As Escalas e a cartografia:

Segundo Menezes e Fernandes (2013), as escalas cartográficas são uma razão entre uma medida efetuada em um mapa sobre a medida real na superfície terrestre. Estas medidas são delimitações do espaço físico, com graus de detalhamento de uma representação ou a identificação das feições geográficas, uma vez que a percepção espacial depende da amplitude da área de estudo (MENEZES; FERNANDES, 2013). A razão matemática nos garante diferentes níveis de detalhamento, proporcionando diferentes possibilidades de interpretação.

A importância da escala vem a se manifestar nas diferentes esferas de estudos ambientais e sociais: pode ela ser de tempo, de espacialidade, de temperatura (como em condicionantes físicos), escalas musicais entre os tipos mais diferenciados de medirmos e termos referência sobre um fenômeno (MULLIGAN; WAINWRIGHT, 2013). Os problemas associados a uma escolha errônea de escala estão intrinsicamente ligados a uma existência tanto da heterogeneidade espacial do objeto a ser estudado, quanto do processo relevante não linear deste objeto. Isto é, a escolha errada pode nos levar tanto a interpretações equivocadas quanto eventos locais e eventos globais.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Também deve-se ater quando a escolha de uma escala de estudo pois, na geomorfologia, podemos encontrar processos dominantes e perdermos informações se não identificarmos as variáveis mais importantes de determinados processos.

Segundo Kohler (2002), quanto menor a escala espacial de observação de um fenômeno geomorfológico contínuo (não catastrófico), mais lenta é sua transformação (dinâmica) e a recíproca é verdadeira. Como exemplo, a deriva continental (pequena escala) é medida em milímetros/ano; a evolução de uma voçoroca (grande escala) é avaliada em metros/ano, enquanto a de um sulco num paredão calcário (lapiás) é aferida na ordem de grandeza de milímetros/minuto (KOHLER, 2002).

Kugler (1982) salienta a importância da escala no mapeamento geomorfológico, e as classifica em função da mudança de conteúdo. Estabelece os limites abaixo das escalas de 1:100.000 (grande escala); 1:500.000 (média escala) e 1:1.000.000 (pequena escala).

Enquanto cartas de grande escala permitem mapear pequenos relevos e processos mais atuais, os mapas de pequena escala permitem mapear a base morfoestrutural e variações climatofaciais dos relevos de grandes espaços (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Nota-se ainda que, quanto menor a escala espacial adotada, maior a influência dos processos endógenos (tectônicos e petrogenéticos), que por sua vez se referem a tempos geológicos mais antigos. Neste caso, a recíproca também é verdadeira, pois, quanto maior a escala empregada na observação do fenômeno geomorfológico, maior a influência dos processos exógenos (interação físico-química do substrato rochoso com os agentes climáticos), os quais ocorrem em tempos bem mais próximos do atual (Holoceno) (KOHLER, 2002).

No Brasil, os estudos relacionados a escolhas de escalas de estudos da geomorfologia vêm da geomorfologia descritiva, onde se estuda a compartimentação do relevo em diferentes classes e táxons. O percursor destes estudos foi Tricart, com inúmeras pesquisas de princípios de geomorfologia e compartimentações do relevo.

A escala de estudo de um relevo irá determinar as estratégias e técnicas de abordagem da análise geomorfológica. Por exemplo, em pequenas escalas costuma-se utilizar imagens orbitais, que abrangem consideráveis porções do terreno, mas a baixas resoluções espaciais; por outro lado, trabalhando em escalas maiores, faz-se o uso de fotografias aéreas (pequenas áreas, altas resoluções). Desta forma fica claro que a noção de escala é fundamental na cartografia geomorfológica (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Mapeamento geomorfológico:

O mapeamento geomorfológico adiciona nas pesquisas da geomorfologia informações muito pertinentes, pois através dele podemos definir a localização dos fenômenos, a distribuição espacial, a maneira como este fenômeno ocorreu, bem como identificar porque ocorriam daquela forma. Isso faz com que possamos vislumbrar o relevo atual comparando com o passado e prevendo o futuro, pensando como irão ocorrer os fenômenos e como encontrar possíveis soluções (ARGENTO, 1995).

Para encontrarmos o equilíbrio da paisagem e os diagnósticos dos fenômenos ambientais, a cartografia computadorizada é de grande valia de usos para avaliação geomorfológica, juntamente com o sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas (SIG).

Na geomorfologia, não há padrões de escalas definidos para os diferentes usos e observações. A cartografia é utilizada mais para os estudos geomorfológicos descritivos, onde contemplam uma maior proximidade de classificação e espacialização dos fenômenos do que somente um estudo sobre os processos geomorfológicos.

Segundo Tricart (1965), a cartografia geomorfológica não deve somente indicar as formas de relevo, mas sim interpretá-las com base em sua constituição litológica e nos processos atuantes sobre tais litologias. Tal interpretação já deve ser feita com relação às próprias formações geológicas (TRICART, 1965).

As cartas topográficas nos trazem informações como as rupturas topográficas, uma descrição detalhada dos fatos geomorfológicos, em que os fenômenos dependem da escala (ROSS; FIERZ, 2005). As cartas de pequenas escalas são relacionadas a fenômenos morfoestruturais, ou seja, são de grandezas de quilômetros quadrados. As cartas de escalas maiores, ou de maior detalhe, nos mostram as formas esculturais.

Para escolha das escalas segundo Ross e Fierz (2005), a cartografia geomorfológica deve mapear o que é observável e não o que se deduz da análise geomorfológica. Em primeiro plano, os mapas devem representar os diferentes tamanhos de formas do relevo, dentro da escala compatível. Os planos secundários tratam da representação da morfometria, da morfogênese e da morfocronologia, que se vinculam diretamente à tipologia das formas (ROSS; FIERZ, 2005).

As classificações para diferentes usos de escalas estão intrinsicamente relacionadas a divisão geomorfológica em táxons. Essa classificação é uma metodologia de ordenamento dos fenômenos

ISBN: 978-85-7282-778-2

mapeados, segundo uma taxonomia que deve ser aferida a uma determinada escala cartográfica. Os táxons visam separar em classes como as macroestruturas que usam escalas de 1:100.000, as mesoestruturas que usam escalas de 1:25.000 e as microestruturas que usam escalas maiores de 1:5.000.

Segundo Ross e Fierz (2005), são classificados seis tipos de táxons para escolhas de diferentes escalas e mapeamentos temáticos das diversas classes de relevo. São eles:

a) unidades morfoestruturais - ordem maior, geralmente o dominante dentro de um mapeamento geomorfológico;

b) unidades morfoesculturais – pode ser uma ordem dominante, e por assim corresponder, é utilizado como simbologia do seu mapeamento temático uma cor predominante por cada unidade morfoescultural e diferentes tons desta cor para discernir as diferenças dentro desta unidade;

c) unidades morfológicas – ordem onde deve-se ater quanto a semelhança das formas do relevo, usa-se siglas para discernir estas formas agradacionais (de acumulação) e denudacionais (erosão);

d) formas individualizadas – identificação dos topos arredondados e convexos;

e) vertentes – uso de escalas grandes (comumente 1:50.000 ou 1: 10.000) onde em sua maioria são feitos por fotografias aéreas, imagens de sensores orbitais de alta e altíssima resolução espacial ou drones;

f) pequenas formas do relevo ou microtopografias – formas que se desenvolvem ao longo das vertentes, em sua maioria por interferência humana (ravinas, voçorocas, terracetes de pisoteio de gado, deslizamentos de terra, corridas de lama, cortes e aterros) que requerem muitos detalhes, usando escalas de 1:1.000 ou 1:2.000 devido sua necessidade de uma cartografia de alto detalhamento (ROSS; FIERZ, 2005)

Outra perspectiva de uso de escala na geomorfologia é para os planejamentos ambientais, que visam a compreensão das erosões e depósitos que influem diretamente em sistemas ambientais e socioespaciais.

Os agrupamentos por tipos de modelados permitem a identificação de unidades geomorfológicas por regiões e por domínios morfoestruturais. O uso da escala vai determinar o tipo de legenda, de simbologias, de cores para a realização do mapa para o usuário final. Estes parâmetros também auxiliam na compreensão dos detalhamentos dos níveis geomorfológicos.

4. A Cartografia na geomorfologia:

Devido à natureza dinâmica dos processos morfogenéticos, que ocasionam perenes mutações nos cenários ambientais, a escala na análise geomorfológica deve ser compreendida e aplicada no campo espaço-temporal, isto é, naquele em que as três dimensões do espaço euclidiano se modificam ao longo do tempo (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Contudo, a representação das feições do relevo terrestre é sempre realizada em planta (projeção horizontal) ou em perfil (projeção vertical), sobre uma folha de papel, que possui apenas duas dimensões (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Para representar a forma do relevo, que é tridimensional, recorre-se ao emprego de um conjunto de curvas de nível, que são linhas formadas por pontos (x, y) com uma mesma cota (z). Embora esta forma de representação não seja contínua, pois não há registro no espaço compreendido entre uma isolinha e outra, ela permite a análise geomorfológica, mediante a percepção de uma série de superfícies mais ou menos planares, côncavas ou convexas (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

O modelo digital de elevação (MDE), do inglês Digital Elevation Model (DEM), é uma representação digital e matemática de um objeto e seu ambiente, como ondulações de um terreno dentro de uma área selecionada (PAPARODITIS; POLIDORI, 2002).

Este conceito está relacionado à elevação do terreno, mas também pode fazer referência a qualquer camada acima do solo, como o dossel da vegetação e construções antrópicas, como os edifícios e áreas urbanas (LIN, Z.ZHU, Q., GOLD, 2005; WILSON, 2012), bastando para isso que o modelo represente elevações acima de uma referência altimétrica pré-definida. Esta percepção tem sido ultimamente muito auxiliada pelo uso, em meio computacional, dos chamados Modelos Digitais de Terreno - MDT, uma vez que técnicas a eles aplicadas permitem uma visualização mais integrada do espaço tridimensional (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Por outro lado, a representação da dinâmica das formas do relevo, isto é, da evolução de uma determinada paisagem ao longo do tempo, exige a utilização de simbologias adequadas, de modo a evidenciar as mudanças ocorridas em um dado intervalo de tempo.

A abordagem tetradimensional do relevo terrestre torna a Geomorfologia uma ciência espacial e dinâmica que, justamente por levar em consideração a escala espaço-temporal, acaba por oferecer à sociedade medidas ambientais preventivas de difícil aceitação pelos governantes em geral, precisamente

devido ao fato de constituírem projetos de longo prazo de maturação (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

5. Técnicas para geração de mapeamentos de diferentes escalas geomorfológicas:

Os mapeamentos temáticos são de grande valia para a identificações e classificação de formas no mapeamento geomorfológico. A escolha das legendas, simbologia, cores podem discernir as diferenças de escalas entre objetos em um mesmo mapeamento.

A carta geomorfológica pode ser realizada através de fonte de dados como pares estereoscópicos de fotografias aéreas, mapeamentos geológicos e base cartográfica. As cartas geomorfológicas detalhadas, na concepção de Tricart (1965), devem fornecer uma análise de todos os elementos do relevo, constituindo-se em um documento complexo que gera difíceis problemas cartográficos a serem resolvidos, os quais devem-se, em grande parte, à necessidade de sobreposição de símbolos e cores (CUNHA; MENDES; SANCHEZ, 2003).

Para dados mais detalhados, temos hoje um grande aporte de dados e formas diferentes para coletar e processar dados, com escala de altíssimo grau de refinamento. Técnicas como geração de modelos digitais de elevação podem nos dar informações morfométricas, que são geradas pelos MDEs. Esses estudos de escalas maiores, com maiores detalhamentos são úteis para estudos nas áreas de agricultura de precisão (declividade e aspecto, por exemplo auxiliando na escolha do uso dos solos), estudos de risco de inundação nas bacias hidrográficas (na simulação das áreas inundáveis), e na climatologia, devido à diferentes influências da altitude no direcionamento dos ventos e da incidência solar em áreas de declives acentuados, auxiliando nos entendimentos ambientais (LI; ZHU; GOLD, 2005).

A construção destes modelos pode ser feita a partir da interpolação de pontos cotados e curvas de nível, sendo elas vindas de formatos *raster* ou vetorial (CHEN et al., 2016). As estruturas destes modelos são utilizadas para representação de superfícies, que podem ser em redes irregulares triangulares ou em inglês *Triangulated Irregular Network* – TIN, ou feitas por interpolações aleatórias que gerem modelos em formato *raster* ou *grid* (LI; ZHU; GOLD, 2005; TURNER; LUCIEER; WATSON, 2012; WILSON, 2012).

A grade regular é uma estrutura que se aproxima da superfície real através de um poliedro de faces retangulares ou matrizes de valores de elevação. A geração da grade depende diretamente do interpolador para precisão dos modelos gerados. A malha triangular é um conjunto de poliedros cujas faces são triângulos, e seus vértices são pontos amostrados da superfície, conectados pela triangulação de Delaunay e unidos pelos centros dos polígonos vizinhos (CAMARGO; DRUCK; CâMARA, 2004; FELGUEIRAS, 1986; GROHMANN, 2004).

O nome "modelo digital de elevação" é utilizado como termo geral para se referir aos modelos matriciais contendo informação de elevação. Quando a informação é limitada à elevação do terreno, o MDE é chamado de Modelo Digital de Terreno, ou em inglês *Digital Terrain Model* (DTM), e fornece informações sobre a elevação de qualquer ponto da terra ou da superfície da água. Quando a informação contém a maior elevação de cada ponto, levando em consideração os objetos sobre a superfície do terreno ou acima do solo, o MDE é chamado de Modelo Digital de Superfície, do inglês *Digital Surface Model* - DSM (FOREST; PARK, 2004; POPESCU; WYNNE; NELSON, 2003).

No início da aplicação dos modelos digitais de elevação, eram utilizadas medidas de vegetação calculadas através de estereoscopia e fotogrametrias múltiplas, aplicadas a imagens de satélites e ou aeronaves que dispõem de sensores ativos de abertura sintéticas (SAR) (DANDOIS; ELLIS, 2010). Atualmente estes dados são providos de *LiDAR* devido a sua precisão e métodos de aquisição (ANDERSEN; MCGAUGHEY; REUTEBUCH, 2005).

A maneira mais antiga e tradicional de geração de modelos de terreno é através de coletas em campo, com auxílio de instrumentos como teodolitos e estações totais, utilizados para medir pontos que representem diferenças topográficas no terreno. Contudo, o custo e complexidade destes métodos pode se tornar um fator limitante para a coleta de dados em grandes extensões, ou com alto grau de detalhe. Neste sentido, os métodos de sensoriamento remoto sempre contribuíram de maneira proeminente para a geração de dados topográficos tridimensionais, através de diferentes tecnologias.

Um dos métodos clássicos de geração de modelos de elevação através de dados de sensoriamento remoto é a fotogrametria, que utiliza fotografias aéreas analógicas ou digitais com sobreposições entre si, se valendo do processo chamado de estereoscopia. Contudo, essa metodologia requer dados com configurações de aquisição específicas, e normalmente resolução espacial elevada, raramente disponibilizadas de maneira gratuitas para utilização em pesquisas geomorfológicas e de entendimento dos agentes do espaço.

Nas últimas décadas, o desenvolvimento sensores usando a tecnologia *Light Detection and Ranging* (LiDAR) resultou em um dos métodos mais precisos para geração de modelos digitais de elevação, capaz de fornecer resultados acurados mesmo em regiões cobertas por vegetação densa (LIU; ZHANG, 2007). Os dados gerados a partir de um sensor LiDAR representam pontos tridimensionais na superfície, com informação de coordenadas espaciais x e y e de altitude z, compondo a chamada nuvem de pontos. Estas nuvens podem ser posteriormente convertidas em modelos de elevação com alta precisão e acurácia horizontal e vertical, e com alta resolução espacial (EVANS, 2012).

A geração de MDEs usando LiDAR tem suplantado na literatura o uso de modelos gerados por fotogrametria tradicional, devido ao fato de que os múltiplos retornos penetram o dossel vegetal, favorecendo a identificação da superfície e distinção dos elementos do chão (MENG; CURRIT; ZHAO, 2010). Contudo, estes sensores apresentam um custo de aquisição extremamente elevado, e são comumente transportados em aeronaves tripulas (assim como as câmeras fotogramétricas tradicionais), incorrendo em alto custo de operação.

Nos últimos anos, o crescimento exponencial do uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como “drones”, tem oferecido alta flexibilidade de aquisição de dados, permitindo o acoplamento de diferentes tipos de sensores para imageamento, desde câmeras simples RGB até sensores complexos como LiDAR, sensores hiperespectrais, sensores termais, sonares e outros. Além disto, estas plataformas possuem um custo de aquisição acessível, e custo de operação significantemente inferior à operação de aeronaves tripuladas, reduzindo assim grandemente o custo de aquisição de dados. Este baixo custo tem sido relevante para a ciência, em trabalhos científicos que abordem, por exemplo, o relevo, a geologia e a distribuição da vegetação, já que o imageamento por sensores em VANTs permite a geração de modelos digitais de elevação, ortoimagens, contornos ou curvas de nível, e modelos tridimensionais texturizados (GUPTA; GHONGE; JAWANDHIYA, 2013; NEX; REMONDINO, 2013).

6. Conclusão:

Utilizar-se da cartografia na geomorfologia pode nos proporcionar diferentes perspectivas da paisagem devido as diferentes visões de escalas, proporcionando as percepções de modo singular para uma mesma realidade. Quando estas são relacionadas a geomorfologia, abrangem novos horizontes para

identificar diferentes processos e fenomenos, devido a possibilidade de observas as nuances por diferentes esclas de observação. Os fenômenos e processos poderão ser examinados com mais detalhes em alguns casos, e diferentemente por outros.

A combinação de escalas diferentes para compreensão dos fenômenos pode nos ajudar a compreender melhor as variáveis ambientais e até compreender como o processo está ocorrendo ao longo do espaço.

Entretanto, a cartografia geomorfológica constitui-se em um tipo de mapeamento cuja complexidade é inerente ao próprio objeto de representação.

7. Referências bibliográficas:

ANDERSEN, H.-E.; MCGAUGHEY, R. J.; REUTEBUCH, S. E. Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 94, n. 4, p. 441–449, fev. 2005.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento Geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Eds.). . **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos.** Rio de Janeiro, RJ: [s.n.]. p. 365–392.

BIERMAN, P.; MONTGOMERY, D. R. **Key Concepts in Geomorphology**. 2. ed. New York: W. H. Freeman and Company Publishers, 2013.

CAMARGO, E.; DRUCK, S.; CâMARA, G. Cap 3 - Análise espacial de superfícies por geoestatística linear. **Análise Espacial de Dados Geográficos**, p. 37, 2004.

CHEN, C. et al. A robust interpolation method for constructing digital elevation models from remote sensing data. **Geomorphology**, v. 268, p. 275–287, 2016.

CUNHA, C. M. L.; MENDES, I. A.; SANCHEZ, M. C. A Cartografia do Relevo: Uma Análise Comparativa de Técnicas para a Gestão Ambiental. **Revista Brasileira de Geomorfologia,** v. Ano 4-nº, p. 9, 2003.

DANDOIS, J. P.; ELLIS, E. C. Remote sensing of vegetation structure using computer vision. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1157–1176, 2010.

EISANK, C. Geomorphology Object representations at multiple scales from digital elevation models. v. 129, p. 183–189, 2011.

EVANS, I. S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 94–106, 2012.

FELGUEIRAS, C. A. Modelo Numérico de Terreno. **Dados**, p. 1–39, 1986.

FOREST, B.; PARK, N. 3D Landscape Metrics To Modelling Forest Structure and Diversity. **Sustainable Development**, v. 36, p. 129–132, 2004.

GROHMANN, C. H. Morphometric analysis in geographic information systems: Applications of free software GRASS and R. **Computers and Geosciences**, v. 30, n. 9–10, p. 1055–1067, 2004.

GUPTA, S. G.; GHONGE, M. M.; JAWANDHIYA, P. M. Review of Unmanned Aircraft System. **International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology**, v. 2, n. 4, p. 2278–1323, 2013.

KOHLER, H. C. A Escala na Análise Geomorfológica. **Revista Brasiliera de Geomorfologia**, v. 1, n. 3, p. 21–31, 2002.

LIN, Z.ZHU, Q., GOLD, C. **Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology**. New York: CRC Press, 2005. v. 19

LIU, X.; ZHANG, Z. The effect of LiDAR data density on DEM accuracy. **MODSIM07: International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability**, p. 1363–1369, 2007.

MENEZES, P. M. L. DE; FERNANDES, M. DO C. **Roteiro de Cartografia**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.

MENG, X.; CURRIT, N.; ZHAO, K. Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues. **Remote Sensing**, v. 2, n. 3, p. 833–860, 2010.

MULLIGAN, M.; WAINWRIGHT, J. **Environmental Modelling: Finding Simplicity in Complexity**. 2ed. ed. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2013.

NEX, F.; REMONDINO, F. UAV for 3D mapping applications: a review. **Applied Geomatics**,

v. 6, p. 1–15, 2013.

PAPARODITIS, N.; POLIDORI, L. Generation of digital terrain and surface models. In: MICHEL KASSER AND YVES EGELS (Ed.). . **Digital Photogrammetry**. London: Taylor & Francis, 2002.

POPESCU, S. C.; WYNNE, R. H.; NELSON, R. F. Estimating plot-level tree heights with lidar: Local filtering with a canopy-height based variable window size. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 37, n. 1–3, p. 71–95, 2003.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. . Algumas Técnicas de Pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Ed.). . **Praticando Geografia – técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

TRICART, J. Principes et méthodes de la geomorphologie. **Annales de géographie**, v. 411, p. 598–601, 1965.

TURNER, D.; LUCIEER, A.; WATSON, C. An Automated Technique for Generating Georectified Mosaics from Ultra-High Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery, Based on Structure from Motion (SfM) Point Clouds. **Remote Sensing**, v. 4, n. 12, p. 1392–1410, 14 maio 2012.

WILSON, J. P. Digital terrain modeling. **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 107–121, 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CHAVE DE INTERPRETAÇÃO PARA MAPEAMENTO DE DESMANCHE AUTOMOTIVO A CÉU ABERTO – ESTUDO DO CASO NA ZONA SUL DE TERESINA PIAUÍ

Igor de Castro Sousa [(a)], Jessiane Frazão Nunes [(b)], Abílio Gomes Figueredo Neto [(c)], Juliana Gonçalves de Sousa [(d)], Carlos André Carvalho da Silva [(e)]

[(a)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, igor258.castro@gmail.com

[(b)] Instituto federal do Piauí, Campus Teresina central, jessifrazão03@gmail.com

[(c)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, abiliotleo@hotmail.com

[(d)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, julianahsousa2013geoproc@gmail.com

[(e)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, karlosandre777@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A produção de veículos automotores vem a cada ano gerando resíduos degradantes do meio ambiente no Brasil, pois não há, no país, empresas que façam a reutilização completa de toda a estrutura dos veículos em sua fase final de vida, o que é feito apenas é a comercialização das peças reaproveitáveis, e o restante da carcaça dos veículos é abandonada em terrenos ao ar livre, gerando poluição visual e ambiental, essa prática também maximiza a proliferação de vetores no meio urbano que estão inseridos. Essa é a destinação comum de veículos em final de vida no país, que são alocados em desmanches a céu aberto, o que ocasiona impactos ao meio ambiente. Isso se dá, principalmente, pela falta de políticas públicas no intuito a organizar a destinação e o tratamento dos resíduos provocados por essa atividade. Verificou-se a legislação existente no país com o intuito

ISBN: 978-85-7282-778-2

de descobrir se há, por parte dos gestores públicos federais, estaduais e municipais, preocupação com os impactos provocados ao meio ambiente, constatando-se, que, não existe legislação que busque orientar as empresas a minimizar os impactos ao meio ambiente e à destinação final dos resíduos. O objetivo deste trabalho é elaborar, por meio de técnicas e interpretação de imagens de satélite, chaves de interpretação para o reconhecimento de feições que representam desmanches a céu aberto na zona sul de Teresina estado do Piauí.

Palavras chave: imagens de satélite, sensoriamento remoto, desmanches, geoprocessamento.

1. Introdução

O Brasil tem uma das maiores frotas de automóveis do mundo. Segundo Rodrigues (2018) a frota brasileira de automóveis cresceu 1,2% em 2017, passando a 43,4 milhões de unidades circulantes em todo o país. Joaquim Filho (2012) aponta ainda que um veículo quando atinge seu final de vida útil, com aproximadamente 20 anos de uso, se não for abandonado nas ruas, acarretando em um gasto para o poder público e para a sociedade, além de ocupar indevidamente o espaço público, o veículo acaba em um desmanche.

A atividade busca promover o ciclo reverso de peças que podem ser reaproveitadas e/ou inseridas na manufatura, o que mitiga impactos ao meio ambiente ao prolongar o uso de peças. Mas, por outro lado, a armazenagem e o trabalho com os automóveis podem trazer inúmeros outros impactos ao meio ambiente. Segundo Oliveira e Cunha (2007) como citado em Andrade, et al (2017), é importante que a empresa avalie suas atividades, identificando os possíveis impactos ambientais provocados de modo a propor soluções que minimizem os danos tanto para o meio ambiente quanto para as pessoas envolvidas.

A indústria automobilística tem um grande desafio que é reduzir os efeitos danosos dos seus produtos ao meio ambiente durante a produção, o uso e descarte final, através de processos eficazes e escolha de materiais que demandem menores quantidades de matérias

primas, menos energia para serem convertidos e sejam mais fáceis de serem reaproveitados no final de vida. (Joaquim Filho, 2012).

O acúmulo de carcaças em terrenos e ao ar livre é cena comum em muitas cidades brasileiras. Esse tipo de negócio provoca além de poluição visual, prejuízos ao meio ambiente, tendo em vista que esses veículos possuem diversos resíduos e fluidos contaminantes que, com a ação do tempo podem vir a entrar em contato com o solo do local e ainda com a infiltração e escoamento provocado pela chuva, podem contaminar mananciais de água. A ação de desmanche inadequado pode também levar a contaminação quando não for levado o cuidado com a coleta de tais resíduos e fluidos para que não atinjam o solo.

Em um levantamento sobre a legislação, verificou-se que não existem, no país, leis específicas que tratam sobre a destinação de veículos em final de vida. No Brasil não existe regulamentação para o descarte dos veículos velhos e sem condições de circulação e o país não possui empresas especializadas neste serviço. Por esta razão, os veículos acabam sendo levados para desmanches e depósitos expostos poluindo o meio ambiente. (Joaquim Filho, 2012, p. 23).

Dessa forma os veículos que não podem retornar a circulação, são abandonados em vias públicas ou destinados a depósitos a céu aberto ou desmanches, sofrendo todo tipo de intempérie do tempo, e se, a desmontagem das peças for feita de modo inadequada, isso pode acabar provocando a contaminação do meio ambiente. É importante a atuação do poder público na fiscalização e controle dessa atividade para evitar problemas para a vizinhança, quando se encontra no meio urbano, bem como para o meio ambiente, tendo em vista os resíduos sólidos e químicos.

Considerando os desmanches uma atividade com baixo nível de repercussão para monitoramento e acompanhamento dessa, ferramentas que possam subsidiar o reconhecimento desses ambientes e seu impactos são fundamentais para manutenção da qualidade ambiental urbana. Dentre essas, pode-se sugerir o uso do sensoriamento remoto. O Sensoriamento Remoto é a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar

o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações. (Novo, 1992).

A interpretação de imagens de satélite é dividida, segundo Filho (2000), em fotoleitura, foto análise e fotointerpretação. A fotoleitura consiste na identificação de feições ou objetos nas imagens, a fotoanálise verifica a relação entre as imagens buscando associações entre suas partes agrupando feições similares e a fotointerpretação utiliza o raciocínio lógico e indutivo a fim de estabelecer as diretrizes e os processos que criaram as feições e objetos identificados.

Após esse processo, são elaboradas chaves de interpretação de acordo com Filho (2000). Esse método permite um estudo comparativo entre imagens e fotografias de feições conhecidas que são usadas como guias. As chaves são particulares para cada campo de uso. O mesmo autor aponta ainda que a composição de uma chave pode ser uma coleção de imagens ou fotografias ilustrativas de feições e palavras ou gráficos descritivos que dão início ao reconhecimento de características das feições, objetos ou condições impressas nas imagens. Nessa caracterização são definidos elementos de interpretação, quais sejam: tonalidade, cor, textura, forma, estrutura e sombra das feições. Florenzano (2002) como citado em Osco et al, (2015).

No município de Teresina, capital do estado do Piauí, a realidade não é diferente, vários são os desmanches vistos na cidade. O objetivo deste trabalho é o reconhecimento dos locais de desmanche a céu aberto, através da técnica de Sensoriamento Remoto por meio de imagens de satélite, com a elaboração de chaves de interpretação.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em Teresina, capital do estado do Piauí. Fica localizado na região conhecida como meio norte nordestino às margens do Rio Parnaíba, fronteira natural com o estado do maranhão, e é cortado pelo rio Poti. Possui uma população estimada em 861 442 habitantes, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018). O estudo teve como foco a zona sul

da cidade. De acordo com o site da Secretaria Municipal de Planejamento (SEMPLAM) (2018), a área de estudo é composta por 35 bairros, representando 28,5% do total de bairros, possui área Territorial de 68,88 km2, representa 28,7% da área urbana e população residente igual a 237.059 pessoas o que representa 30,9% da população urbana, possuindo uma densidade demográfica de 3.441,62 hab/ km2.

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

2.2. Aquisição e manipulação de dados

O caráter exploratório praticado deve-se a escassa bibliografia referente a esse tema. Para a realização deste trabalho buscou-se desenvolver bases factuais, por meio de pesquisas na internet da legislação que rege a destinação dos veículos em final de vida, em sites oficiais tanto da esfera federal quanto das esferas estadual e municipal como mostra a tabela I. Nenhuma das leis trata sobre os impactos ambientais provocados pelo acúmulo de carcaças automotivas a céu aberto. Isso evidencia que o poder público não demonstra interesse nos possíveis impactos provocados por essa atividade.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Legislação consultada nos sítios do Governo.

Tabela I - legislação consultada

Lei federal nº 12.977 de 20 de maio de 2014 - regula e disciplina a atividade de desmontagem de veículos automotores terrestres.
Lei federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 - institui a política nacional de resíduos sólidos.
Lei estadual nº 6.956 de 20 de março de 2017 - regula a desmontagem de veículos automotores terrestres.
Lei estadual Nº 3.558, de 20 de outubro de 2006 - institui o Plano Diretor de Teresina, denominado Plano de Desenvolvimento Sustentável.
Revisada e atualizada até a Emenda nº 19/2011 - lei orgânica do município de Teresina.

Nenhum desses documentos orienta a mitigação de impactos ambientais desse tipo de atividade, ocorrendo apenas algumas menções pontuais. Em 2014 entrou em vigência a lei n. 12.977 (2014), que tem a finalidade de regular e disciplinar a atividade de desmonte de veículos automotores terrestres sujeitos ao registro no Código de Trânsito Brasileiro. Os possíveis impactos ambientais causados pela atividade não são previstos nesta lei.

Para a elaboração da chave foram utilizadas fotografias in loco tiradas em desmanches na cidade de Teresina a fim de se obter as características comuns a esse tipo de atividade, que serviram de parâmetro para a construção da chave de interpretação. Após a confecção da chave de interpretação, foi utilizado o programa Google Earth Pro, desenvolvido pela Google e que traz um modelo tridimensional do globo terrestre com imagens de satélite de alta resolução espacial, para a identificação dos possíveis locais de desmanche de veículos.

3. Resultados e discussões

Nenhuma das leis trata sobre os impactos ambientais provocados pelo acúmulo de carcaças

automotivas a céu aberto. Isso evidencia que o poder público não demonstra preocupação nos possíveis impactos provocados por essa atividade. As chaves de interpretação podem auxiliar à criação de legislação, pois correspondem à uma técnica para a identificação e monitoramento do locais de desmanche, minimizando despesas do poder público, tendo em vista que, a identificação em campo é mais demorada e possui custo mais elevado.

Durante o processo de elaboração das chaves de interpretação foi observado os tipos de textura presente, dadas às características dos automóveis, (pequeno, médio e grande porte). Segundo Filho (2000) para a textura é necessário em um primeiro momento definir o elemento de textura que consiste na menor superfície contínua e homogênea distinguível na imagem e passível de repetição. A Figura 2 mostra o tipo de textura presente em um local de desmanche de veículo.

Figura 2 – Veículos depositados em um terrena a céu aberto.

A textura existente em uma imagem que representa um ferro velho é do tipo poligonal, pois o formato dos veículos segue padrões geométricos, e seu formato se aproxima da forma retangular e geralmente ficam agrupados de forma não padronizada, conforme mostra a Figura 3, permitindo

ISBN: 978-85-7282-778-2

distinguir um local de desmanche a céu aberto de outros como, por exemplo, um estacionamento. E por último o agrupamento dessas características define uma estrutura irregular que representa o tipo de desmanche estudado.

Figura 3 – Forma retangular dos veículos

A figura 4 apresenta o resultado da confecção da chave de interpretação. Essa chave é composta por uma imagem de satélite de um desmanche e uma descrição de características presentes e comuns a essa atividade. Com isso é possível fazer a correlação entre essa feição e outras com características semelhantes, possibilitando assim sua identificação através do sensoriamento remoto.

ISBN: 978-85-7282-778-2

	A - formato retangular dos automóveis presente em veículos de pequeno, médio e grande porte. B - agrupamento irregular dos automóveis. Falta de estrutura com variação de textura devido à disposição, tamanho e formato dos automóveis.

Figura 4 – Exemplo de chave de interpretação de desmanche a céu aberto.

Com o uso da chave de interpretação foi possível identificar 20 desmanches a céu aberto na zona sul da cidade como mostra a figura 5. Para a confirmação dos resultados foram feitas visitas em campo de acordo com as coordenadas de pelo menos cinco pontos identificados a fim de se validar os resultados.

ISBN: 978-85-7282-778-2

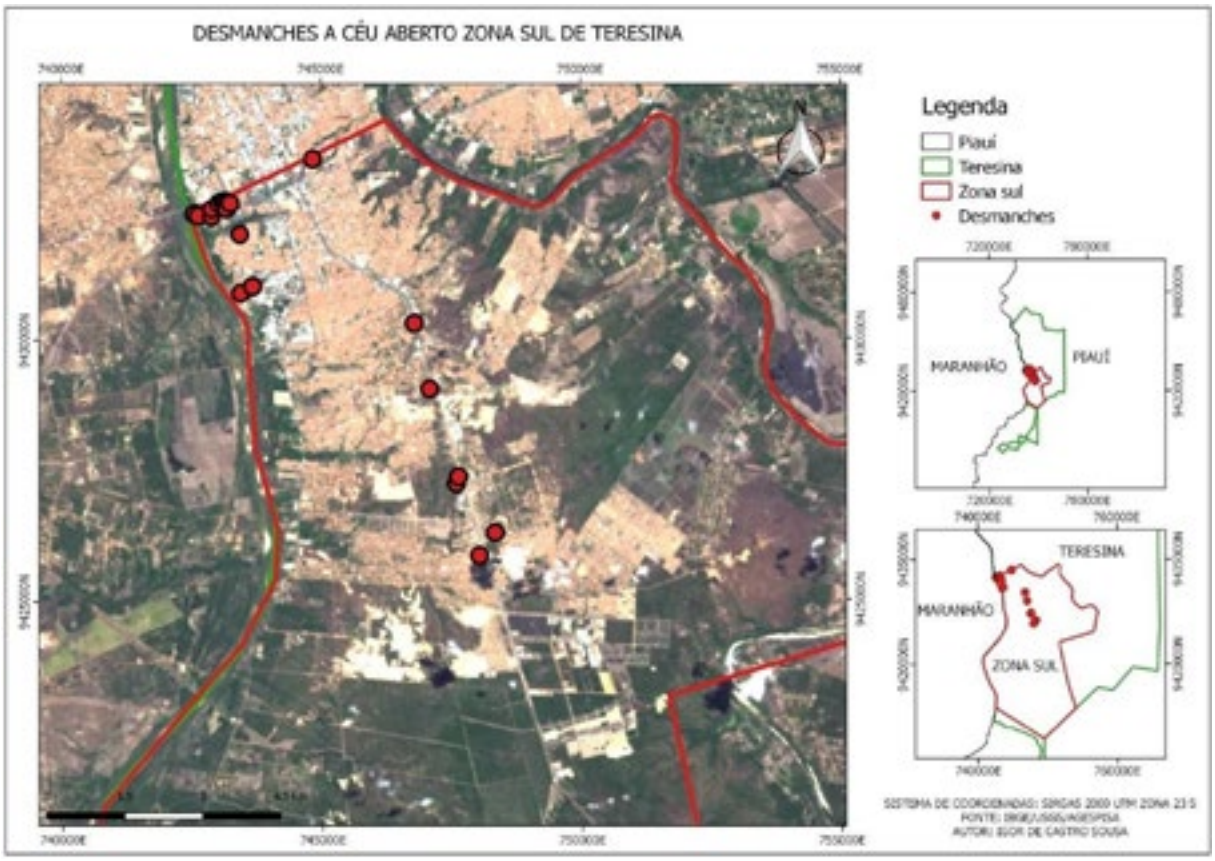


Figura 5 – Localização de desmanches a céu aberto na zona sul de Teresina

Pode-se observar a disposição dos desmanches. Os pontos identificados concentram-se basicamente em dois grupos, o primeiro fica localizado às margens da BR 316 que corta a cidade de Teresina no sentido norte-sul. O outro grupo concentra-se, em grande parte, às margens da BR 226 que corta Teresina no sentido leste-oeste. Isso mostra que os desmanches costumam se concentrar em locais de grande circulação de veículos.

4. Considerações finais

O presente trabalho abordou a elaboração de uma chave de interpretação para a extração de feições que representam um desmanche a céu aberto, a partir de ortofotografias digitais, na zona sul da

ISBN: 978-85-7282-778-2

cidade de Teresina. Conclui-se que a chave auxilia no reconhecimento de alvos identificados em imagens de Sensoriamento Remoto, fornecendo suporte para o mapeamento de desmanches presentes no local de estudo. Esse levantamento é importante, tendo em vista que essa atividade ocasiona impactos ambientais.

A falta de atuação do poder público no sentido de regular essa atividade, como foi verificado pela quase inexistência de legislação, evidencia que a sociedade não demonstra preocupação pelos impactos provocados, e os riscos de contaminação que essa atividade ocasiona. A questão dos desmanches a céu aberto passou a ser apenas mais um componente da paisagem da cidade. É preciso estimular na sociedade a preocupação com os impactos provocados por essa atividade. Com isso, o poder público tende a dar mais atenção ao tema, criando-se, por conseguinte, mais legislações que visem solucionar essa problemática. Só assim a questão da destinação dos veículos em fase final de vida pode ser atenuada.

Os 20 (vinte) desmanches identificados, representam a proporção de 1 (um) desmanche para cada 11853 (onze mil oitocentos e cinquenta e três) habitantes da zona sul de Teresina. Além disso, eles se encontram na zona urbana, muitas vezes em meio às moradias, o que aumenta as chances de contaminação e proliferação de vetores.

5. Referências Bibliográficas

Andrade, D., Souza, S., Bezerra, P., Gonçalves, G. (2017) **Impactos Ambientais na Gotemburgo Veículos LTDA - Filial C. GRANDE - PB.** Campina Grande. Anais do V Simpósio de Engenharia de Produção - SIMEP.

Filho, B. S. S. (2000). **Interpretação de imagens de satélite: curso de especialização em geoprocessamento**, Belo Horizonte: Departamento de Cartografia Centro de Sensoriamento Remoto UFMG.

Joaquim Filho, J. (2012). Tratamento dos Veículos em Final do Ciclo de Vida no Brasil: Desafios e Oportunidades. **São Paulo: Instituto Mauá de Tecnologia.**

Osco, L., Grande, L., Baptistuci, L., Ribeiro, N., Ramos, A. (2015). **Chave de interpretação para mapeamento de feições hidrogeomorfológicas - estudo de caso Pontal do Paranapanema/SP.** Revista ANAP Brasil**.** 8(12), 67-82.

Rodrigues, L. (2018). **Frota de veículos no Brasil cresce, mas continua envelhecida.** Recuperado em: https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2018/04/13/internas_economia,951278/frota-de-veiculo s-no-brasil-cresce-mas-continua-envelhecida.shtmll.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETOS DE IMAGENS TM E OLI: UMA APLICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAMANDUCAIA, PARA OS ANOS DE 2007 E 2018

Cassiano Gustavo Messias [(a)], Raul Reis Amorim [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), E-mail: cassianomessiaslavras@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), E-mail: raulreis@unicamp.br

Eixo: GEOTECNOLOGIAS E MODELAGEM APLICADA AOS ESTUDOS AMBIENTAIS

Resumo: O objetivo deste trabalho é realizar o mapeamento do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Camanducaia (MG e SP), nos anos de 2007 e 2018. Utilizaram-se imagens Landsat TM e OLI, e o mapeamento foi realizado através de técnicas de classificação orientada a objetos em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Os resultados mostraram que os usos mais comuns na área em estudo são pastagens e matas. Os índices *Kappa* e exatidão global apresentaram valores elevados, comprovando que a classificação apresentou bons resultados. Contudo, a segmentação teve melhor desempenho no caso das imagens do sensor OLI, devido à maior resolução radiométrica.

Palavras chave: Classificação de imagens digitais; sensoriamento remoto; uso da terra; bacias hidrográficas; s*upport vector machine*.

1. Introdução

O uso da terra se refere à maneira em que a superfície tem sido usada pelos homens, geralmente com ênfase no papel funcional de terra para atividades econômicas. O padrão de uso e cobertura da terra de uma região é um resultado de fatores naturais, socioeconômicos e sua utilização pelo homem no tempo e no espaço (RAWAT; KUMAR, 2015).

A avaliação de bacias hidrográficas e o desenvolvimento de estratégias de manejo exigem uma análise precisa do uso da terra. As mudanças de uso da terra são determinantes nos processos hidrológicos e ecológicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica (BUTT *et al.,* 2015), além de serem uma das principais causas das mudanças ambientais globais, tendo sua importância nos debates sobre desenvolvimento sustentável (REGAZY; KALOOP, 2015).

Deste modo, mapas precisos e atualizados de uso da terra são recursos importantes na tomada de decisões e no planejamento (FORKUOR *et al.,* 2017).

As ferramentas de sensoriamento remoto, que são inovações tecnológicas que surgiram na década de 1970, têm grande importância para análises ambientais e constituem-se como principal forma atual de fazer cartografia (ALMEIDA *et al.,* 2018). Neste sentido, o rápido progresso na tecnologia de sensoriamento remoto na última década, tem favorecido a obtenção de dados para observação da Terra (CHENG *et al.,* 2017). Um dos avanços recentes são as técnicas de classificação orientada a objetos, as quais tem se tornado mais populares (BLASCHKE, 2010).

Este trabalho tem como objetivo realizar o mapeamento do uso da terra da bacia hidrográfica do rio Camanducaia, localizada entre os estados de São Paulo e Minas Gerais. Para isto, serão utilizadas técnicas de classificação orientada a objetos, as quais serão aplicadas em imagens Landsat dos anos 2007 e 2018. Após o processo classificatório será realizada a avaliação da classificação.

2. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Camanducaia apresenta aproximadamente área de 1.039,14 km², e a gestão dos seus recursos hídricos se dá através do Comitê de Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí – PCJ (Figura 1).

O Rio Camanducaia nasce a aproximadamente 1.500 metros de altitude a noroeste do município de Toledo no Estado de Minas Gerais e tem sua foz no Rio Jaguari na cidade de Jaguariúna (SP). Esta bacia hidrográfica drena além do município de Toledo (MG), os municípios de Amparo, Holambra Jaguariúna, Monte Alegre do Sul, Pedra Bela, Pedreira, Pinhalzinho, Santo Antônio de Posse, Serra Negra e Socorro, todos no estado de São Paulo. O Rio Camanducaia é um dos principais tributários do Rio Jaguari, que ao confluir com o Rio Atibaia, forma o Rio Piracicaba (MARTINS, 2011, p. 27).

ISBN: 978-85-7282-778-2

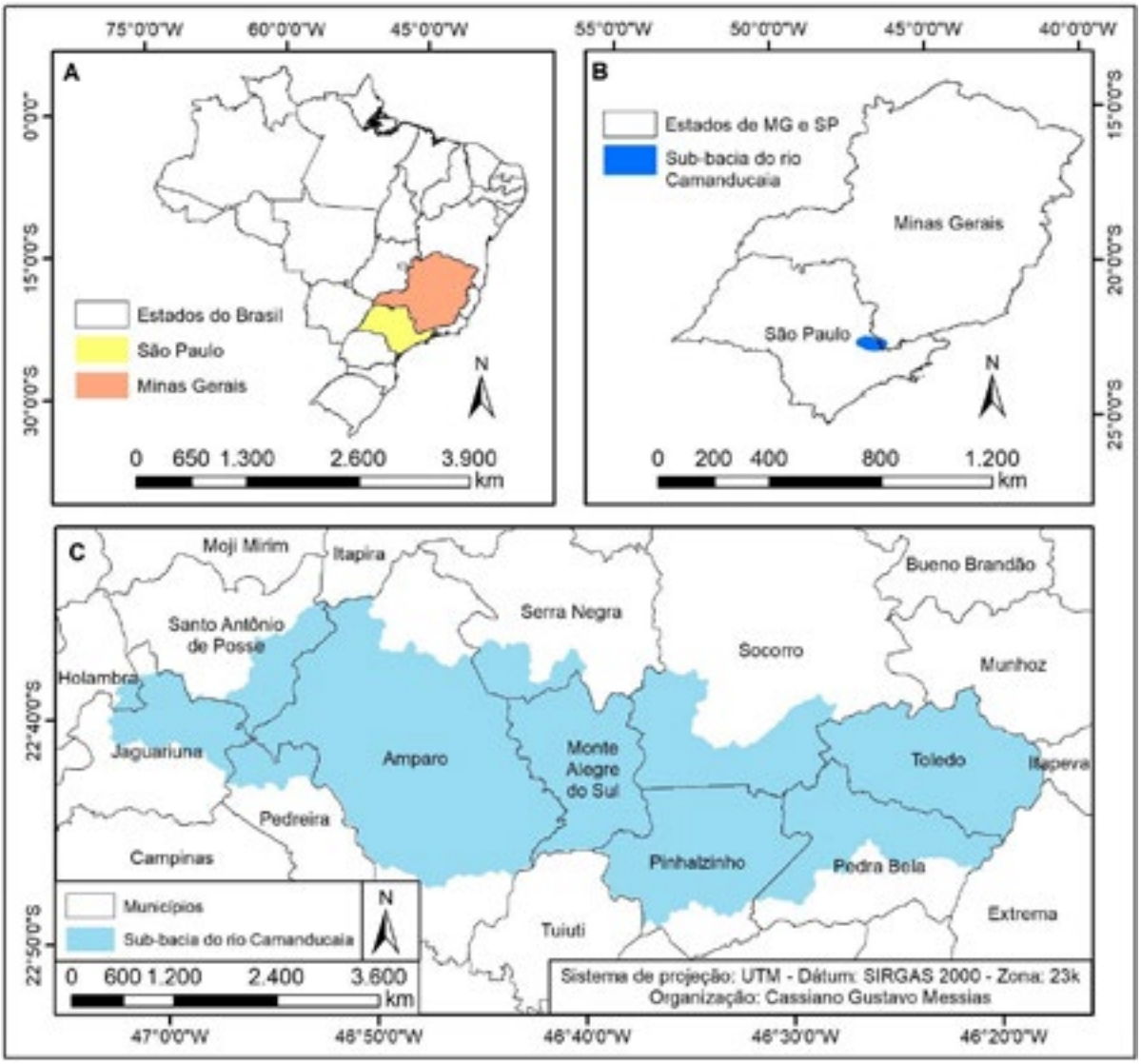


Figura 1 – Localização da área de estudo em escala nacional (A), estadual (B) e municipal (C).

A referida bacia hidrográfica é caracterizada por ser uma área com a predominância de morros e baixos morros, em substrato Pré-Cambriano, típico dos domínios da província geomorfológica do Planalto Atlântico (MARTINS, 2011, p. 35). Tal configuração da litologia e modelado, faz com que a bacia hidrográfica apresente uma alta densidade de drenagem.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Materiais e métodos

Foram utilizadas imagens obtidas pelos sensores multiespectrais *Thematic Mapper* (TM) e *Operation Land Imager* (OLI), dos satélites Landsat 5 e 8, respectivamente. O sensor TM operou com sete bandas espectrais, resolução espacial de 30 m, resolução temporal de 16 dias e resolução radiométrica de 8 bits. Já o sensor OLI possui nove bandas, resolução espacial de 30 m, resolução temporal de 16 dias e resolução radiométrica de 12 bits.

Foram selecionadas imagens que abrangem a bacia hidrográfica do rio Camanducaia, para os anos de 2007 e 2018, através do portal Earth Explorer (USGS, 2018) (Tabela I). Estas imagens foram solicitadas com correções geométrica e atmosférica (reflectância na superfície) e reprojetadas para o hemisfério Sul.

Tabela I: Produtos Landsat utilizados no mapeamento de uso da terra.

Órbita / ponto	ID	Data
220/76	LT05_L1TP_220076_20070823_20161111_01_T1	23/08/2007
219/76	LT05_L1TP_219076_20070816_20161112_01_T1	16/08/2007
220/76	LC08_L1TP_220076_20180821_20180829_01_T1	21/08/2018
219/76	LC08_L1TP_219076_20180814_20180828_01_T1	14/08/2018

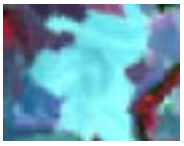
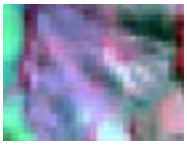
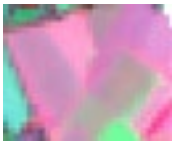
O software ENVI 5.3 foi utilizado no processo de classificação. As imagens foram importadas e foi feito o mosaico das duas cenas, para cada ano, e foi realizado o recorte da área que abrange a bacia hidrográfica do rio Camanducaia. Foram geradas composições coloridas falsa-cor (5R/4G/6B no caso de produtos OLI e 4R/3G/5B para TM) e cor verdadeira (4R/3G/2B para OLI e 3R/2G/1B para TM). Foi aplicado o contraste linear 2%, com a finalidade de melhorar a qualidade visual das imagens.

O mapeamento de uso do solo foi feito a partir de técnicas de classificação orientada a objetos, que é dividida em duas etapas iniciais: segmentação das imagens e a construção de amostras de treinamento. No processo de segmentação, foi utilizado o algoritmo *Edge* e o valor 20 no *Segment Setting*, e *Full Lambda Schedule* e o valor 80 no *Merge Setting*. Os

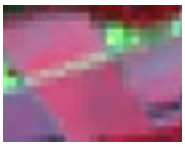
valores foram escolhidos por tentativa e erro, através de uma avaliação visual da segmentação das imagens aplicando diferentes números.

Antes da seleção de amostras de treinamento, foram escolhidas as classes a serem identificadas no processo classificatório. Foram criadas quantas classes fossem necessárias para um melhor desempenho do classificador. O quadro I apresenta as chaves de interpretação para a seleção de amostras de treinamento das 12 classes selecionadas.

Quadro I: Chaves de interpretação e classes identificadas no processo classificatório.

Classe	Cor	Textura	Forma	Imagem (5R/4G/6B)
Solo exposto 1	Ciano	Lisa	Geométrica	
Solo exposto 2	Verde	Lisa	Geométrica	
Solo exposto 3	Branco	Lisa	Geométrica	
Pastagem 1	Azul claro	Média	Irregular	
Pastagem 2	Roxo	Média	Irregular	
Cultura 1	Rosa claro	Lisa	Geométrica	

ISBN: 978-85-7282-778-2

Classe	Cor	Textura	Forma	Imagem (5R/4G/6B)
Cultura 2	Rosa escuro	Lisa	Geométrica	
Cultura 3	Vermelho	Lisa	Geométrica	
Mata densa	Vermelho escuro	Rugosa	Irregular	
Mata ciliar	Vermelho escuro	Média	Irregular	
Silvicultura	Vermelho brilhante	Lisa	Geométrica	
Água	Verde escuro	Lisa	Irregular	

Após a escolha das classes, foi realizado o processo de seleção de amostras de treinamento. A partir do vetor de segmentação da imagem, associado com as composições coloridas, foram selecionadas entre 50 e 100 amostras para classe, a depender da disponibilidade de áreas representativas dentro da imagem. A classificação foi feita pelo algoritmo *Support Vector Machine*, que para a grande maioria das classes, permitiu obter maior precisão dos resultados. Os procedimentos de classificação orientada a objetos no ENVI podem ser encontrados com maior detalhe em Messias e Ayer (2017).

Após obter os resultados, a classificação foi exportada em formato vetorial. Este arquivo foi importado no ArcGIS 10.2, onde buscou-se, visualmente, identificar possíveis erros de

ISBN: 978-85-7282-778-2

classificação, os quais foram editados. Além disto, os polígonos associados a áreas urbanas foram definidas manualmente, visto que após testes realizados, percebeu-se que a classificação automática não gerou bons resultados. Foi feita a junção das subclasses em grandes classes (por exemplo, mata densa e mata ciliar foram reclassificadas como mata).

Por fim, avaliou-se a acurácia da classificação. O número de amostras utilizadas foi selecionado proporcionalmente à quantidade de polígonos obtidos em cada classe. Foram amostrados, aleatoriamente, 3 % dos polígonos gerados para cada classe (porém considerou-se um valor mínimo de 5 amostras no caso de classes com pouca expressividade). Estas amostras foram avaliadas com base em imagens de alta resolução, disponíveis no Google Earth, nas próprias composições coloridas e também pelo conhecimento da área de estudo. Foi construída uma matriz de confusão e foram gerados os índices *Kappa* e exatidão global.

4. Resultados e discussão

4.1 Uso da terra

O resultado da classificação mostrou que, no ano de 2007, o uso mais comum estava associado às áreas de pastagem, que ocupava 42,44% da área (Figura 2; Tabela II). Na sequência, as matas tinham grande representatividade, já que matas ciliares e fragmentos de mata ocupavam 40,84% da área de estudo.

Os cultivos agrícolas, que abrangem culturas temporárias e culturas permanentes, representavam 7,37%. As áreas de solo exposto, que na maioria das vezes eram terrenos que estavam sendo preparados para o cultivo, representavam 3,69%. A silvicultura na área, relacionada ao cultivo de eucalipto, abrangia 2,89%. As áreas urbanas representavam 2,04%, e enquanto os corpos d'água 0,73%.

ISBN: 978-85-7282-778-2

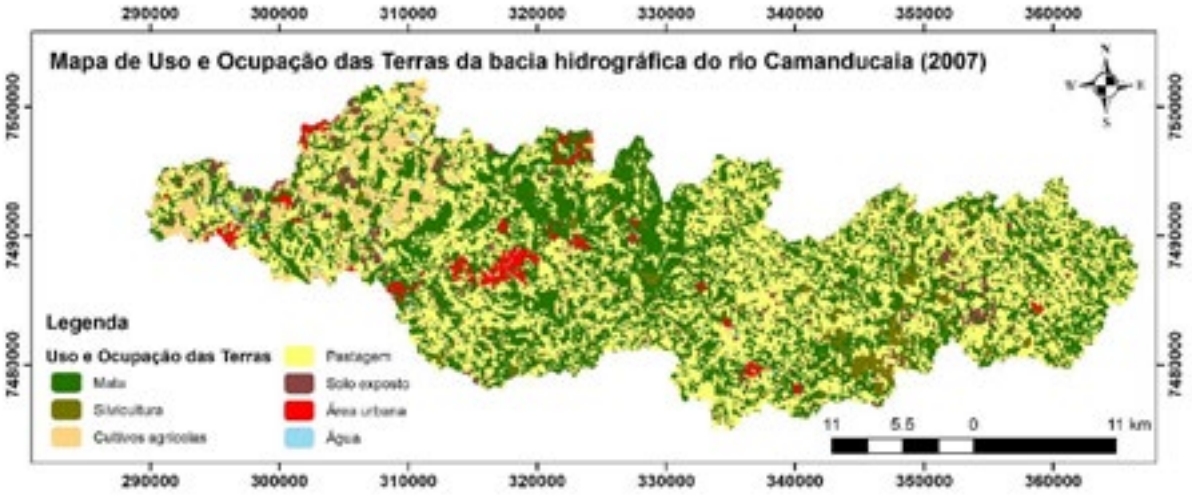


Figura 2: Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Camanducaia em 2007.

Tabela II: Área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo no ano de 2007

Classe	Área (km²)	Área (%)
Cultivos agrícolas (CA)	76,57	7,37
Mata (MA)	424,34	40,84
Água (AG)	7,64	0,73
Silvicultura (SI)	30,01	2,89
Solo exposto (SE)	38,37	3,69
Área urbana (AU)	21,18	2,04
Pastagem (PA)	441,04	42,44
Total	1039,14	100,00

No ano de 2018, o uso predominante foram também as pastagens, que ocupavam 46,70% da área. Em relação à classe mata, houve queda no percentual identificado, pois no ano em questão esta classe apareceu com 33,02%. Esta queda expressiva se deu devido ao processo de segmentação da imagem de TM não ter sido tão eficiente como na imagem OLI. A imagem OLI possui maior resolução radiométrica, o que permitiu melhor a definição das bordas entre uma classe e outra. Deste modo, no processo de segmentação das imagens TM, houve dificuldade maior do algoritmo em perceber os limites entre as classes (Figura 3 e Tabela III).

ISBN: 978-85-7282-778-2

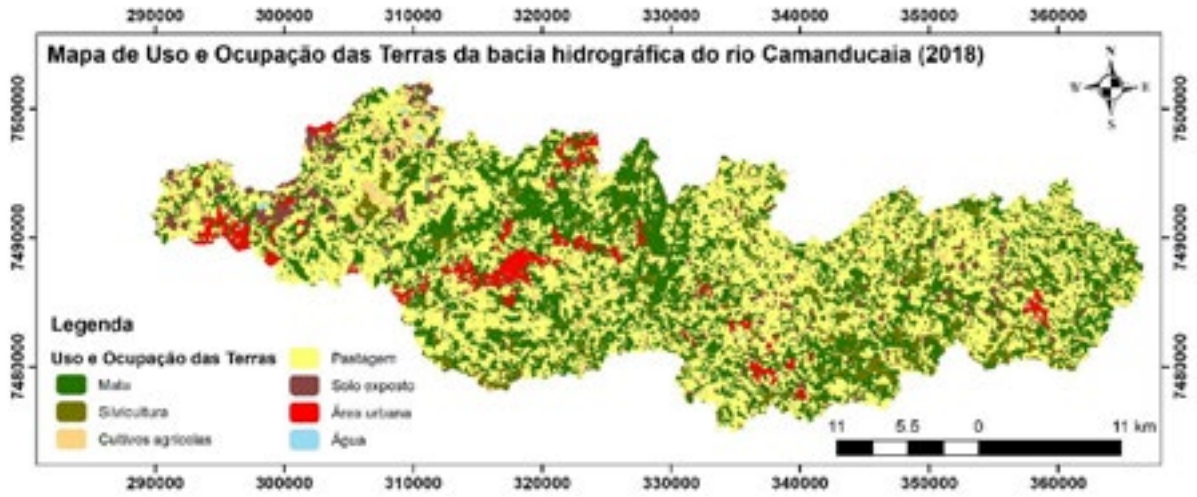


Figura 3: Mapa de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Camanducaia.

Tabela III: Área ocupada pelas diferentes classes de uso do solo no ano de 2018.

Classe	Área (km²)	Área (%)
Cultivos agrícolas (CA)	62,35	6,00
Mata (MA)	343,08	33,02
Água (AG)	3,99	0,38
Silvicultura (SI)	59,74	5,75
Solo exposto (SE)	48,64	4,68
Área urbana (AU)	36,11	3,47
Pastagem (PA)	485,23	46,70
Total	1.039,14	100,00

Houve o crescimento da silvicultura, que passou a representar 5,75%. Os cultivos agrícolas e os solos expostos passaram a ocupar, respectivamente, 6,0% e 4,68%. As áreas urbanas expandiram, ocupando 3,47%. Por sua vez, os corpos d'água apresentaram volume abaixo, representando 0,38%.

4.2 Avaliação da classificação

Para o mapa de 2007, o processo segmentou um total de 6.393 polígonos e, para o cálculo da acurácia, 3% dos polígonos foram avaliados, ou seja, 195 polígonos. O número de polígonos avaliados em cada classe foi proporcional ao total de polígonos observados nelas. Através da matriz de confusão (Quadro II), foi possível constatar que a classificação da bacia

hidrográfica do rio Camanducaia apresentou índice de exatidão global de 0,9128, que significa que 91,28% dos polígonos amostradas foram classificadas corretamente. O valor de índice Kappa foi de 0,89, considerado excelente por Congalton e Green (1999).

Quadro II: Matriz de confusão da classificação realizada pelo algoritmo SVM em 2007.

		Verificação em campo e por imagem de maior resolução								
		CA	**MA**	**PA**	**SI**	**SE**	**AG**	**AU**	**Total**	**EC**
Imagem classificada	**CA**	17		2		1			20	0,15
	MA	3	45		5				53	0,15
	PA	2		53		3			58	0,09
	SI				10				10	0,00
	SE			1		33			34	0,03
	AG						15		15	0,00
	AU							5	5	0,00
	Total	22	45	56	15	37	15	5	195	
	EO	0,23	0,00	0,05	0,33	0,11	0,00	0,00		

Constatou-se que os maiores erros de classificação estão associados a coberturas vegetais. 15% dos polígonos de cultivos agrícolas pertentes a outros usos, sendo eles pastagem ou solo exposto. As matas também tiveram erro de comissão de 15%, sendo que polígonos atribuídos a esta classe pertencem a cultivos agrícolas e silvicultura. Os erros de comissão das pastagens foi de 9%, pois houve confusão com solo exposto e cultivos agrícolas. Os erros de comissão de solo exposto foram de 3%, pois houve confusão com pastagem.

Em relação aos erros de omissão, 33% dos polígonos associados a silvicultura foram classificados como mata. Além disto, 23% dos polígonos de cultivos agrícolas foram atribuídos a matas e pastagem. 11% do solo exposto foi classificado como cultivos agrícolas e pastagem. Por fim, 5% das pastagens foram atribuídas a cultivos agrícolas e solo exposto. As classes água e áreas urbanas não tiveram erros na amostragem.

No mapeamento do ano de 2018 foram segmentados 7.265 polígonos e, para o cálculo da acurácia do mapa, 220 polígonos foram avaliados. A matriz de confusão (Quadro III) mostra que o índice de exatidão global foi de 0,9318, ou seja, 93,18 % dos polígonos

ISBN: 978-85-7282-778-2

amostradas foram classificadas corretamente. O valor de índice Kappa foi de 0,914, valor excelente na visão de Congalton e Green (1999).

Quadro III: Matriz de confusão da classificação realizada pelo algoritmo SVM.

		Verificação em campo e por imagem de maior resolução								
		CA	**MA**	**PA**	**SI**	**SE**	**AG**	**AU**	**Total**	**EC**
Imagem classificada	**CA**	28	3	2					33	0,15
	MA	1	70		2				73	0,04
	PA			38		3			41	0,07
	SI	1	1		26				28	0,07
	SE			1		29		1	31	0,06
	AG						9		9	0,00
	AU							5	5	0,00
	Total	30	74	41	28	32	9	6	220	
	EO	0,07	0,05	0,07	0,07	0,09	0,00	0,17		

Os maiores erros de comissão foram de cultivos agrícolas, pois 15% dos polígonos atribuídos a esta classe são, na realidade, pertencentes a matas e pastagens. O erro das classes pastagem e silvicultura foi de 7%, pois polígonos classificados são, na verdade, pertencentes no primeiro caso a solo exposto, e, no segundo, a cultivos agrícolas e mata. 6% dos polígonos classificados como solo exposto são pastagens ou área urbana. O erro na classe mata, neste caso, foi menor que no mapeamento anterior, pois somente 4% dos polígonos de mata pertencem a cultivos agrícolas ou silvicultura. No que se refere aos erros de omissão, as classes que mais tiveram áreas excluídas da classificação foram as áreas urbanas (17%) e solo exposto (9%), seguidas por cultivos agrícolas (7%), pastagem (7%), silvicultura (7%) e mata (5%).

5. Considerações finais

As técnicas de classificação orientada a objetos em SIG, associadas a imagens Landsat TM e OLI, permitiram obter de mapas de uso da terra com excelentes índices *Kappa* e exatidão global. Contudo, a segmentação mostrou-se mais eficiente no produto OLI, visto que a maior resolução radiométrica permitiu uma definição mais detalhada das bordas entre uma classe e outra. Apesar disto, os produtos gerados nesta pesquisa permitem perceber a

frequência e distribuição dos diferentes usos da terra em 2007 e 2018, e poderão ser utilizados no planejamento e na gestão bacia hidrográfica do rio Camanducaia.

6. Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento do projeto de Pesquisa. Processo nº. 2018/09401-1.

7. Referências bibliográficas

ALMEIDA, R. T. S.; MOREIRA, A. N. H.; GRIEBELER, N. P.; SOUZA, S. B. Influência de dados e métodos no mapeamento do uso e da cobertura da terra. **Ra'e Ga**, v. 43, 2018.

BLASCHKE, T. Object based image analysis for remote sensing. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.65, n.1, p.2-16, 2010.

BUTT, A.; SHABBIR, R.; AHMAD, S. S. AZIZ, N. Land use change mapping and analysis using Remote Sensing and GIS: A case study of Simly watershed, Islamabad, Pakistan. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 18, n. 2, p. 251-259, 2015.

CHENG, G.; HAN, J.; LU, X. Remote sensing image scene classification: benchmark and state of the art. **Proc. IEEE**, v. 99, p. 1-19, 2017.

CONGALTON, R.G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data**: principles and practices. Boca Raton: CRC Press, 1999.

FORKUOR, G.; DIMOBE, K.; SERME, I.; TONDOH, J. E. Landsat-8 vs. Sentinel-2: examining the added value of sentinel-2's red-edge bands to land-use and land-cover mapping in Burkina Faso. **GIScience & Remote Sensing**, p. 1-24, 2017

HEGAZY, I. R.; KALOOP, M. R. Monitoring urban growth and land use change detection with GIS and remote sensing techniques in Daqahlia governorate Egypt. **International Journal of Susteinable Built Environmental**, v. 4, p. 117-124, 2015.

MARTINS, S. C. **Caracterização geoambiental como subsídio ao planejamento urbano e turístico em Amparo (SP)**. 2011. 121 f. Dissertação - (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2011.

MESSIAS, C. G.; AYER, J. E. B. Classificação de imagens digitais LANDSAT 8 no software ENVI: material teórico-prático. *In:* PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R.. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Campinas: UNICAMP, 2017.

RAWAT, J. S.; KUMAR, M. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 18, p. 77-84, 2015.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DO RELEVO NO PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS, CARAJÁS-PA

Jilciene Alves de Freitas [(a)] Andreana Santos [(b)] Maria Rita Vidal [(c)]

(a) Instituto de Ciencia Humanas/Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará , Email: jilcienealves@hotmail.com

(b) Instituto de Ciencia Humanas/Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará , Email: andrena627@gmail.com

(c) Instituto de Ciencia Humanas/Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará , Email: ritavidal@unifesspa.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Considerando que o geossistema ferruginoso é um sistema natural composto por unidades de paisagem, este trabalho tem por objetivo fazer uma análise paisagística do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos em Carajás-PA, através da classificação taxonômica do relevo e uso de geoprocessamento. Para a classificação foram utilizadas as ferramentas das geotecnologias, inicialmente adquiridas as imagens do projeto *Shuttle Radar TopographicMission* (SRTM**) 1** ***Arc-Second*** 30m cenas s07-w050-1arc-v3 e s07-w051-1arc-v3, no site da *EarthExplorer,* cuja finalidade foi a elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE), mapa hipsométrico e de declividade com escala de 1:250.000. O *shapefile* de base geomorfológica foi adquirido no site do MMA, e todos os dados foram tratados no *software* Qgis 2.18. A partir dos resultados obtidos foram identificados 7 unidades morfológicas/estrutural que podem ter indicadores de áreas com potencialidades ambientais, ambas relacionadas com índices de alta declividade e altimetria.

Palavras chave: Modelo Digital de Elevação; Cangas; Geomorfologia

1. Introdução

Diante do cenário brasileiro de desenvolvimento econômico pautado em parte na exploração excessiva de recursos naturais, torna-se indispensável a criação e manutenção das

Unidades de Conservação (UC) por todo as regiões do País. Criadas por meio do poder público ás UC surgem da necessidade de proteção de domínios morfoclimáticos com características singulares, necessidade que se faz presente no Sudeste do Estado do Pará, tendo na Região de Carajás a criação do Mosaico de Unidades de Conservação de categorias Integral e de Uso Sustentável.

Uma das recém-criadas UC em Carajás é o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF)[1], instituída em 2017.Diferentes das demais UC do Mosaico Carajás, o PNCF tem como característica relevante sua formação associada à afloramentos rochosos e arcabouços que apresentam composições ferríferas, formando estruturas encouraçadas, situadas principalmente nos platôs cuja altitudes ultrapassa a 700 metros, além de extratos ferríferos sobre rochas exposta e superficialmente sobre solos (CARMO, KAMIRO, 2015).

A expressão visível do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos é uma combinação de diferentes unidades de paisagens que integra a ação da geologia, clima, solos hidrografia, geomorfologia e cobertura vegetal. Esses condicionantes físicos se relacionam de forma indissociável compondo um geossistema com paisagens complexas e singulares, ambos vinculados a processos pretéritos e atuais que envolvem os estudos integrados. Através de estudos integrados, baseados na Geoecologia das Paisagens, analisam-se as paisagens como um sistema integrado que se relaciona e se intercomunica entre seus elementos e componentes (VIDAL, 2014). Considerando que o geossistema ferruginoso é um sistema natural composto por unidades de paisagem, este trabalho tem por objetivo fazer uma classificação geomorfológica do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos em Carajás-PA, através da classificação taxonômica do relevo com uso do geoprocessamento.

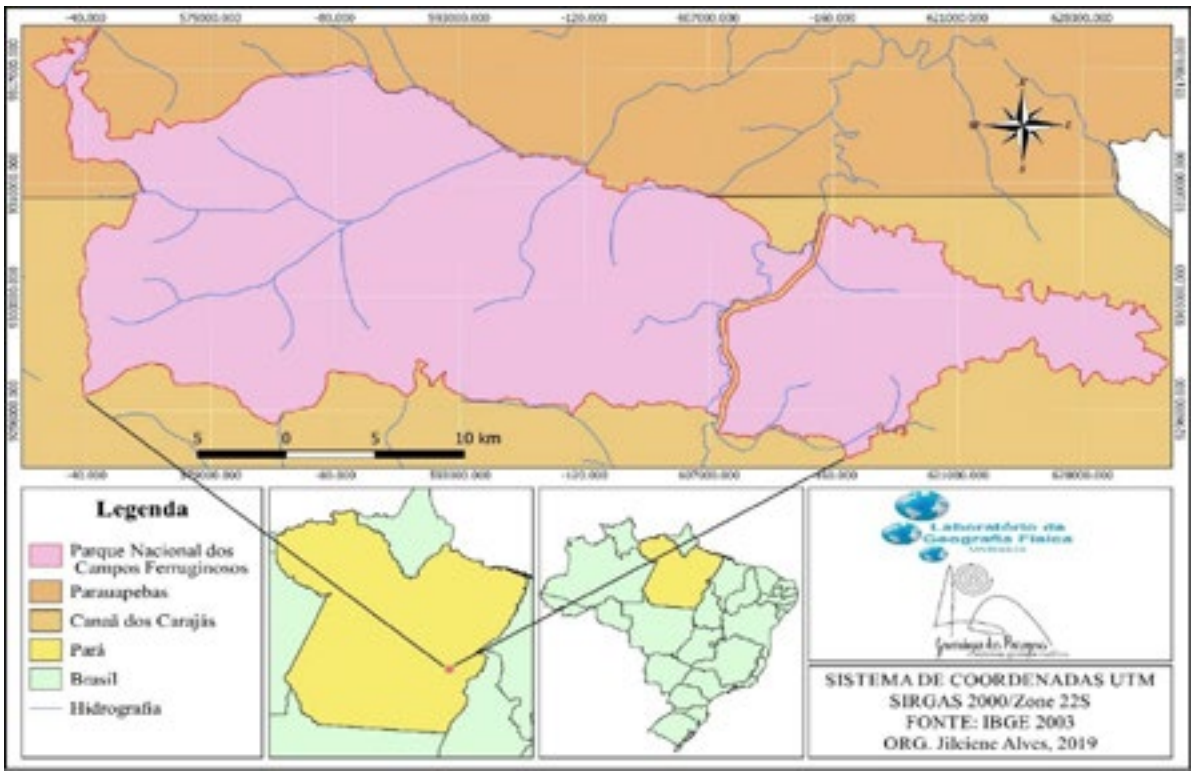
[1] Esse trabalho traz dados/resultados inéditos das Pesquisas Desenvolvidas pelo grupo de Pesquisa do CNPq/Unifesspa " Geoecologia das Paisagens e Sistemas Geoinformativos - Coordenado pelos Professores: Maria Rita Vidal e Abraão Levi dos Santos Mascarenhas.

O relevo é substrato físico e visível onde atuam as demais unidades ambientais, bem como é palco de ações antrópicas. De acordo com Cristofoletti (1998) "a análise do relevo é importante para detectar padrões de degradação, o que permite estabelecer medidas de proteção por meio de planejamento ambiental".

2. Materiais e Métodos

2.1.Caracterização e contextualização da área de estudo

O Parque Nacional dos Campos Ferruginosos (PNCF), é uma Unidade de Conservação de âmbito Federal, de uso integral. O PNCF foi criada em julho de 2017, a partir de uma reinvindicação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), direcionada a Mineradora Vale, como forma de ressarcimento ambiental, dado pela instalação do projeto de mineração de ferro Complexo Carajás S11D.As ações na Mina S11D tem atividades de extração mineralógicas em depósitos



minerais que causam elevado ônus ambiental. O PNCF fica situado entre os municípios de Canaã dos Carajás e Parauapebas, localizado no sudeste do Pará (Figura 01).

Figura 01- Mapa de Localização do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás
Elaboração: Jilciene Alves e Andreana Dos Santos, 2019.

Com uma área total de 79.029 mil hectares, e sendo cortado pela rodovia PA-160, o PNCF fica localizado em uma região de regime climático equatorial super úmido, sendo o rio Parauapebas um dos seus componentes hídricos principais. O PNCF é marcado por ser uma faixa que transita entre os biomas Cerrado para o Amazônico. Esta UC abriga duas grandes Serras conhecidas por Serra do Tarzan e Serra da Bocaina. De acordo com estudos científicos, este recorte espacial abriga cerca de 350 cavernas, e possui depósitos superficiais hematíticos ao qual denomina-se por formações de canga, e são envoltos por uma cobertura designada de vegetação rupestre sobre canga, possuindo arbustivos de pequeno porte. (SCHAEFER, 2008). Os principais tipos de cobertura vegetal são floresta ombrófila densa, floresta ombrófila aberta e vegetação secundária no entorno. Os tipos de solos predominantes no PNCF são, Neossolos Litólico, Argissolos Vermelho, Argissolos Vermelho-Amarelos, Plintossolos Pétricos e Latossolos Vermelho-Amarelo.

2.2. Procedimentos metodológicos

Para a análise geomorfológica no PNCF, foi adotado a metodologia de classificação taxonômica de Ross (1992), que se baseia nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, visto que contempla o levantamento de informações que suprem a necessidade almejadas pelo objetivo do trabalho, portanto abordam informações referentes a morfogênese, morfometria, morfografia e morfodinâmica do relevo, ou seja aspectos quantitativos e qualitativos do relevo, em conformidade com a escala adotada de 1:250.000.

O mapeamento geomorfológico é assim importante ferramenta para compreensão inicial dos processos atuantes no relevo. De acordo com Tricart (1965), o mapa geomorfológico refere-se à base da pesquisa e não à concretização gráfica da pesquisa realizada, o que demonstra seu significado para melhor compreensão das relações espaciais, sintetizadas através

dos compartimentos, permitindo abordagens de interesse geográfico como a vulnerabilidade e a potencialidade dos recursos do relevo.

Como procedimentos metodológicos foram utilizadas as ferramentas das geotecnologias, que tornaram possíveis o levantamento de dados para a produção cartográfica. Inicialmente foram adquiridas as imagens do projeto *Shuttle Radar TopographicMission* (SRTM) **1*Arc-Second***30mcenas s07-w050-1arc-v3 e s07-w051-1arc-v3, no site da *EarthExplorer,* cuja finalidade foi a elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE), e posteriormente criação dos mapas hipsométrico com relevo sombreado, e de declividade. O *shapefile* de base geomorfológica foi adquirido no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA), e de hidrografia no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Todos os dados espaciais foram tratados no *software* Qgis 2.18. A classificação do mapa geomorfológico foi baseada em Ross (1992) bem como nas sequências estabelecidas pelo Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009).

4. Resultados e Discussões

No que tange a classificação taxonômica, há uma ordem de grandeza a ser observada, e cada táxon possui características e critérios específicos. O 1º táxon, maior unidade em grandeza corresponde as unidades morfoestruturais, são estruturas que sustentam o relevo, estando influenciadas diretamente pelo substrato geológico.

O Estado do Pará é constituído em parte pela estrutura da Bacia Sedimentar Amazônica e pela estrutura de Crátons Amazônico, ambos são grandes estruturas do relevo gerada pelas forças endógenas e modeladas pelas força exógenas.

De acordo com ALMEIDA (1967), foi a fragmentação do supercontinente Gondwana, associada a Reativação Wealdeniana que afetaram toda a plataforma, hoje conhecida por plataforma Sul-Americana, no qual a abertura do oceano atlântico promoveu o soerguimento do Cráton Amazônico e a sedimentação da Bacia Amazônica.

A região em que está inserida o PNCF faz parte da estrutura de Crátons Amazônicos, e tem sua origem no período Pré-Cambriano, tal estrutura configura-se por ser uma enorme placa litosférica continental, constituída por várias províncias crustais (seguimento da crosta) de idade diferentes, que ao longo do tempo geológico foram arrasados por mecanismos de erosões, (BRITO NEVES e CORDANI, 1991). As fronteiras das províncias podem ser marcadas por falhas ou zonas de cisalhamento (zona de deformações). Neoarquiana, a província crustal onde o PNCF está inserido é denominada de província Carajás e é uma das mais antigas é mais preservadas do Crátons Amazônico, portanto as rochas que o compõe também são antigas.

As reservas naturais ferríferas desta proveniência foram se acumulando no período arqueano, quando os processos de variação de temperatura e pressão se tornaram mais recorrentes sobre os depósitos marinhos que eram ricos em sílica e ferro, e com o enriquecimento progressivo de 0_2 na atmosfera houve a oxidação de ferro em solução nos mares daquela época, ALMEIDA (1967). A formação do geossistema Campos ferruginosos, teve suas origens geológicas no Arqueano (2,7 – 2,6 Ga) e Paleoproterozoico (2,5 Ga a 540 Ma), momento em que surgiam as primeiras formações rochosas expostas, dando origem também as couraças de ferros constituída nas áreas de relevo com maior altitude, os platôs e escarpas. A estrutura do PNCF é composta em maior expressividade por rochas intrusivas, metavulcano sedimentar, metamórfica de médio a alto graus e metassedimentar (CARMO; KAMIRO, 2015).

O 2º táxon são as unidades morfoesculturais, com grandeza inferior, referem-se as esculturas que o relevo apresenta, de acordo com ROSS (1992), a morfoescultura é resultado da ação climática atual e pretérita que agiu sobre sua estrutura, esculpindo o seu relevo. Uma determinada estrutura pode haver mais de uma unidade morfoescultural, desta forma a região sudeste do Pará é composta pela Depressão Periférica do Sul do Pará e Planalto Dissecado do Sul do Pará.

A Depressão Periférica do Sul do Pará é uma porção de superfícies aplainadas, que possivelmente foram arrasadas por constantes eventos de erosão durante grande parte do

Cenozóico. A depressão possui cotas altimétricas que variam entre 100 e 400 m, embora a maior parte seja de superfícies aplainadas, encontra-se áreas dissecadas em relevo colinoso, destaca-se, ainda, relevante número de feições residuais em meio às superfícies aplainadas.

A extensão que compreende o Planalto Dissecado do Sul do Pará, onde está localizado o PNCF, é uma superfície de maciços residuais, derivado de processos erosivos sobre rochas mais resistentes. Os maciços residuais estão contíguo a terrenos rebaixados cuja altitude vai se alternando, e em algumas áreas ultrapassa a cota de 700m, como ocorre em determinadas áreas do PNCF.

O Planalto Dissecado do Sul do Pará é constituído ora por relevos acidentados fortemente dissecado por alta densidade de drenagem, ora apresenta áreas de topos aplainados em superfícies planálticas antigas que foram erodidas. Além disso, este Planalto está interligado por várias formas tabulares, denominada por serra dos Carajás, de acordo com Boaventura (1974) está serra é remanescente de uma outrora vasta superfície de idade cretácea a paleógeno que teria englobado a Serra dos Carajás.

Na sequência, o 3º táxon, corresponde as unidades morfológicas com padrão de formas semelhantes, que são formas menores do relevo, caracterizada pela rugosidade topográfica ou índice de dissecação, são decorrentes de processos erosivos mais recentes que favorecem a dissecação do relevo. Para a análise desse táxon foram utilizadas as variáveis hipsometria, declividade e forma.

Na analise hipsométrica foram consideradas sete classes que se correlacionam com a altimetria e declividade (Figura 02). As menores cotas altimetricas variam de 100 a 200m e possuem baixa rugosidade conforme mostra o relevo sombrado do mapa da figura 2, estas são áreas com declividade muito fraca, tendem a ser áreas inudáveis em períodos de maior precipitação. As áreas com maiores rugosidades são as que apresentam também as maiores amplitudes altimétricas, que variam de 600m a 700m, possuem declividades muito alta que favorece o escoamento hídrico, com predominio para processos erosivos.

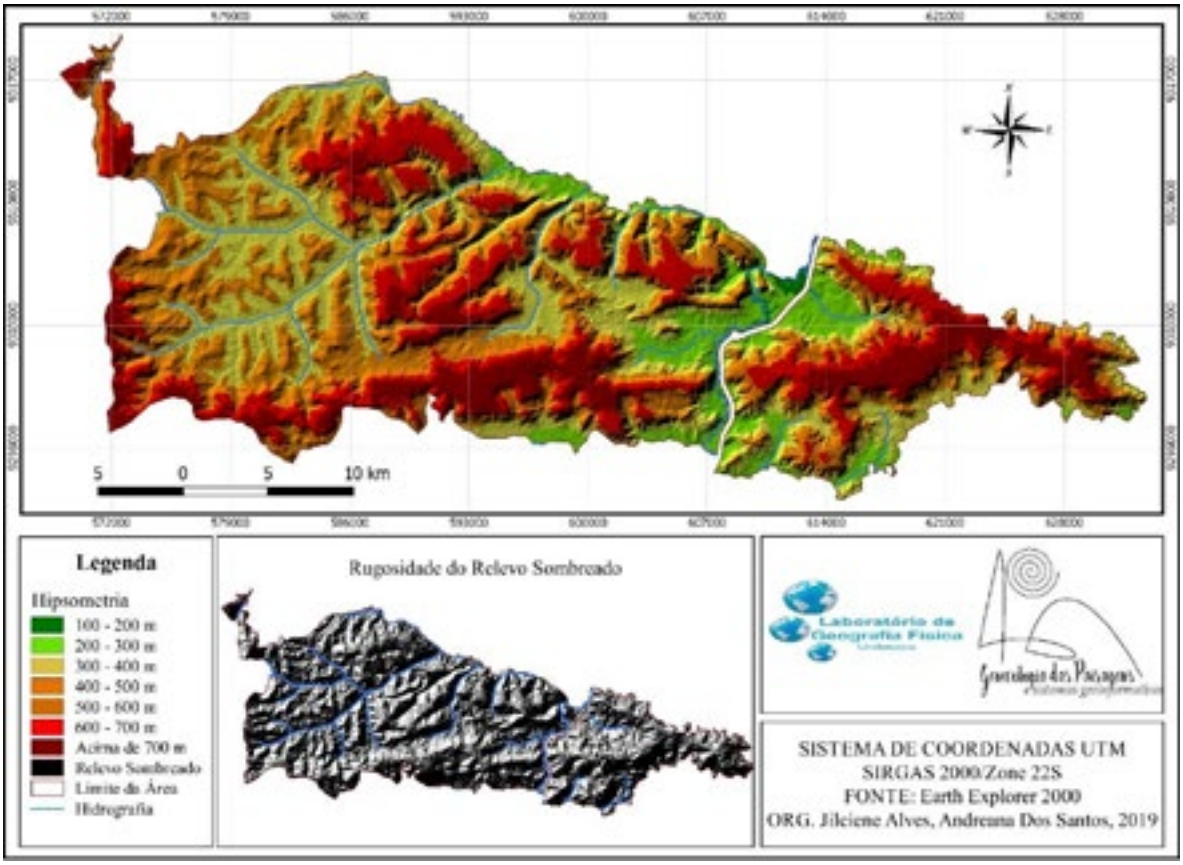


Figura 02- Mapa Hipsométrico do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA
Elaboração: Jilciene Alves e Andreana Dos Santos, 2019.

De acordo com a variável declividade foi possível delimitar sete classes expressas em porcentagens de declividade onde os níveis de inclinação dessas superfícies influenciam nas dinâmicas agradacionais (acumulação) e denudacionais (erosão) do solo, estando relacionado com a intensidade do escoamento de águas pluviais, textura dos solos e permeabilidade das rochas.

A primeira classe é de declividade muito baixa, com inclinação de 0-2% com uma área aproximada de 1.476 ha, tendem a ser áreas de lixiviação pois são áreas mais planas e com menor altitude (Figura 03), que apota a disposição espacial das declividades no PNCF. A segunda classe, é de declividade fraca com inclinação de 2-5%, possuem área de 6.926 há, este relevo contém densidade de drenagem baixa.

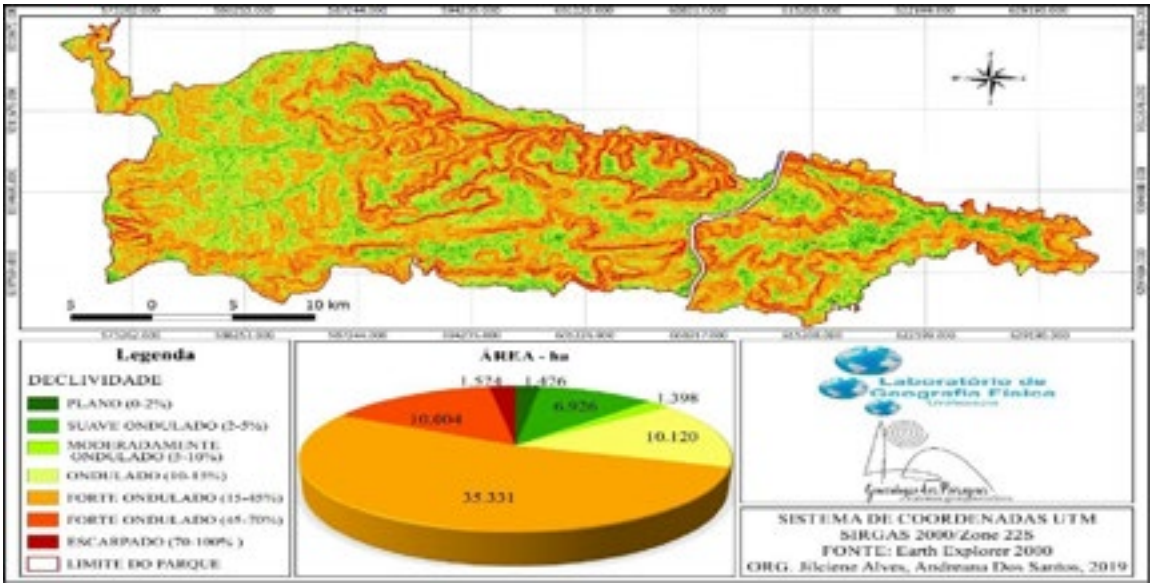


Figura 03- Mapa de Declividade do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA
Elaboração: Jilciene Alves e Andreana Dos Santos, 2019.

A classe com declividade moderadamente ondulado tem intervalos de 5-10%, e possuem aprofundamento e densidade de drenagem médio, tendo formações superficiais pouco espessas, com aproximadamente 1.398 ha.

Para a classe ondulado com declividade que varia entre 10-15%, tem-se uma área de 10.120 há, já para a casse forte ondulado teve as declividades entre 15-45%, com área de aproximadamente 35.331 há, sendo a maior área quantificada no mapeamento, são relevos com densidade de drenagem fina e aprofundamento da drenagem médio ou forte. A sexta classe é de forte ondulado, com declividade de 45-70%, e aproximadamente 10.004 há, tendem a ter escoamento grosseiro, com ação de escoamento que provoca perda de materiais. A sétima classe é de áreas escarpadas com declividade de 70-100%, são áreas de escoamento superficial concentrado e dependendo do tipo de cobertura vegetal podem provocar a remoção de solos eclodindo a formação de ravinas e voçorocas.

Evidenciando a variável forma, o PNCF está divido em sete classes evidenciados na figura 04. A primeira classe são os modelados em forma de encosta íngreme de erosão, estes se apresentam em áreas de declividades alta e próximas de escarpas, ocorrem com mais

frequência em rochas metamórficas ou em metassedimentos.

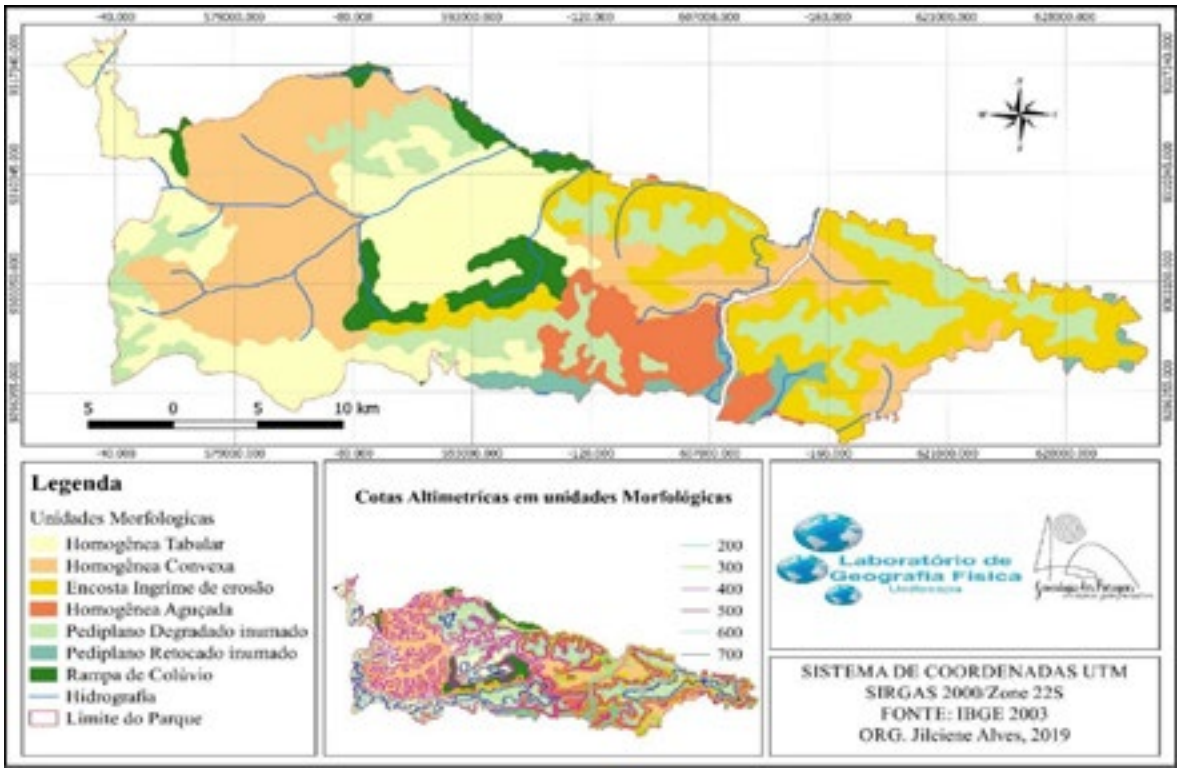


Figura 04- Mapa de Unidades morfológicas do Parque Nacional dos Campos Ferruginosos, Carajás-PA
Elaboração: Jilciene Alves e Andreana Dos Santos, 2019.

O segundo modelado de dissecação homogênea aguçada, é caracterizado por conjuntos de formas de relevo de topos alongados e estreitos, esculpidas em rochas metamórficas denotando controle estrutural, são resultantes da interceptação de vertentes de declividade acentuada, com padrão dominante de drenagem dendrítica.

O terceiro modelado, de dissecação homogênea convexa, são marcados pela densidade e aprofundamento da drenagem, as formas de topos convexos são geralmente esculpidas em rochas ígneas e metamórficas às vezes denotando controle estrutural. São caracterizadas por vertentes de declividades variadas. Quarto modelado de dissecação homogênea tabular, as formas de topos tabulares delineiam feições de rampas suavemente inclinadas, esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas metamórficas, denotando eventual controle

estrutural. São, em geral, definidas por rede de drenagem de baixa densidade, apresentando baixa declividade.

Quinta classe, pediplano degradado inumado, são superfícies de aplainamento parcialmente conservado ou pouco dissecada e separada por escarpas de outros modelados de aplanamento e de dissecação correspondentes, aparece frequentemente mascarada, inundada por coberturas dentríticas. Para a sexta classe tem-se o pediplano retocado inumado, são superfície de aplanamento resultantes de sucessivas fases de erosão, sem no entanto, perder suas características de aplanamento, cujos processos geram sistemas de planos inclinados, às vezes levemente côncavos. Pode apresentar cobertura dentríticas e/ou encouraçamentos com mais de um metro de espessura. A última classe é de rampa de coluvião, são formas de fundo de vale suavemente inclinadas, associadas a depósitos coluviais provenientes das vertentes que se interdigitam ou recobrem osdepósitos aluvionares, ocorre em setores de baixa encosta, em segmentos côncavos.

5. Considerações finais

A classificação taxonômica do relevo no PNCF se mostrou adequada para expressar os processos atuantes nesse relevo, bem como para mostrar a distribuição dos tipos de modelados e sua morfometria. A análise integrada da altimetria e o estabelecimento da declividade, possibilitou que fossem delimitadas sete (07) unidades morfológicas para o Parque Nacional dos Campos Ferruginosos. As unidades morfológicas delimitadas vão possibilita que sejam apontadas em estudos futuros áreas com maiores potencialidades a processos degradacionais.

Apesar da classificação taxonômica do relevo no PNCF ter identificado algumas áreas que possuem tendências à padrões degradacionais, é necessário um levantamento mais detalhado de outros condicionantes das paisagens para identificar com mais propriedade problemas relacionados a padrões de degradação, mudanças na paisagem, pois como já mencionado, estas unidades se correlacionam de forma indissociável.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F.F.M. Origem e evolução da plataforma brasileira. **Bol. Div. Geol. Mineral**, DNPM, Rio de Janeiro, n. 241, p. 5-36, 1967.

BOAVENTURA, F.M.C. Geomorfologia. In: BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. Projeto RADAMBRASIL. **Folha SB.22-Araguaia e parte da folha SC.22-Tocantins.** Rio de Janeiro: DNPM, 1974. (Levantamento dos Recursos Naturais, 4.)

BRITO NEVES, B.B.; CORDANI, U.G. Tectonic evolution of South America during the Late Proterozoic. **Precambrian Research**, v. 53, p. 23-40, 1991.

CARMO,Fonseca do;KAMINO Hiromi Luciana Yoshino (Org.) **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. Belo Horizonte: 2015.
CARMO,Fonseca do;KAMINO Hiromi Luciana Yoshino (Org.) Solos Desenvolvidos Sobre Canga Ferruginosa No Brasil: Uma Revisão Crítica E Papel Ecológico De Termiteiros. Belo Horizonte : 3i Editora, 2015

CHRISTOFOLETTI, A._____. **Modelagem de sistemas ambientais.** São Paulo: Edgar Blücher, 1998.

João, Xafi da Silva Jorge. Geodiversidade do estado do Pará / Organização Xafi da Silva Jorge João, Sheila Gatinho Teixeira, Dianne Danielle Farias Fonseca. - Belém: CPRM, 2013.

ROSS, J. L. S. O registro Cartográfico dos Fatos Geomorfológicos e a Questão da taxonomia do relevo. Revista do Departamento de Geografia, n. 6. São Paulo, IU-USP, 1992
ROSS, J. L . S. Geomorfologia ambiente e planejamento. S. Paulo:Contexto, 1990, 85p.

FOLHA DO BICO. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/8654-governo-pretende-aumentar-numero-de-ucs> Pará. Acesso em 01 do 11 de 2018.

TRICART, J. Principes et méthodes de l geomorphologie. Paris:Masson Ed., 1965, 201p

SCHAEFER, C. E. G. R. *et al*. Geodiversidade dos Ambientes de Canga na Região de Carajás–Pará. Relatório técnico Vale do Rio Doce. 2008. 75p.
SCHAEFER, C. E; et al. Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. Revista Ciencia. Naturais, Belém, v. 11, n. 1, p. 85-101, jan.-abr. 2016.
VIDAL, Maria Rita. Geoecologia das Paisagens: fundamentos e aplicabilidades para o planejamento ambiental no baixo curso do rio Curu-Ceará-Brasil. 2014. 190f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

COMPARAÇÃO ENTRE OS DADOS GRACE E DADOS DA ANA NUMA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI

Indiara Bruna Costa Moura Moraes [a,b], Andrea Valli Nummer [c]

[a] Professora no Colégio Técnico, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), imoraes10.im@gmail.com.
[b] Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
[c] Prossefora do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, a.nummer@gmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Estudos sobre os fenômenos climáticos ajudam para planejar o espaço geográfico e os satélites gravimétricos têm um pontencial de utilização para estudos hídricos. O presente estudo tem como objetivo avaliar o uso da missão GRACE (Gravity Recovery & Climate Experiment) comparando com os dados fluviométricos de uma estação da Agência Nacional de Águas (ANA), no município de Uruguaiana na bacia hidrográfica do Rio Uruguai e sua percepção aos eventos ocorridos durante o ano de 2014.

Palavras chave: Missão GRACE. Inundação. Estiagem. Bacia hidrográfica.

1. Introdução

A Resolução n.32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) divide o Brasil em 12 Regiões Hidrográficas sendo que a menor delas é a Região Hidrográfica do Uruguai, que corresponde a apenas 2% do território do país. A Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (Resolução CNRH n.30/2002) compreende uma área drenada total de cerca de 385.000km² sendo que destes, 45% (ou seja, 174.412km²) estão situados em território nacional.

Apesar de sua pequena expressão territorial em relação as demais regiões hidrográficas do País, as atividades agroindustriais, a importância ecológica e o potencial hidrelétrico colocam a Região Hidrográfica do Uruguai em lugar de destaque no cenário nacional.

A Bacia se caracteriza por possuir uma baixa capacidade de armazenamento atribuída a geologia e geomorfologia com predominância de relevo acidentado no trecho alto da Bacia, seguido de um trecho mais plano na região da Campanha Gaúcha, com solo pouco profundo, o que faz com que o rio Uruguai escoe predominantemente em leito rochoso (MMA, 2006). Desta forma, o regime de vazão na bacia acompanha o regime de chuvas: quando da ocorrência de períodos de precipitações intensas, estas geram inundações nas áreas ribeirinhas; e da mesma forma, quando ocorrem períodos de estiagens, as vazões são bruscamente reduzidas, até mesmo comprometendo a garantia de atendimento das demandas. Como o regime de chuvas na Bacia é bastante variado, as vazões seguem este regime, o que dificulta o planejamento da utilização da água na Bacia. Na Figura 1, podemos observar a localização da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai no Brasil e no estado do Rio Grande do Sul.

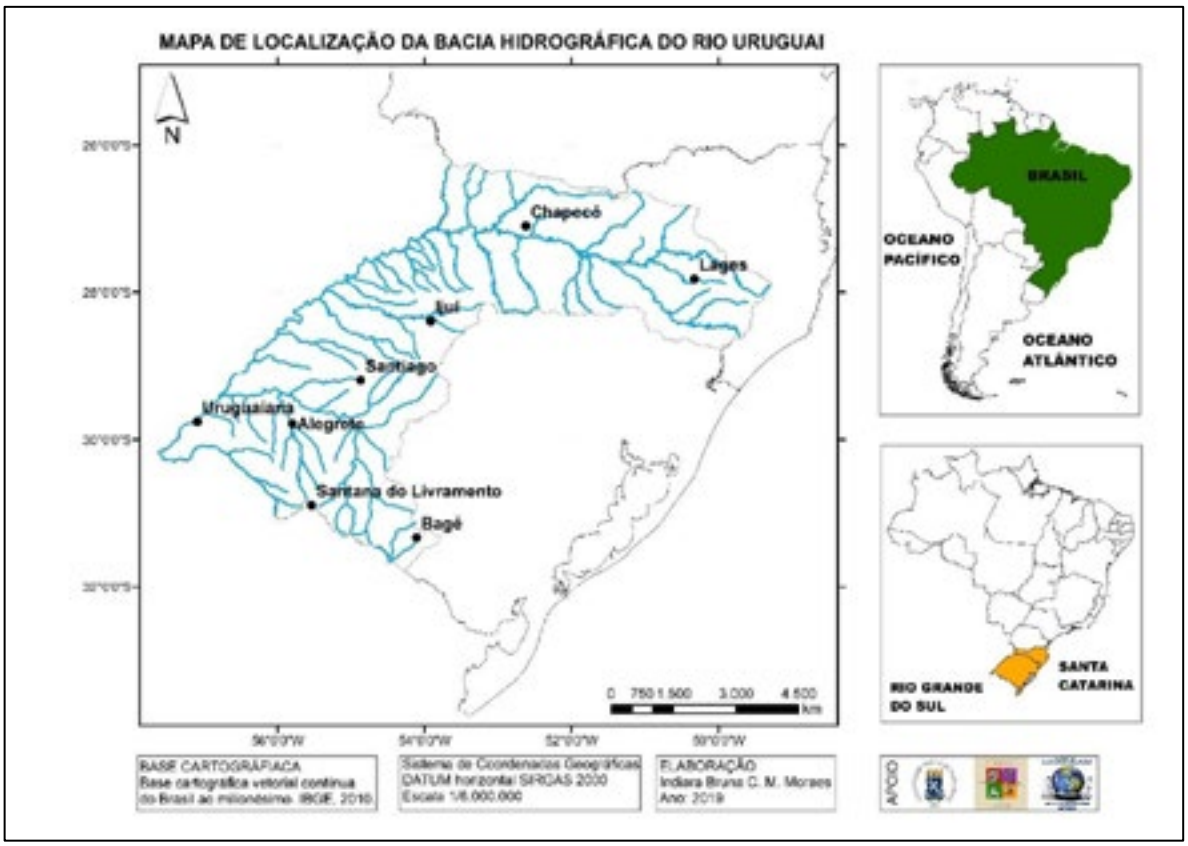


Figura 1 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai no Brasil.

Fonte: Adaptado IBGE, 2010.

O monitoramento e a quantificação espacial dos eventos climatológicos são limitados por recursos de dados convencionais, observações meteorológicas e hidrológicas in situ com escassa amostragem espacial e temporal. Os défices no armazenamento de água terrestre (TWS – Terrestrial Water Storage) são particularmente difíceis de estimar a partir desses dados.

O TWS é composto pelo armazenamento d'água da superfície, umidade do solo e águas subterrâneas. Mudanças no TWS refletem alterações na precipitação acumulada, evapotranspiração, escoamento superficial e subsuperficial dentro de uma determinada bacia (Yin et al., 2019). A estimativa precisa da mudança do TWS é importante para entender a variação do ciclo hidrológico.

A missão GRACE é geralmente considerada como um avanço revolucionário na medição do TWS global, apesar de seu espaço limitado resolução. A GRACE mensura a mudança de água verticalmente de armazenamento e não pode separar as contribuições individuais, ou seja, reservatórios de água na superfície, solo, gelo e águas subterrâneas) sem outros dados independentes. As medições de gravidade obtidas através da GRACE fornecem um meio para estimar a altura d'água equivalente (equivalent water thickness - EqW) através do monitoramento direto das mudanças do TWS. Observações de gravidade GRACE tempo-variável são capazes de monitorar mudanças de massa com uma precisão de aproximadamente 1,5 cm de mudança de EqW (WAHR et al., 2004, 2006), em regiões com aproximadamente 200.000km² ou mais.

Lançada em 2002, a missão GRACE - Gravity Recovery & Climate Experiment mapeia com precisão as variações no campo gravitacional da Terra. Projetado para uma vida útil de cinco anos, a missão GRACE operou em fase estendida, encerrando as atividades em 12 de outubro de 2017. A missão Gravity Recovery and Climate Experiment Follow-On (GRACE-FO) é uma sucessora da missão GRACE original, e continuará a pesquisa da sua antecessora, continuando o trabalho de monitorar o movimento da água na Terra para detectar as mudanças no armazenamento de água subterrânea, a quantidade de água em grandes lagos e rios, umidade do solo, lençóis de gelo e geleiras e nível do mar causando a adição de água ao oceano. Essas

descobertas fornecem uma visão única do clima da Terra e trazem benefícios de longo alcance para a sociedade e a população mundial.

O presente estudo tem por finalidade comparar as variações entre o EQW observado pela missão GRACE e a cotas limnimétricas da Bacia do rio Uruguai para uma estação da ANA (7715000) durante o ano de 2014.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo é a aquela compreendida pela estação fluviométrica 77150000, situada no município de Uruguaiana – RS. O município se localiza na sub-bacia do rio Ibicuí, na bacia do Rio Uruguai. Esta estação foi escolhida devida as inundações ocorridas na região durante o ano de 2014. Neste ano, ocorreu a 7ª maior inundação no município de Uruguaiana (AIMON, 2017), sendo decretado Situação de Emergência pela Defesa Civil, portaria nº 178, de 08/07/2014.

A sub-bacia corresponde à Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí, incluindo seus afluentes, o rio Santa Maria e o Ibirapuitã, juntamente com seus tributários à direita como o Toropi, Jaguari e Itu (COMITE IBICUI, 2013). A área de drenagem é de 47.320km², nos quais se destaca a irrigação de arroz em rotação com a pecuária bovina. Situada na fronteira oeste do estado do Rio Grande do Sul e abrange parte das regiões fisiográficas da Campanha, Missões e Depressão Central. Dentro do território brasileiro, o principal afluente do rio Uruguai é o Ibicuí. O principal uso da água nesta bacia se destina a irrigação. Este uso pode ocasionar escassez hídrica nos meses de verão, principalmente causado à irrigação do arroz.

Os dados fluviométricos desse estudo são referentes a estação fluviométrica de código 7715000, da Agência Nacional de Águas – ANA, situada nas coordenadas geográficas 57°05’24” O e 29° 45’00” S. Os dados da estação do presente estudo estão disponíveis em http://www.snirh.gov.br/hidroweb/.

As soluções mensais GRACE RL-05 foram processadas pelo CSR - Center for Space Research at University of Texas. Todo processamento do EqW foi realizado no site http://www.thegraceplotter.com, onde foi necessário o input das coordenadas geográficas da estação fluviométrica e o tipo de regressão para estimar entre a variável dependente e a independente, no caso a regressão linear.

Este site faz parte de um projeto do CNES/GRGS (French National Space Center / Research Group for Space Geodesy), financiado pelo European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme e foi desenvolvido pelo Géode & Cie / Stellar Space Studies.

Para EqW e alturas geoidais, a média da série foi removida, e os coeficientes foram convertidos em grades de 1ºx1º para plotar as séries temporais. A conversão em redes considera os coeficientes dos harmônicos esféricos de grau 2 a 90, com C20 substituído pela série temporal oficial SLR TN-07 C20.

3. Resultados e Discussões

Pode-se observar nas figuras 2 e 3, a variação das cotas média e máxima registrada na estação ao longo do ano de 2014.

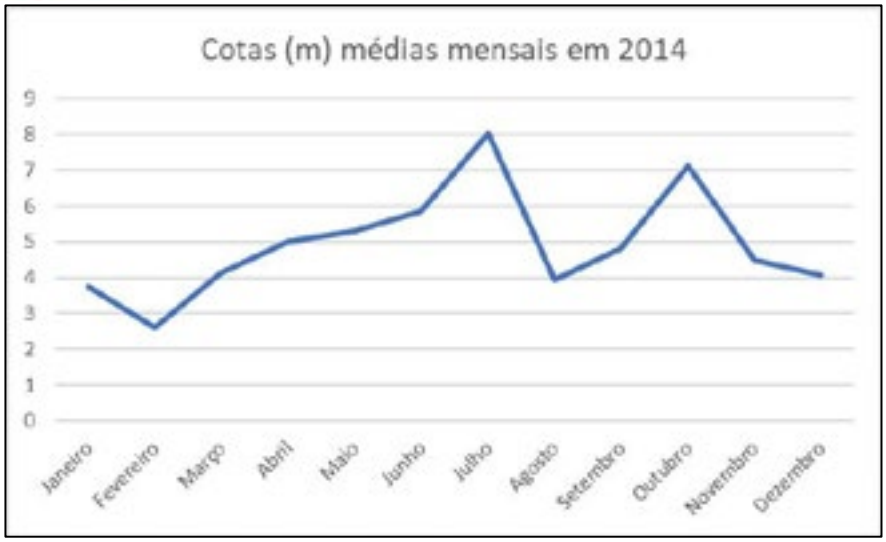


Figura 2 – Variação das cotas médias durante o ano de 2014.

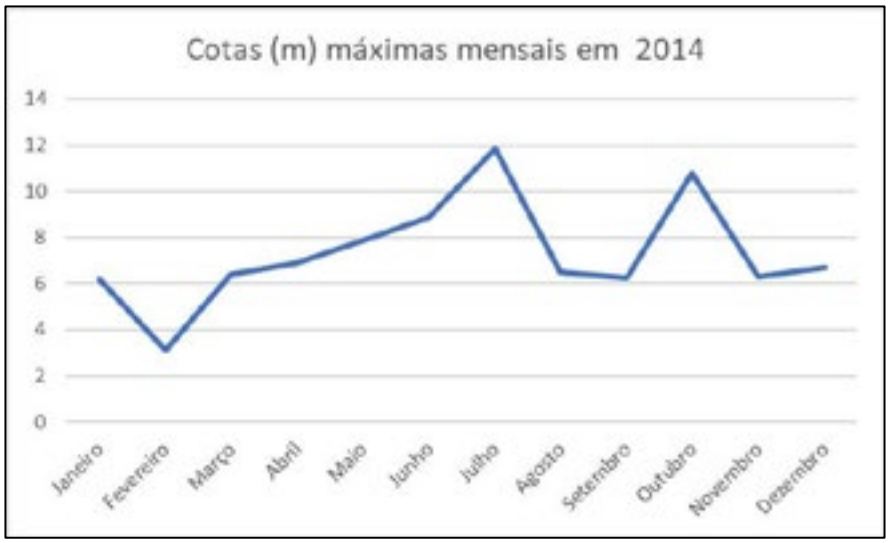


Figura 3 – Variação das cotas máximas durante o ano de 2014.

Analisando a figura 3, nota-se que de janeiro a fevereiro há uma queda na cota nível d'água do rio, provavelmente causada por ser uma época de estiagem. A partir do mês de março, as cotas começam a subir chegando em julho na maior cota registrada no ano pela estação 7715000, que foi 11,84m, onde essa mesma foi considerada a 7ª maior inundação no município

de Uruguaiana, chegando a ser declarada Situação de Emergência pela Defesa Civil. De. Nos 2 meses seguintes, agosto e setembro, houve uma estabilização do nível d'água do rio em aproximadamente 6,35m. No mês de outubro, houve outra cheia no rio, sendo registrada a cota de 10,80m. A partir de novembro, o a cota se estabilizou novamente por volta de 6,5m.

A figura 4 comtempla a distribuição do EqW durante o ano de 2014 na estação 7715000.

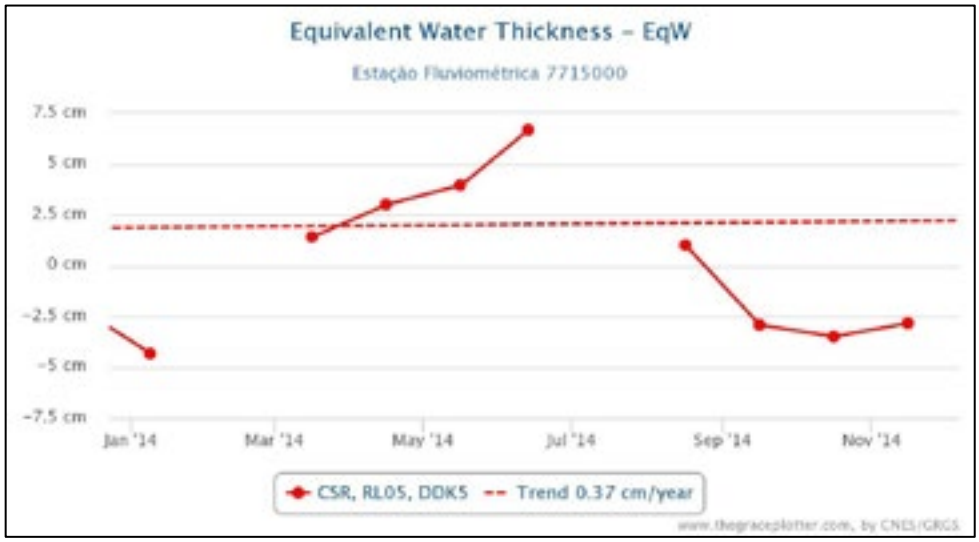


Figura 4 – Distribuição do EqW durante o ano de 2014 na estação 7715000.

Na figura 4, podemos observar que o satélite percebeu um déficit hídrico entre os meses de dezembro/13 a janeiro/14. Entre os meses de março a julho, houve um aumento no EqW observado pelo satélite, onde em julho o mesmo registrou a maior cota da altura d'agua equivalente, sendo esta cota de 6,27cm. A partir de agosto, há um declínio das cotas do EqW, voltando a subir a partir de novembro.

Quando de se compara as figuras 3 e 4, o satélite foi sensível ao perceber um déficit hídrico no mês de janeiro, um aumento na cota do EqW até o mês de julho, e uma queda da cota de setembro a novembro, voltando a subir em dezembro. O satélite percebe que há uma queda na cota do EqW antes de ocorrer a diminuição da cota na leitura da estação, igualmente ocorrido nos meses entre agosto e setembro, e entre novembro e dezembro, antes mesmo da cota mensurada pela estação diminuir. O que podemos concluir que ele é bem sensível as épocas

de estiagem. Em relação as épocas de cheia do rio, ela já não consegue capturar a segunda maior cheia do ano. O que é bem aceitável devido aos domínios hidrológicos da região onde se encontra a estação fluviométrica.

A estação fluviométrica se encontra na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai onde ocorrem 2 tipos de aquíferos, que são os granulares porosos e os faturados. Os aquíferos granulares porosos, são os que compreendem sedimentos não consolidados (depósitos aluviais de rios de grande porte, por exemplo) constituídos basicamente por areia e argila; rochas sedimentares porosas e permeáveis (Ex: arenitos) depositadas nas Bacias sedimentares brasileiras, como a Bacia do Paraná. Já os aquíferos fraturados, são constituídos por rochas cristalinas e vulcânicas (Ex.: Formação Serra Geral). Logo, não há uma retenção da água da inundação por muito tempo e como o GRACE tem resolução temporal de 30 dias, ele não consegue registrar essa inundação, o que se pode perceber no mês de outubro, que ocorreu uma inundação de 10,80m e o satélite não conseguiu identificar essa alteração no EqW.

Além da resolução temporal, tem a questão da resolução espacial do GRACE, pois ele possui resolução de aproximadamente 200.000km² e a bacia possui área de 174.412km² no território brasileiro, sendo a área considerada pelo estudo, o que é atendida pelo satélite. Porém, como a análise foi realizada pontualmente, ou seja, numa estação fluviométrica, o que gerou discrepâncias nos resultados quando se compara a inundação. Porém, para a estiagem, o mesmo consegue captá-la.

4. Considerações finais

Nesse estudo, em relação a estiagem, o satélite consegue atingir um bom resultado comparado a cota limnimétrica da estação, já que o mesmo consegue perceber com o declínio nas cotas do EqW, configurando uma diminuição no volume d'água no subsolo antes mesmo das cotas limnimétricas da estação.

Entretanto, na inundação, a missão GRACE não obteve resultados satisfatórios devido ao estudo ser local, em uma estação fluviométrica, e não em toda a área da bacia, pois o satélite necessita de uma área mínima. Além disto, há também, a formação hidrogeológica que possuem características que não favorecem a representatividade do satélite numa resolução mensal.

Existe também a questão do EqW é determinado a partir das monitoramento direto das mudanças do TWS e que este mesmo é composto pela umidade do solo, precipitação, evapotranspiração, águas subterrâneas, o que deve ser considerado no cálculo do EqW.

Sendo assim, a missão GRACE atende a estudos hídricas, considerando as características específicas de uma determinada bacia hidrográfica.

5. Referências Bibliográficas

AIMON, J. G. S. **Análise espaço-temporal do risco à inundação na área urbana do município de Uruguaiana/RS**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, 2017.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Uruguai**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 128 p. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/161/_publicacao/161_publicacao03032011023025.pdf . Acesso em: 14 de jul. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Define metodologia para codificação de bacias hidrográficas, no âmbito nacional**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: CNRH. Resolução n. 30, de 11 de dezembro de 2012. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/73-resolucao-n-30-de-11-de-dezembro-de-2002/file . Acesso em: 20 de ago. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Institui a Divisão Hidrográfica Nacional**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: CNRH. Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2013. Disponível em:

http://www.cnrh.gov.br/resolucoes/74-resolucao-n-32-de-15-de-outubro-de-2003/file . Acesso em: 20 de ago. 2016.

WAHR, J.; SWENSON, S.; ZLOTNICKI, V.; VELICOGNA, I. **Time variable gravity from GRACE: First results**. Geophysical Research Letters, n. 31, L11501, 2004.

WAHR, J.; SWENSON S.; VELICOGNA I. **Accuracy of GRACE mass estimates**. Geophysical Research Letters, n. 33, L06401, 2006.

YIN, W.; HU, L.; HAN, S. C.; ZHANG, M.; YANGUO, T. **Reconstructing terrestrial water storage variations from 1980 to 2015 in the beishan area of china**. Hindawi Geofluids. Volume 2019, Article ID 3874742, 13 p. Disponível em: https://doi.org/10.1155/2019/3874742.

Agradecimentos

Trabalho realizado com www.thegraceplotter.com, cortesia da CNES/CRGS. Made with www.thegraceplotter.com, courtesy of CNES/GRGS.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

COMPARTIMENTAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGENS DO MUNICIPIO DE CAICÓ-RN: Aplicando o taxon Geofácies de Bertrand

Fernando Eduardo Borges da Silva [(a)], Matheus Dantas das Chagas [(b)], Marco Túlio Mendonça Diniz [(c)]

[(a)] Departamento de Geografia/CERES-Caicó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Email: fernando100borges00.1@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia/CERES-Caicó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Email: matheuschagas@outlook.com

[(c)] Departamento de Geografia/CERES-Caicó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Email: tuliogeografia@gmail.com

Eixo: Solos, paisagens e degradação

Resumo

No presente trabalho teve como objetivo principal a realização do mapeamento das unidades de paisagem do município de Caicó no Rio Grande do Norte, utilizando o sistema taxonômico de Bertrand 1972, este sendo realizado utilizando a escala de 1/50.000 sendo classificadas utilizando o táxon de Geofácies. . De acordo com a metodologia empregada foi possível a confecção do mapa, onde foi possível a identificar, delimitar e classificar 15 Geofácies. A descrição foi realizada utilizando o modelo Geossistemico, atribuindo as características e o relacionamento dos fatores geográficos naturais e as principais atividades econômicas e ações humanas.

Palavras chave: Mapeamento, Taxon, Geofácies, Caicó

1. Introdução

A compartimentação da paisagem pode ser descrita de maneira sucinta como a divisão da superfície terrestre em áreas que apresentem alguma homogeneidade, características próprias que as diferenciem das demais, as mesmas compõe um geossistema, que pode ser comprendido em diferentes escalas, com diversos fatores condicionando sua singularidade e existência. Para Bertrand (1972) a

paisagem é fruto da interação dialetica dos sistemas bióticos (fauna, flora e solos) e abióticos (clima, hidrografia, relevo e geologia) e por fim as ações humanas com um grau crescente de intervenção no meio natural.

Os estudos da paisagem na geografia remontam a sua origem como ciência, com o carater integrador da paisagem (Holismo) podendo ser notadas nas obras do alemão Alexander Von Humboldt, um de seus principais sistematizadores, em suas descrições Humboldt estabelecia ligações entre os diversos elementos da paisagem, onde quando sofriam variação ocorriam mudanças de paisagens Silva (2018).

Em meados do século XX, se baseando na Teoria Geral dos Sistemas do austríaco Karl Ludwig Von Bertalanffy, foi desenvolvida dentro da ciência geográfica o conceito de Geossistema, sendo criado pelo russo Viktor Borisovich Sochava e publicado em um artigo em 1963, com suas obras mais conhecidas sendo publicadas em (SOCHAVA, 1975; 1977), todavia no mundo ocidental a propagação do termo Geossistema se deu pelas obras do francês Georges Bertrand (1968; 1972).

O Geossistema foi caracterizado por Bertrand em seu artigo Geografia Física Global, como um tipo de sistemas aberto organizado hierarquicamente, formado pela combinação dinâmica e dialética, portanto instável, de fatores físicos, biológicos e antrópicos Bertrand (1972). Portanto o Geossistema seria fruto da interação dos fatores bióticos (Fauna e Flora) e abióticos (Clima, Solo, Relevo, Vegetação, hidrografia) além das interferências antrópicas de alteração do meio natural. Em seu artigo, Bertrand (1972) propõe ainda um sistema de classificação das paisagens, organizadas de maneira hierarquica partindo do local para o global.

O presente estudo objetiva a identificação, mapeamento e classificação das unidades de paisagem do municipio de Caicó, estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil (Figura – 1). O trabalho estima confecionar o produto cartografico em escala de 1:50.000 comprenendo o taxon de classificação dos compartimentos em Geofácies, proposto por Bertrand (1972), com uma descrição dos fatores Geograficos da paisagem para cada qual.

ISBN: 978-85-7282-778-2

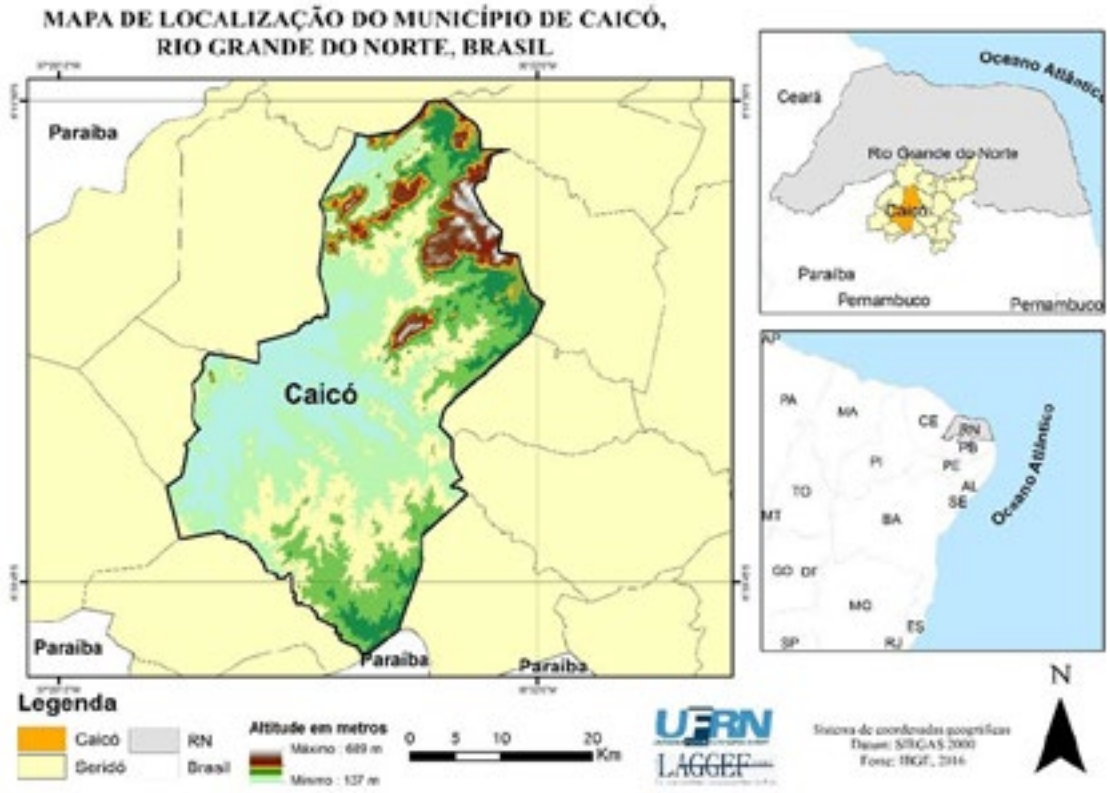


Figura 1 – Mapa de Localização do município de Caicó

2. Materiais e Métodos

O município de Caicó, se localiza na microrregião do Seridó ocidental, no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Conta com uma área de 1.228,5 km² atuando na área clima tropical, equatorial do subtipo semiárido com uma precipitação média anual de 696 mm. O território municipal encontra-se em ambiente cristalino, exceto diminutas áreas com coberturas quaternárias, com a maior parte da litosfera sendo compostas por rochas duras e resistentes ao intemperismo, tento origem no Pré-cambriano, contando com um relevo suave, marcado por extensos pediplanos sendo cortados por campos de inselbergs e à Nordeste pelo planalto da Formiga.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os procedimentos metodológicos se deram com base no sistema taxonômico de Bertrand (1972) tendo como base o táxon Geofácies. Esse sistema classifica as paisagens partindo de uma visão global para a local, com o primeiro táxon sendo as Zonas com uma escala acima de 1:10.000.000; os Domínios com escalas entre 1:10.000.000 e 1:1.000.000; Regiões Naturais 1:1.000.000 e 1:250.000; Geocomplexos de 1:250.000 a 1:50.000; Geofácies de 1:50.000 a 1:10.000 e por fim o Geotopo com escalas maiores que 1:5.000.

O presente estudo tem base também nos táxons já mapeadas de Domínios Morfoclimáticos, Regiões Naturais e Geocomplexos do Rio Grande do Norte, fruto dos estudos de (DINIZ e OLIVEIRA, 2018).

A imagens de base para o mapeamento são oriundas do satélite Worldview 2, na área foram utilizadas duas imagens do mesmo satélite, com a datas variando entre os dias 20 e 31 de maio de 2013, essas imagens tem resolução espacial média de 0,5 metros e acurácia posicional de 10,2. As imagens do Modelo Digital de Elevação (MDE) em formato Geotiff são oriundas de satélite Alos Pausar e foram obtidas no site americano: Alaska Satellite Facility estas imagens contam com resolução espacial de 12,5 metros. O mapa dos Geocomplexos do estado do Rio Grande do Norte foi disponibilizado e elaborado por (DINIZ e OLIVEIRA, 2018).

Vale ressaltar que os processamentos digitais de imagem e os mapeamentos foram gerados utilizando o software ArcGIS v. 10.4 (licença acadêmica). Para o mapeamento foi utilizado o Datum SIRGAS 2000 e o sistema de coordenadas geográficas. No software na opção Basemap ainda foram obtidas as imagens do satélite Worldview 2, citadas anteriormente.A delimitação das unidades de paisagem se deu em ambiente de (SIG) onde através da ferramenta de vetorização as unidades foram separadas e classificadas de acordo com suas características geográficas.

Os critérios utilizados para compartimentação das unidades de paisagem foram as informações já especializadas no mapeamento dos Geocomplexos que já contém informações

ISBN: 978-85-7282-778-2

das ordens superiores (zonas, domínios morfoclimáticos e regiões naturais) além de informações gerais sobre as características do relevo, clima, solo, fauna, flora, esses critérios foram refinados por causa da melhor qualidade das imagens utilizadas no presente mapeamento tornando-se possível aprimorar os dados sobre a vegetação, geomorfologia e uso e ocupação do solo.

Os parâmetros e critérios utilizados para atribuir as nomenclaturas no que toca a vegetação foram adaptados do manual técnico de uso da terra do IBGE (1999) por Alves (2009). Atribuindo as classes de caatinga arbórea a vegetação densa com porte superior a 7 metros, caatinga arbustiva densa com porte entre os 1 e 7 metros, e caatinga degradada com utilizando o mesmo porte porem com a vegetação espaçada.

3. Resultados e discurssões

ISBN: 978-85-7282-778-2

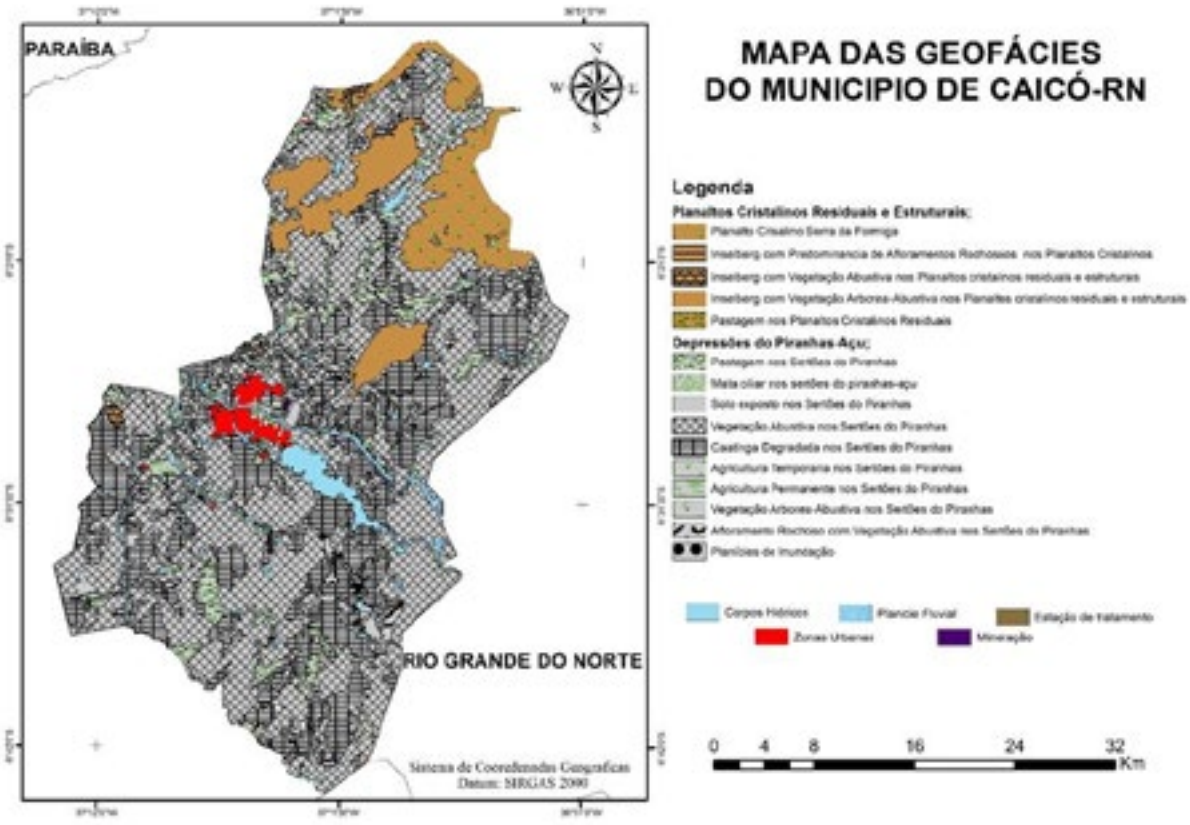


Figura 2 – Mapa das unidades Geoambientais de Caicó-RN

Com o mapeamento (Figura 2) foi possível constatar um grande e complexo mosaico de paisagens do município de Caicó, com grande parte do município apresentando fácies indicadoras de degradação ambiental, possivelmente herança dos processos de colonização e posterior urbanização da área.

As Geofacies foram identificadas em dois Geocomplexos diferentes, sendo eles os "Planaltos Cristalinos Residuais" no qual foram identificadas 4, nas "Depressões do Piranhas-Açu" em que foram mapeadas 11 unidades.

Quadro 01 - podem ser visualizadas a área cada Geofácies e o lugar que ocupa no sistema taxonômico

ISBN: 978-85-7282-778-2

Domínios Morfoclimáticos	Regiões Naturais	Geocomplexos	Geofácies	Área total (Km²)
Domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste (vegetado por Caatingas)	Planaltos cristalinos	Planalto Cristalinos Residuais e Estruturais	Planaltos Cristalinos com Vegetação Arbórea	77,5
			Inselberg com Vegetação Arbórea-Arbustiva	64,6
			Inselberg com Predominância de Afloramentos Rochosos	0,6
			Pastagens nos Planaltos Cristalinos	1,1
	Planaltos Sedimentares	Depressões do Piranhas-Açu	Pastagens nos Sertões do Piranhas-Açu	85,3
			Mata ciliar nos Sertões do Piranhas-Açu	1,2
			Solo exposto nos Sertões do Piranhas	8,8
			Vegetação arbustiva nos Sertões do Piranhas	572,8
			Caatinga degradada nos Sertões dos Piranhas	340,7
			Agricultura Temporária nos Sertões do Piranhas	0,42
			Agricultura permanente nos Sertões do Piranhas	4,21
			Vegetação Arbóreo-Arbustiva nos Sertões do Piranhas	2,09

ISBN: 978-85-7282-778-2

			Afloramento rochoso com vegetação arbustiva	5,1
			Planícies de Inundação	5,8
			Planícies Fluviais	14

3.1 Planaltos Cristalinos Residuais e estruturais

Na área de abrangência desse Geocomplexo foram identificados 4 geofacies, com a maior unidade de paisagem, sendo: Planaltos Cristalinos com vegetação Arbórea ocupando 54% da área, as demais unidades foram: Inselbergs com Vegetação Arbórea-Arbustiva; Inselbergs com a predominância de Afloramentos Rochosos e Pastagens nos Planaltos Cristalinos, ocupando respectivamente a área de 44%, 1% e 1%.

Constatou-se que os Planaltos Cristalinos com Vegetação Arbórea são umas das paisagens mais imponente do município com grande exuberância de seus atributos bióticos, com sua existência devida a aspectos naturais que tratam de dificultar a presença humana, merecendo destaque o relevo, sendo de forte ondulado a escarpado, com encostas muito íngremes chegando a vertentes negativas com mais de 90° de inclinação. Esses aspectos proporcionam a área uma proteção extra contra o desmatamento, além de inviabilizar a área para o uso agrícola ou agropecuário.

O principal destaque da área é sua vegetação, preservada, com pouca ou nenhuma intervenção humana, com aspectos incomuns para a maior parte do município, como por exemplo o porte arbóreo, além da presença de espécies animais e vegetais já extintas na depressão sertaneja. Há dois grupos principais de solos presentes na área, variando em decorrência do relevo, com as partes mais aplainadas, apresentando luvissolos, e nas partes mais íngremes Neossolos Llitolicos ocorrendo também afloramentos de rochas.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os Inselbergs são monumentos geológicos comuns em grande parte do Seridó potiguar, sendo resultantes de intrusões plutônicas e da erosão diferencial que naturalmente tendem a rebaixar os terrenos e substratos rochosos menos resistentes do relevo, conservando assim os lugares com uma litologia mais solida.

Assim como os planaltos cristalinos, os Inselbergs constituem algumas das zonas mais preservadas do município, compartilhando os condicionantes de sua preservação com a Geofácies anterior, estes apresentam duas feições principais, com a primeira sendo caracterizada por sua vegetação que varia entre o porte Arbóreo e arbustivo, nessa unidade de paisagem o porte da vegetação e determinado por sua posição no relevo, já que as intervenções antrópicas ocorrem de maneira muito sutil, não provando mudanças significativas na paisagem. O relevo local, geologia compostas por rochas resistentes e clima seco não favorecem o desenvolvimento de solos profundos, com sua variabilidade pedológica compreendendo a casse dos Neossolos.

A terceira Geofácies encontra nos planaltos cristalinos residuais e estruturais foram nomeadas de inselbergs com predominância de afloramentos rochosos, essas unidades de paisagens correspondem a serras de pedra, porém não com longas superfícies rochosas, mas sim por vários blocos de rochas de diversos tamanhos, sendo geradas pelos efeitos da disjunção esferoidal, graças a variabilidade térmica diária resultando na dilatação e compressão dos minerais, além da diminuição de pressão ocasionadas pela erosão diferencial. Esses efeitos conferem uma morfologia própria aos blocos rochosos que se assemelham as camadas de uma cebola. A vegetação ocorre em locais de acúmulo de sedimentos, em virtude da quase inexistência de solos, a mesma apresentar um porte baixo, não passando do extrato arbustivo.

Apesar do nível de preservação dos planaltos cristalinos já mencionados anteriormente, ocorrem áreas de exceção, com as pastagens estando nesse grupo, estas se desenvolvem em locais planos, na parte mais central do planalto, possibilitada pela oferta de alimento e agua, os

ISBN: 978-85-7282-778-2

recursos hídricos são provenientes de dois açudes beneficiados pela hidrografia local que canaliza a água das precipitações em dois principais córregos, os quais o abastecem.

3.2 Depressões do Piranhas-Açu

As Depressões do Piranhas-Açu ocupam a maior área do município de Caicó, no que tange a escala de Geocomplexo. Para a escala de Geofacies temos 3 unidades principais com a soma de suas áreas resultando em 96% da área de abrangência do Geocomplexo citado anteriormente.

A Geofacies "Vegetação arbustiva nos Sertões do Piranhas" ocupa a maior porcentagem da área 55%, as feições que a caracterizam a cobertura vegetal, que apresenta um porte médio (Arbustivo), com um relevante nível de conservação dos ecossistemas, pois a vegetação local encontrasse em um nível alto de recuperação ou pouco alterada pelas ações antrópicas. As condições paisagísticas nas quais a Geofácies está inserida apresenta uma grande pluralidade nos âmbitos pedológicos e geológicos, as principais unidades identificadas nesse Geofácies foram os Cambissolos, Luvissolos e Neossolos. Com as unidades litológicas mais representativas sendo composta por Gnaisses, Ortognaisses, Granitos, Gabros e Xistos.

A segunda unidade de principal expressão "Caatinga degradada nos Sertões dos Piranhas" ocupando cerca de 33% do Geocomplexo supracitado. Esta unidade de paisagem é resultante da forte intervenção antrópica, há que se destacar as duas principais atividades econômicas desenvolvidas historicamente na região sendo elas o plantio de algodão arbustivo e a criação de gado bovino, ambas as atividades geradoras de fortes impactos ambientais, não apenas relacionados ao desmatamento, mas as interferências nos delicados sistemas Geoambientais. Ambas as atividades econômicas contribuíram para o desmatamento e erosão dos solos que por sua vez contribuem para o processo de desertificação, que ocorre na área. Nessa Geofácie encontramos uma vegetação raquítica, de porte baixo que necessitara de algumas décadas para sua recuperação, ocorrendo solos erodidos, frequentemente com o horizonte B exposto, o tipo de horizonte predominante é o Bt que não permite a infiltração, aumentando o escoamento superficial, dificultando a presença de vegetação.

ISBN: 978-85-7282-778-2

As "Pastagens nos Sertões do Piranhas-Açu", como já mencionados no parágrafo acima, uma atividade econômica histórica da área é a pecuária de gado bovino, com sua criação sendo facilitada pela ocorrência das espécies herbáceas nativas, ou exóticas introduzidas no século XX está sempre ligada com a presença de espécies arbustivas e arbóreas as últimas com a função de oferecer sombra para o gado. Os solos sofrem com o efeito secular do pisoteio do gado, além dos efeitos da erosão, já que nas estações mais secas as forragens não conseguem minimizar os efeitos da erosão. Em alguns locais ocorrem a completa retirada da vegetação, para dá lugar a novas pastagens, essas áreas foram mapeadas como "Solo exposto nos Sertões do Piranhas".

As Geofácies "Agricultura permanente nos Sertões do Piranhas", "Agricultura Temporária nos Sertões do Piranhas" e "Planícies de Inundação" correspondem como a própria semântica do nome refere aos perímetros agrícolas localizados no município, estes se localizam sempre próximos aos principais corpos hídricos em virtude da segurança hídrica proporcionada pelo mesmo em decorrência do período chuvoso irregular, essas áreas ocupam os terrenos a jusante dos maiores reservatórios de agua da região, porque os estes tratam perenizar os rios durante grande parte do ano, as condições pedológicas são favoráveis, com muitas plantações localizadas sobre Nessolos Flúvicos, que anualmente são cobertos por novos sedimentos permitindo assim a renovação sazonal dos minerais extraídos pelas plantas. Apesar disso, em decorrência de técnicas rudimentares para produção agrícola essas áreas estáveis começam a sofrer com os impactos antrópicos, com a erosão em destaque.

Um dos ecossistemas mais degradados do município, são as matas ciliares, que apresentam menos de 1% da área, em um município cortado por 3 dos maiores rios da região em que se encontra, essas matas ciliares deram lugar a plantações e pastagens, em virtude das poucas terras agricultáveis com disponibilidade hídrica, há que se destacar que em pouquíssimas localidades ocorrem a quantidade mínima obrigatória de mata ciliar exigida pelo código florestal, LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012.

ISBN: 978-85-7282-778-2

No município a ocorrência vários afloramentos de rochas, com os mais expressivos mapeados no produto acima, correspondem aos afloramentos do escudo cristalino que não apresentam uma superfície totalmente estéril, sendo coberta por uma vegetação arbustiva baixa. O fenômeno responsável por sua origem ocorre em decorrência dos processos morfogêneticos principalmente a erosão, esta atua de forma mais intensa que os processos pedogêneticos originando superfícies onde coexistem o afloramento rochoso e a presença de solos rasos, Neossolos.

4. conclusões

O presente trabalho é parte experimental de uma posterior compartimentação das unidades de paisagens do Seridó Potiguar, este que será realizado compartilhando mesmo método e escala. Com o mapeamento primeiramente foi possível constatar a eficácia do método utilizado para a produção do mesmo, sempre associados com as atividades de campo, para garantir a precisão dos dados, a qualidade ocorre principalmente por causa da qualidade das imagens que foram utilizadas na área de estudo.

No total foi possível a caracterização de 15 Geofácies, a descrição e a representação gráfica servirão se utilizadas corretamente como uma importante ferramenta para o planejamento e ordenamento territorial do município.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, José Jakson Amâncio. Caatinga do Cariri Paraibano. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique. **Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest**, v. 39, fasc. 3, 1968. p. 249-272.

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia física Global: esboço metodológico. Cruz, Olga (trad.). **Cadernos de Ciências da Terra.** São Paulo, USP-IGEOG, n. 43, 1972.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

DAGNINO, R. A Geografia de Alexander von Humboldt: Diálogos entre Arte e Complexidade. **Caminhos de Geografia (UFU),** v. 9, p. 65-83, 2008.

DINIZ, Marco. Túlio. Mendonça et al. Mapeamento Geomorfológico Do Estado Do Rio Grande Do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 4, p.689-701, dez. 2017. Semestral. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1255>. Acesso em: 26 jun. 2018.

DINIZ, Marco. Túlio. Mendonça; Oliveira, George. Pereira de. Compartimentação e Caracterização das Unidades de Paisagem do Seridó Potiguar. **Brazilian Geographical Journal:** Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 291-318, jan./jun. 2015.

DINIZ, Marco. Túlio. Mendonça; PEREIRA, Vitor. Hugo. Campelo. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas Atmosféricos Atuantes e Mapeamento de Tipos de Clima. **Boletim Goiano de Geografia** (Online), v. 35, p. 488-506, 2015

SILVA, Sandro Damião R. **Delimitação de unidades da paisagem do litoral setentrional potiguar e adjacências.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia. Natal, RN, 2018. 131f.

SOCHAVA, Viktor Borisovich. **O estudo de geossistemas. Métodos em questão**. São Paulo: Instituto de Geografia. USP. 1977. 51 p.

_____. **Сочава Виктор Борисович, Учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука,** 1975. — 39 с.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE AREADO, SUL DE MINAS GERAIS

Jéssica Santos Braz [(a)], Roberto Marques Neto [(b)]

[(a)] Departamento de Geociências/Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, jessicabrareado@hotmail.com.
[(b)] Departamento de Geociências/Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, robertomarques@hotmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A compartimentação geomorfológica é um instrumento essencial na pesquisa geomorfológica e de grande valia nos estudos integrados da paisagem. A referida prática implica na diferenciação dos modelados, submetidos a determinados processos morfodinâmicos e morfogenéticos ao longo do tempo, expressando resultados de caráter dinâmico-evolutivo da paisagem. Assim, objetiva-se efetuar a compartimentação geomorfológica no município de Areado, sul de Minas Gerais, levada a efeito na escala de 1/50000. A delimitação das unidades topomorfológicas e a elaboração geral baseou-se nas propostas metodológicas de Nunes *et al.* (1995). Portanto, a compartimentação aponta três principais tipos genéticos, onde em suas configurações há uma relação estreita com os elementos estruturais. Assim, o ambiente geomorfológico apresenta modelados originais, mas também aqueles que possuem interferência antropogênica. Portanto, cada compartimento assume distintas características que implicam no modo de uso e ocupação da terra.

Palavras chave: compartimentação geomorfológica; município de Areado; uso e ocupação.

1. Introdução

Tem-se verificado, no campo da cartografia geomorfológica, que a compartimentação do relevo figura como um importante instrumento nas pesquisas geomorfológicas de base, com aplicabilidades distintas, entre as quais aquelas que envolvem sobre o planejamento de uso e ocupação das terras. Dessa forma, a mesma consiste em individualizar os modelados dominantes que apresentam em sua integridade características morfométricas e morfológicas similares. Assim, cada compartimento de relevo expõe em sua configuração diferentes formas,

condicionadas pelos diversos processos dinâmicos-evolutivos em escalas espaço-temporais distintas.

Dessa forma, a compartimentação geomorfológica se apresenta como uma parte integrante dos estudos geomorfológicos, essenciais na compreensão da paisagem em sua totalidade, uma vez que revelam a espacialidade do relevo e os principais tipos genéticos. Além disso, é importante destacar o relevo como uma variável fundamental em uma séria de atividades humanas, urbanas, minerárias, agrosilvopastoris, etc. Nesse contexto, verifica-se a contribuição da ciência geomorfológica para um planejamento que leve em consideração as especificidades da paisagem, tal como as organizações socioespaciais.

Portanto, a definição dos modelados pode se apresentar como uma importante ferramenta de compreensão do relevo na sua multiplicidade de relações. Dessa maneira, a proposta de individualização das unidades geomorfológicas condiciona a possibilidade do desenvolvimento de material cartográfico do relevo com vistas no planejamento de uso e ocupação da terra. Assim, o presente trabalho consiste em apresentar os principais modelados identificados no município de Areado (MG) de acordo com a proposta metodológica em geral adotada por Nunes *et al.*(1995), além das interpretações levadas a efeito com os lineamentos estruturais concebidos pelo mapa geológico de Nova Resende (CODEMIG, 2015), com fins de apresentar uma compartimentação geomorfológica que possa contribuir com o planejamento.

Sendo assim, o município de Areado-MG situa-se na porção sudoeste do estado de Minas Gerais (Figura 1), microrregião de Alfenas, conforme IBGE (2010). Com posição em coordenadas UTM na Zona 23 K, o município é localizado pela interseção das coordenadas em Longitude 381196 E e Latitude 7637700 S, apresentando área de 283,124 km². Parte substancial de suas atividades econômicas reside na agricultura, pecuária e psicultura.

No que se refere aos aspectos hidrográficos, Areado apresenta como canal fluvial principal o Ribeirão Santo Antônio. O município é banhado pelo reservatório de Furnas, proveniente do representamento da água sob a utilização da usina instalada no Rio Grande, sub

ISBN: 978-85-7282-778-2

bacia do Rio Paraná, entre os municípios de São José da Barra e São João Batista do Glória no estado de Minas Gerais.

Em relação aos dados climáticos no município, não há uma estação meteorológica local. Assim, segundo o *Climate Data*, o clima do município é determinado de acordo com a classificação de Köppen-Geiger como Aw, ou seja, clima tropical com estação úmida no verão e seca no inverno, sendo dezembro e janeiro os meses que apontam o maior índice pluviométrico, com temperatura média anual de 21.6°C. Com referência aos aspectos vegetacionais, conforme o mapa de vegetação do Brasil disponibilizado pelo IBGE (2004), prevalece a Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), típico da Mata Atlântica, especificadamente com vegetação secundária somada a atividades agrárias.

Areado pertence ao contexto geológico Complexo Guaxupé, conforme Fonseca et al. (1979), agrupando rochas pré-cambrianas predominantemente ortoderivadas e paraderivadas. Esse arranjo geológico está relacionado a um relevo ondulado interceptado por cristas estruturais, padrão este bastante comum nesse setor do sul de Minas Gerais próximo à calha represada do Rio Grande.

Em relação às características pedológicas, os Latossolos Vermelhos distróficos e os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos são predominantes. Esses oriundos da alteração do embasamento litológico de hiperstênio-granulitos (charnoquitos), granulitos básicos, gnaisses graníticos bandados, rochas metabásicas e metaultrabásicas (HASUI e ALMEIDA, 1989).

ISBN: 978-85-7282-778-2

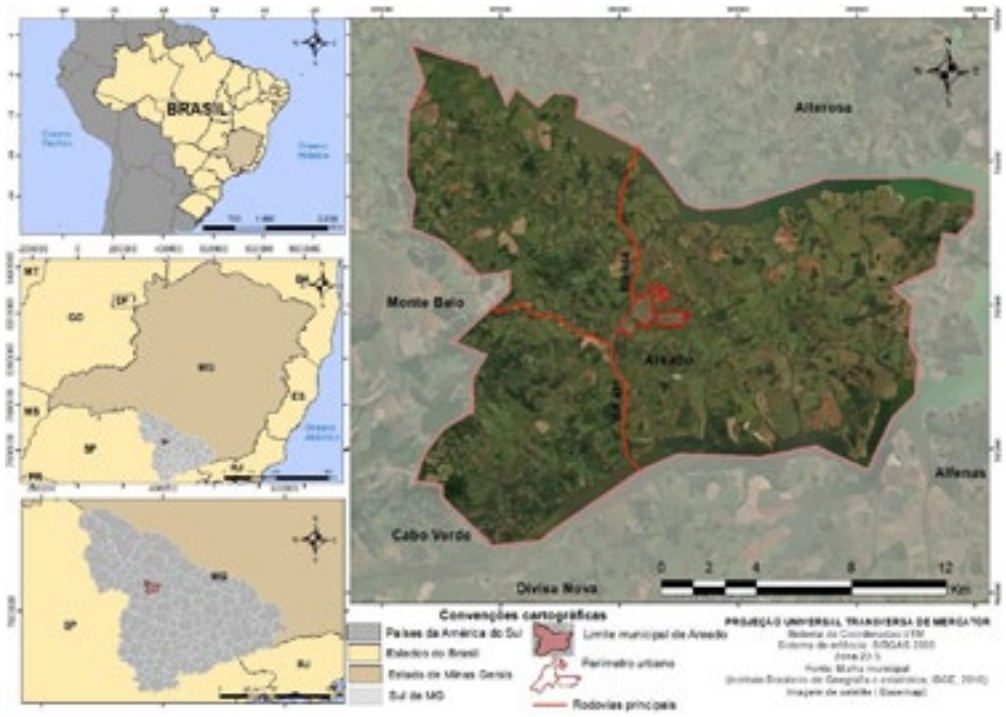


Figura 1: Localização do município de Areado-MG.

2. Materiais e Método

A proposta de compartimentação geomorfológica foi definida sobre a base da carta topográfica de 1/50000 do ano de 1970, folha (SF-23-V-D-I-4), disponibilizada no acervo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e a base metodológica que serviu como pedra de toque foi aquela proposta por Nunes et al. (1994), que se capilariza com aspectos de uma série de propostas.

A diferenciação dos modelados sob controle estrutural e os de dissecação homogênea foi auxiliada por produtos de sensoriamento remoto, como as imagens de modelo sombreado (Figura 2), obtido por meio do Modelo Digital de Elevação (MDE), cujo produto concede a possibilidade de discernir os modelados por meio das características texturais, rugosidades e rupturas de declive reveladas na imagem. Desse modo, os modelados identificados foram

apresentados em conjunto de formas, fazendo menção ao padrão de formas semelhantes aderido por Ross (1992). Além disso, fez-se necessário utilizar os principais lineamentos extraídos do mapa geológico de Nova Resende/MG na escala de 1/100000 (CODEMIG, 2015).

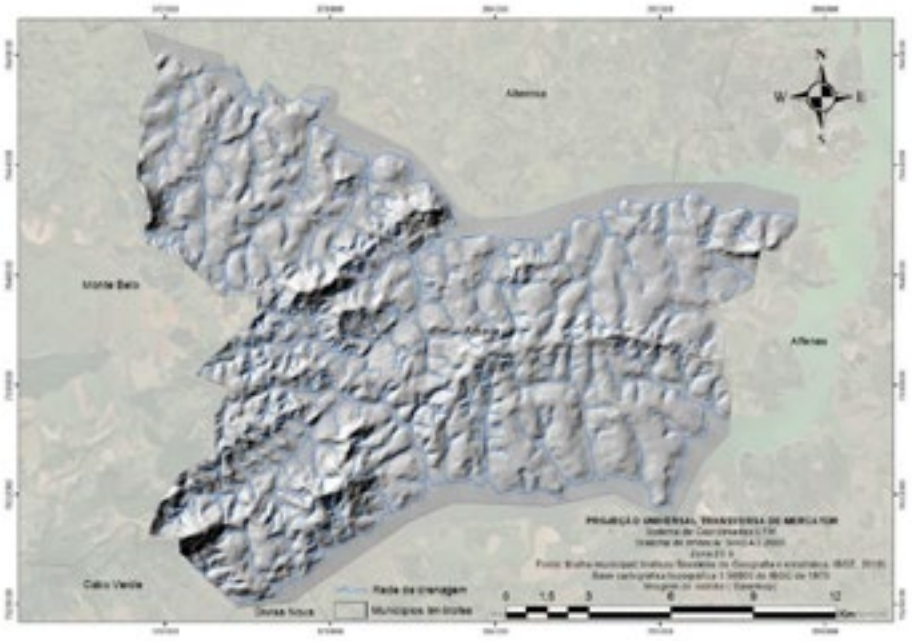


Figura 2: Relevo sombreado do município de Areado-MG.

Em um segundo nível de abordagem foi adotado metodologicamente os parâmetros de valores morfométricos, aderidos ou adaptados por autores como Ross (1992), Nunes *et al.* (1995), Cunha (2012), Marques Neto *et al.* (2015), entre outros. Tais parâmetros remetem aos valores de dimensão interfluvial e profundidade de dissecação apresentados por diferentes tipos de modelados, possibilitando a dedução de aspectos morfodinâmicos. Assim, a morfometria consiste no cruzamento dos valores da profundidade de dissecação, valor esse concebido pelo cálculo da diferença da amplitude altimétrica do topo da geoforma e o fundo de vale, e da dimensão interfluvial, medida a partir de linhas de drenagens paralelas e/ou surgências hídricas. Tais dados foram mensurados em metros e organizados em uma matriz, constando na vertical a profundidade de dissecação e na horizonal a dimensão interfluvial. Os valores foram definidos

ISBN: 978-85-7282-778-2

pelos números de 1 a 5 , estabelecendo-se, a partir disso, 25 correlações possíveis. Dessa forma, a imagem de relevo sombreado associada à morfometria permitiu o discernimento dos tipos de modelados.

A organização das informações cartográficas, editadas no software ArcGis 10.0, consistiu na etapa de georreferenciamento da carta topográfica com fins de recorte das informações gráficas. Tal extração foi possibilitada pela ferramenta "Extrair por Máscara", em *Spacial Analyst* contida no *Arctoolbox.* Subsequentemente, foram traçados em polígonos, esses definidores da espacialidade das unidades de relevo existentes no município.

Ao final foi gerado o mapa que apresenta os tipos genéticos identificados no município, com os elementos estruturais como apoio de interpretação no que se refere às influências de direção nos modelados estruturais. Para a diferenciação do conjunto de morfologias foi utilizado uma expressão alfa-numérica que indica os aspectos genéticos, morfológicos e morfométricos dos modelados. Nesse sentido, com base nas definições propostas por Nunes *et al.* (1994), a letra maiúscula representa o tipo genético, ou seja, os modelados de acumulação (A), dissecação homogênea (D) e controle estrutural (DE); as letras minúsculas, por seu turno, se referem ao tipo de modelado. Os números representam os parâmetros morfométricos, de dimensão interfluvial e profundidade de dissecação, respectivamente.

Em relação aos padrões de cores para a representação dos modelados, foram adotadas as tonalidades propostas pelo IBGE (2009). Dessa forma, foram definidos tons de amarelo para os depósitos sedimentares fluviais ou flúvio-lacustres, de marrom ou lilás para os modelos de dissecação em controle estrutural e tons de laranja e ocre para os modelos de dissecação homogênea.

Os procedimentos de mapeamento foram subsidiados por trabalhos de campo para verificação das interpretações realizadas em gabinete. Como o município é banhado pelo lago de Furnas, foi preciso utilizar as informações prestadas pela comissão técnica da empresa

ISBN: 978-85-7282-778-2

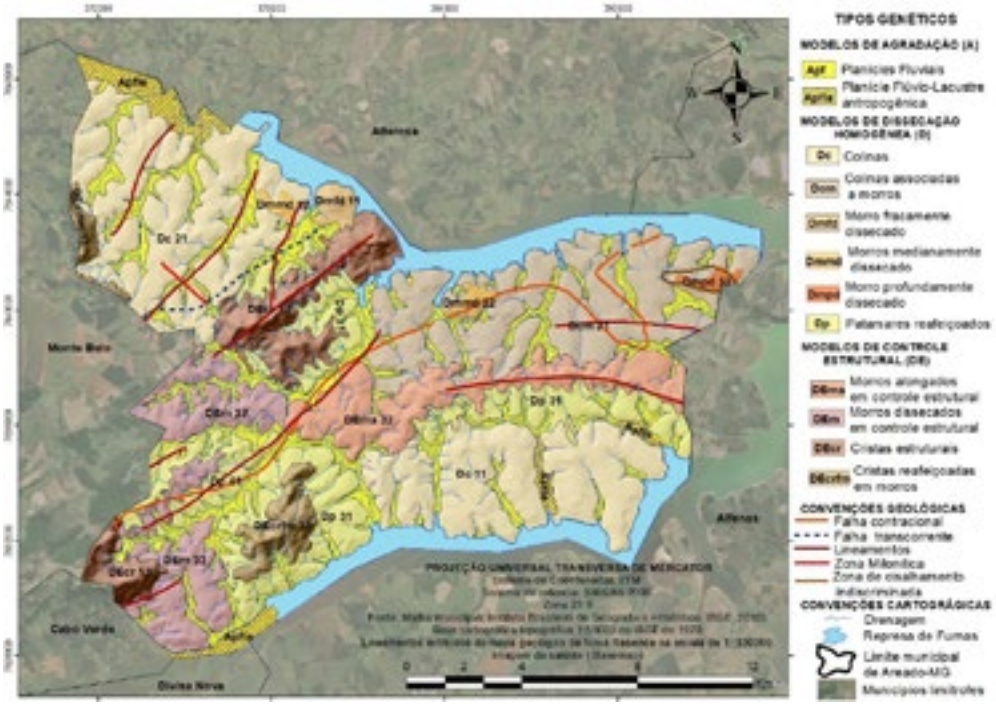
Eletrobras Furnas via e-mail. A solicitação postulava sobre o nível d'água de operação que a represa se apresentava no ano de 1970, data de publicação da folha topográfica utilizada. Nesse sentido, o campo também foi fundamental para calibrar as informações e discernir segmentos de planícies fluvio-lacustres antropogênicas das extensões nas quais a linha d'água ladeia diretamente as baixas vertentes.

3. Resultados e discussões

A compartimentação geomorfológica revelo para a área de estudo três tipos genéticos (Figura 3), sendo eles: (1) os modelados de acumulação, prevalecendo as planícies fluviais e as planícies flúvio-lacustres antropogênicas, (2) os modelados de dissecação homogênea, evidenciados principalmente por morros, colinas e patamares reafeiçoados, destacando-se as colinas amplas e as associadas a morros na porção norte do município, (3) e os modelados em controle estrutural, representado pelas cristas estruturais e as cristas reafeiçoadas em morros, morros estruturais e os morros alongados em controle estrutural.

Dentro disso, a morfologia do compartimento designado por *morros dissecados em controle estrutural* (DEm32), exibe relação estreita com as duas cristas estruturais (DEcr32 e DEcr13), justamente por estarem entre as mesmas e também apresentar uma proximidade com um lineamento e uma falha contracional. Esses elementos estruturais apontam, dessa maneira, mediante suas orientações, uma área de influência desses morros principalmente na porção NW e SW, onde há uma relação dos lineamentos com a morfologia de morros dissecados em controle estrutural (DEm32). Ademais, há os morros alongados em controle estrutural (DEma32) que apresentam uma direção paralela a um lineamento presente na área com direção E-W indicando controle estrutural nítido.

ISBN: 978-85-7282-778-2



MA- Modelos de agradação (A)

Apf- Planícies Fluviais

Apresentam canais de distintas extensões.

Apfla- Planície Flúvio-Lacustre antropogênica

Apresentam canais de distintas extensões e depósitos lacustres.

MD- Modelos de Dissecação Homogênea (D)

Dc- Colinas

Apresentam em extensão morfologias predominantemente de pequenas e médias. Topos aplainados convexos e vertentes convexas.

Dcm- Colinas associada a morros

Apresentam em extensão morfologias predominantemente de pequenas, médias e grandes. Topos aplainados convexos e vertentes convexas.

Dmfd- Morro fracamente dissecado

Morfologia com topo convexo e vertente convexa, com declividade suave.

Dmmd- Morro medianamente dissecado

Morfologia com topo côncavo-convexo e vertente convexa.

Dmpd- Morro profundamente dissecado

Morfologia alongada com topo côncavo-convexo e vertente convexa.

Dp- Patamar reafeiçoado

Apresentam extensões variadas, com descontinuidades e declividades mais suaves.

MDE- Modelos de Dissecação em controle estrutural

Dmn- Morros alongados em controle estrutural

Morfologia com topos convexos alongados e vertentes côncavas e convexas.

DEm- Morros dissecados em controle estrutural

Morfologia com topos convexos e vertentes côncavas e convexas.

DEcr- Cristas estruturais

Morfologia com topos convexos e vertentes convexas e retilíneas.

DEcrfm-Cristas reafeiçoadas em morros

Morfologia com encostas suavizadas, topos convexos e vertentes convexas e retilíneas.

Densidade Interfluvial					
Intensidade de entalhe vertical da drenagem	Muito fina (<400 m)	Fina (401 a 600 m)	Média (601 a 800 m)	Grosseira (801 a 1000)	Muito grosseira (> 1000 m)
Muito fraca (<100m)	5.1	4.1	3.1	2.1	1.1
Fraca (201 a 200 m)	5.2	4.2	3.2	2.2	1.2
Moderada (201 a 500 m)	5.3	4.3	3.3	2.3	1.3
Forte (501 a 1000 m)	5.4	4.4	3.4	2.4	1.4
Muito Forte (>1000 m)	5.5	4.5	3.5	2.5	1.5

Figura 3: Compartimentação geomorfológica do município de Areado (MG).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Dessa forma, evidencia-se na interpretação das morfologias presentes no município, que a maior concentração a NW, SE e SW de lineamentos indicam a ocorrência de modelados de dissecação em controle estrutural, sendo o modelado crista estrutural (DEcr13) o que apresenta a maior profundidade de dissecação e as amplitudes mais pronunciadas.

No que se refere à relação dos aspectos geomorfológicos e o uso da terra, é possível verificar os tipos de culturas efetuadas na área em consonância com as características dos elementos geomorfológicos. Assim, é explícito o café como cultura de destaque no município, principalmente em geoformas mamelonares, havendo também a pecuária e a sivilcutura como práticas predominantes. Em contrapartida, áreas de maior desnível altimétrico, como as cristas estruturais, são caracterizadas por processos morfodinâmicos mais intensos na forma de movimentos gravitacionais, coluvionamento e formação de depósitos de tálus, o que repercute em uma maior prevalência da vegetação original (Figura 4).

Nesse sentido, é precípuo a compreensão da intensidade e tipologias de processos morfodinâmicos recorrentes, além de apontamentos sobre o planejamento de uso do patrimônio ambiental que se diferem de acordo com as características geomorfológicas que cada compartimento assume. Na área de estudo, tal princípio se aplica aos três tipos de morros definidos neste trabalho, ou seja, os fracamente, moderadamente e profundamente dissecados. Tais conjuntos exprimem características geomorfológicas diferentes, e o grau distinto do entalhamento da drenagem tem implicações na morfodinâmica desses padrões de formas. Flagrantemente, os morros profundamente dissecados são distintamente mais restritivos a usos mais intensivos e à mecanização agrícola, uma vez que apresentam declives distintamente mais acentuados e amplitudes maiores, padrões métricos que sugerem, e por vezes definem, práticas conservacionistas.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 4: Caracterização de alguns modelados da área. Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Por fim, é importante enaltecer que o ambiente geomorfológico do município de Areado apresenta uma relação estreita com as morfologias originais e os modelados tecnogênicos, sendo o represamento de Furnas uma realização antropogênica de notório interesse. Assim, a interpretação a partir dos dados fornecidos pela Eletrobras Furnas, apontam que em maio de 1970 o nível do lago chegou a 763,91 m com volume útil de 68,59%, o que por sua vez comprova que as planícies de acumulação identificadas no município se restringem as extensões dos canais fluviais, os quais muitos deles tem a represa de Furnas como nível de base. Já ao entorno do lago de Furnas, são as baixas vertentes que foram suprimidas devido o avanço do nível do reservatório. Nessas áreas, os efeitos acumulativos não ocorrem e as barreiras geoquímicas são ausentes, definindo uma transferência direta de massa e energia dos terrenos agricultáveis ao reservatório.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

Em suma, o modelo metodológico adotado, bem como as adaptações cabíveis, demonstrou eficiência para a compreensão dos sistemas geomorfológicos vigentes no município em seus aspectos gerais. Assim, o esquema de representação que conjuga os valores morfométricos e as letras na forma de símbolos alfanuméricos, que tem sido amplamente utilizado na cartografia do relevo, diferenciou de forma eficaz os padrões de formas vigentes em seus aspectos morfográficos.

Na área de estudo existe uma relação direta entre os modelados e os padrões de uso e ocupação, além da influência da represa de Furnas nos processos acumulativos, o que sugere uma significativa influência do relevo na composição da paisagem em sua estrutura e nos fluxos de matéria e energia que perfazem sua dinâmica, deveras distinta entre os diferentes compartimentos, que também são diferenciáveis, para além de suas formas, em suas estruturas superficiais e energia erosiva.

Os procedimentos de compartimentação geomorfológica são trabalhos de base que dão aporte à elaboração de cartas geomorfológicas propriamente ditas, às interpretações de cunho genético-evolutivo e/ou dinâmico, aos estudos integrados da paisagem, partilhando também das diagnoses ambientais voltadas para o planejamento do uso e ocupação. Dessa forma, embora apareçam recorrentemente como fases intermediárias de estudos mais avançados, tais procedimentos são reconhecidamente fundamentais em pesquisas centradas nos aspectos supracitados.

Agradecimentos

Agradecimento ao apoio da CAPES pelo auxílio financeiro através da bolsa de mestrado.

5. Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. **Formas de Relevo**: texto básico. São Paulo: FUNBEC/ EDART, 1975. 80p

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima Areado**. Disponível em: https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/areado-1043139/. Acesso em: 29 dez.2018.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS. **Mapa geológico Nova Resende/MG.** Projeto Fronteira de Minas. [Minas Gerais]: CODEMIG, 2015. 1 mapa. Escala 1: 100000. Folha SF.23-V-DI. Disponível em: http://www.portalgeologia.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/NovaResende_geologia.pdf. Acesso em: 29 dez.2018.

CUNHA, C. M. L. **A cartografia geomorfológica em áreas litorâneas.** 2012. 119 f. Tese (Livre Docência em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

FONSECA, M.J.G.; SILVA, Z.C.G.; CAMPOS, D.A. TOSATTO, P. **Carta Geológica do Brasil ao milionésimo, Folhas Rio de Janeiro (SF23), Vitória (SF24) e Iguape (SG23) -** Texto explicativo. Brasília: DNPM, 1975. 240p.

HASUI, Y.; OLIVEIRA, M. A. F. Província Mantiqueira: setor central. In: ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. (org.). **O Pré-Cambriano do Brasil.** São Paulo: Edgard Blucher, 1984. p. 308-344.

IBGE. **Mapa de Vegetação do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa. Escala 1:5000000. Disponível em: https://mapas.ibge.gov.br/tematicos/vegetacao.html. Acesso em: 29 dez. 2018.

_____. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 175p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n.5).

_____. **Areado**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 1 mapa. Escala 1:50000. Disponível em: http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_para_fins_de_levantamentos_estatisticos/censo_demografico_2010/mapas_municipais_estatisticos/mg/areado_v2.pdf. Acesso em: 29 dez. 2018.

MARQUES NETO, R.; ZAIDAN, R. T.; MENON JÚNIOR, W. Mapeamento geomorfológico do município de Lima Duarte (MG). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 16, n.1, p. 123-136, 2015.

NUNES, B. A.; RIBEIRO, M. I. C.; ALMEIDA, V. J.; NATALI FILHO, T. **Manual técnico de geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1995. 112p. (Série Manuais Técnicos em Geociências, n.5).

ROSS, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 1992.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

COMPLEXIDADE DA EROSÃO FLUVIAL NO RIO MOGI-GUAÇU-SP/MG: INTERVENÇÃO ANTRÓPICA E/OU DINÂMICA NATURAL?

André de Oliveira Souza [(a)], Salvador Carpi Junior [(b),] Luis Eduardo de Oliveira Muraro [(c)]

[(a)]Doutorando em Geografia, Instituto de Geociências, UNICAMP, andreosouza@ige.unicamp.br

[(b)] Laboratório de Geomorfologia e Análise Ambiental, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, UNICAMP, salvador@ige.unicamp.br

[(c)] SME-SP – Secretaria Municial de Educação da Prefeitura de São Paulo, SP

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Na complexa dinâmica de sistemas fluviais meândricos, estão envolvidos diferentes aspectos naturais e antrópicos. As investigações concernentes a esse trabalho, partiram de questionamentos sobre a possibilidade de distinção entre processos erosivos agudos desencadeados por intervenções antrópicas, daqueles originados pela dinâmica fluvial intrínseca a sistemas meândricos. Foi investigado um trecho do rio Mogi-Guaçu, entre os municípios de Guatapará e Rincão, ambos localizados no estado de São Paulo. Foram utilizadas imagens pancromáticas do satélite CBERS 4 e imagens do satélite Landsat 8, as quais correspondem a um intervalo de tempo de 3 anos (2014, 2015 e 2016). Os resultados mostraram reentrâncias no talude dos baixos terraços, as quais apresentam importantes correlações com as áreas onde o índice NDVI apresentou mudanças significativas na vegetação. Contudo, um importante desafio seria

ISBN: 978-85-7282-778-2

atestar com confiança se essas alterações estão diretamente vinculadas ao desmonte hidráulico dos taludes marginais, indicando grande complexidade de fatores envolvidos na dinâmica erosiva.

Palavras chave: Geomorfologia fluvial, Intervenções antrópicas, Erosão fluvial, Pseudo-equilíbrio

1. Introdução

O Rio Mogi-Guaçu, localizado nos estados de São Paulo e Minas Gerais, tem na sua dinâmica natural e nas suas intervenções antrópicas se constituído em objeto de inúmeros estudos, os quais vem sendo desenvolvidos principalmente nos últimos 20 anos. O destaque tem ocorrido nas questões sobre a erosão fluvial no rio Mogi-Guaçu, associada à sua dinâmica de meandramento e migração lateral do canal principal (e.g. Carpi Junior, 2001; Carpi Junior e Perez Filho, 2005; Zancopé e Perez Filho, 2006; Zancopé, Carpi Jr, Perez Fº., 2009).

As alterações que as atividades antrópicas tem provocado nessa dinâmica fluvial ocorrem seja de forma direta no rio principal, seja de forma indireta no uso e manejo das terras na sua bacia hidrográfica. Recentemente, as atividades mineradores de areias e calhaus do leito fluvial têm conduzido a questionamentos teóricos e metodológicos, quanto a contribuição dessas atividades no desencadeamento de erosões acentuadas nos taludes dos baixos terraços fluviais. Essas atividades, as quais ocorrem há algumas décadas, têm originado entraves e conflitos entre órgãos fiscalizadores e a iniciativa privada, resultando principalmente em ações jurídicas (Carpi Jr, 2016).

Abstendo a advocação sobre esse conflito, o presente trabalho partiu do seguinte questionamento: É possível distinguir processos erosivos agudos desencadeados por intervenções antrópicas, daqueles originados pela dinâmica fluvial intrínseca a sistemas meândricos?

2. Pressupostos teóricos

Dinâmicas fluviais são resultantes de processos e relações complexas, as quais ocorrem em multiplas escalas e apresentam diferentes limiares de equilíbrio (Brunsden e Thornes, 1979; Phillips, 2011). Fryirs (2017) sugere que interferências em uma ou mais dessas características, podem ocasionar desde simples readequações internas quanto alterar toda a característica primária do sistema. Neste último caso, resultando no estabelecendo de novos padrões de organização.

Canais fluviais meândricos, como os trechos analisados neste trabalho, podem apresentar complexas dinâmicas associadas a deslocamentos laterais e gênese de multiplas formas geomórficas. Em ambientes naturais, ocorrem interações complexas envolvendo as planícies, as quais são frequentemente reguladas por um estado dinâmico de evolução da curvatura e auto-organização (Leopold et al. 1964; Schumm, 1985; Hooke, 2004; Morais et al. 2016). Contudo, atividades humanas como a remoção da cobertura florestal, mineração, reservatórios, silvicultura, agricultura e urbanização podem causar mudanças hidrossedimentares e ajustes morfológicos significativos (Gregory, 2006; Morais et al. 2016).

Nessa perspectiva, Phillips (2011) aborda que a noção de *steady-state equilibrium* (SSE) tem sido por longo tempo interpretado como uma condição normativa de sistemas geomorfológicos, mas que na verdade pode representar um ponto intermediário ao longo de um *continuum*, um limite superior ou ainda ser irrelevante em alguns sistemas. O autor propõe então, o conceito de "pseudo-equilibrio" para explicar o comportamento dos sistemas geomorfológico ao longo do tempo e espaço.

Deste modo, os subsídio teóricos desse trabalho advém da abordagem do autor supracitado, uma vez que é compreendido que ajustes fluviais podem não resultar em *steady state equilibrium*, mas em uma condição transitória ou simplesmente corresponder à característica intrinsica do sistema. Em adição, intervenções antrópicas e/ou naturais podem ser desencadeadores de respostas erosivas agudas na área estudada, apresentando reflexos em

diferentes escalas. Por outro lado, podem também ter resultado de perturbações em outros setores do canal principal e/ou da bacia hidrográfica em sua totalidade.

2. Materiais e Métodos

Os trechos analisados do rio Mogi-Guaçu estão localizados nos municípios paulistas de Rincão e Guatapará (Figura 1), no trecho apresentando uma grande planície de inundação que começa encaixada no bordo do rio e gradativamente vai alargando-se ao longo do mesmo, no sentido montante-jusante. O referido trecho apresenta sucessivas curvas inseridas em complexos cinturões meândricos, onde notam-se margens côncavas e convexas, cordões marginais convexos (*point bar*) e canais abandonados (Christofoletti,1980).

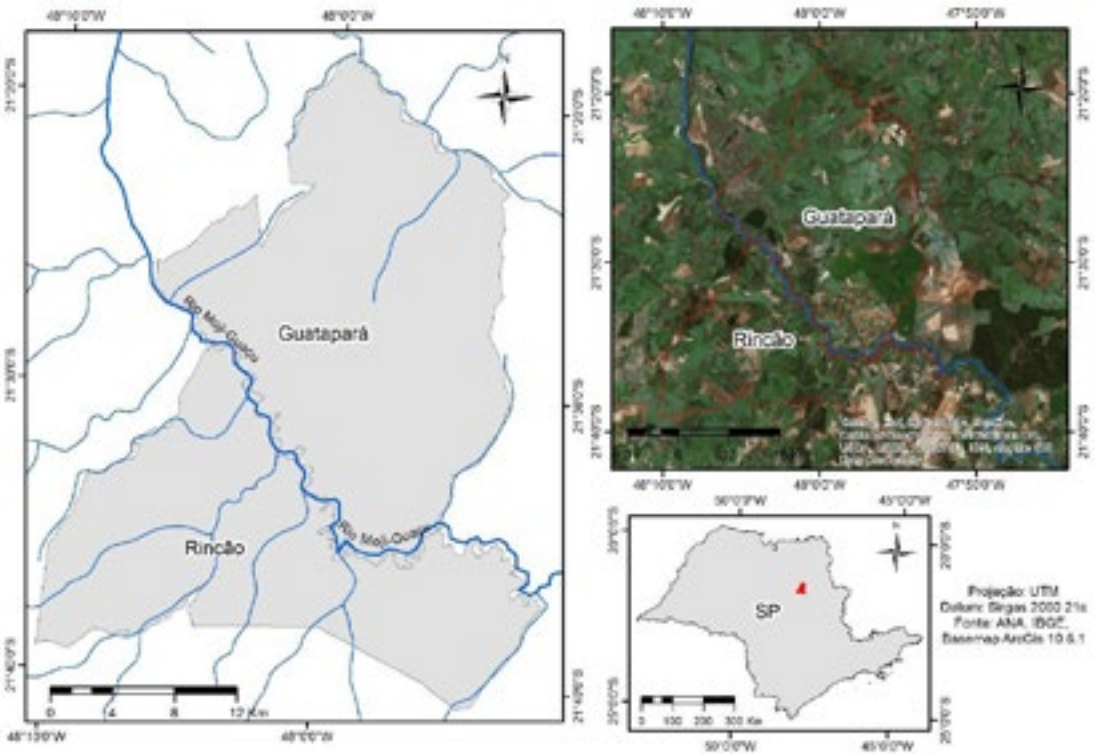


Figura 1: Localização da área de estudo.

Fonte: Org. pelos autores

A abordagem metodológica utilizada teve como objetivo avaliar a erosão marginal por meio da análise da supressão da vegetação ciliar. A série temporal considerada foi de três anos (2014, 2015 e 2016), período em que ações de fiscalização sinalizou possíveis alterações geomorfológicas ocasionadas por intervenções antrópicas. Sendo assim, considerou-se que em virtude da série temporal ser relativamente curta, mudanças abruptas na cobertura vegetal poderia ser um indicativo de atuação antrópica. Complementado as análises laboratoriais, foram realizados trabalhos de campo nos dias 25 e 26 de julho do ano de 2016.

O mapeamento das feições erosivas acentuadas, foi realizado utilizando imagens pancromáticas do satélite CBERS 4 dos ano de 2014, 2015 e 2016. A resolução espacial das imagens é de 5 metros. Deste modo, por meio da interpretação das imagens foram delineados o canal fluvial e identificadas áreas com registros de intensa erosão marginal (reentrâncias acentuadas). A investigação das mudanças na composição vegetal das Áreas de Preservação Permanente, foram realizadas por meio do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) gerados a partir de imagens Landsat 8 dos anos de 2014, 2015 e 2016 (ZANZARIN et al., 2013; WEIR e HERING, 2012). Importante destacar, que as imagens do satélite CBERS 4 não apresentaram boa qualidade devido à extensa cobertura de nuvens para o período abrangido por esse trabalho.

As delimitações das APP's seguiram as diretrizes do Art. 4 da Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (Novo Código Florestal) e foram realizadas por meio da criação de *buffers*. Finalmente, as áreas de APP's foram classificadas como Removida (cor vermelho), Parcialmente Removida (cor amarelo) e Preservada (cor verde). E em relação aos pontos de erosão, foram classificados como "Inconclusivo", aqueles que não apresentaram aparente relação direta dos processos erosivos com a supressão da vegetação; e "Interferência antrópica", aqueles os quais indicaram uma aparente interferência da mineração na dinâmica erosiva natural e consequentemente na supressão da vegetação por meio do desmonte de hidráulico e mecânico de taludes laterais.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Resultados

Os resultados obtidos possibilitaram importantes considerações sobre a dinâmica erosiva e evolução da cobertura vegetal marginal ao longo do período estudado. Na Figura 2 é possível observar uma retração das áreas preservadas, ao passo que também aumentaram as áreas com vegetação parcialmente removida. Por outro lado, em alguns setores do trecho analisado são observadas significativa atuação de atividades de mineração de areia e cascalho do leito fluvial. Nesse sentido, as imagens de satélite mostraram reentrâncias no talude dos baixos terraços, as quais apresentam importantes correlações com as áreas onde o índice NDVI apresentou mudanças significativas na vegetação.

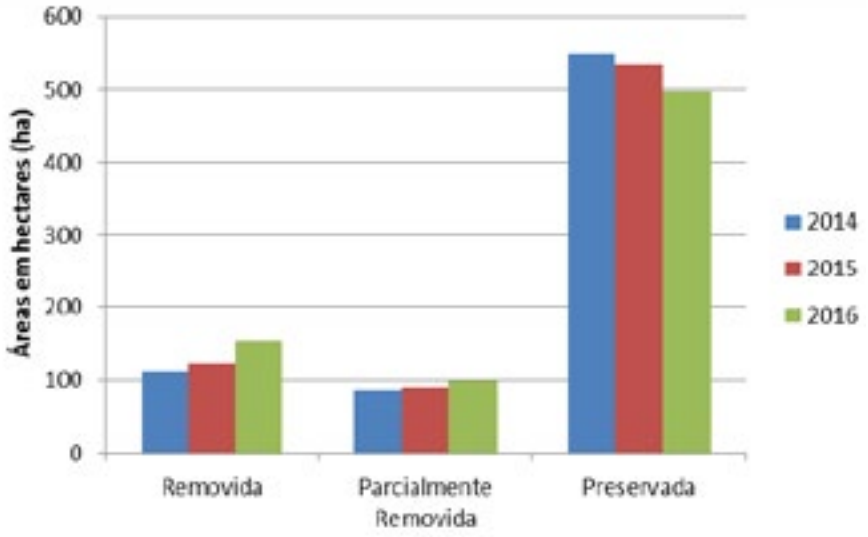


Figura 2: Quantidades de áreas com vegetação preservada, parcialmente removida e removida.

Fonte: Org. pelos autores

Nesta perspectiva, na Figura 3 é possível notar reentrâncias nos taludes das margens convexas onde são predominantes os processos deposicionais. Não obstante, também é verificado pouca alteração local das características das APP's, mas que no entorno, principalmente a jusante, há a manutenção (verde) ou diminuição das vegetações (amarelo

e/ou vermelho). Assim, somando-se as características morfológicas e da dinâmica hidrossedimentar é possível inferir que a influência antrópica representada pela mineração se processou, mas que não foi o único agente modificador da dinâmica fluvial.

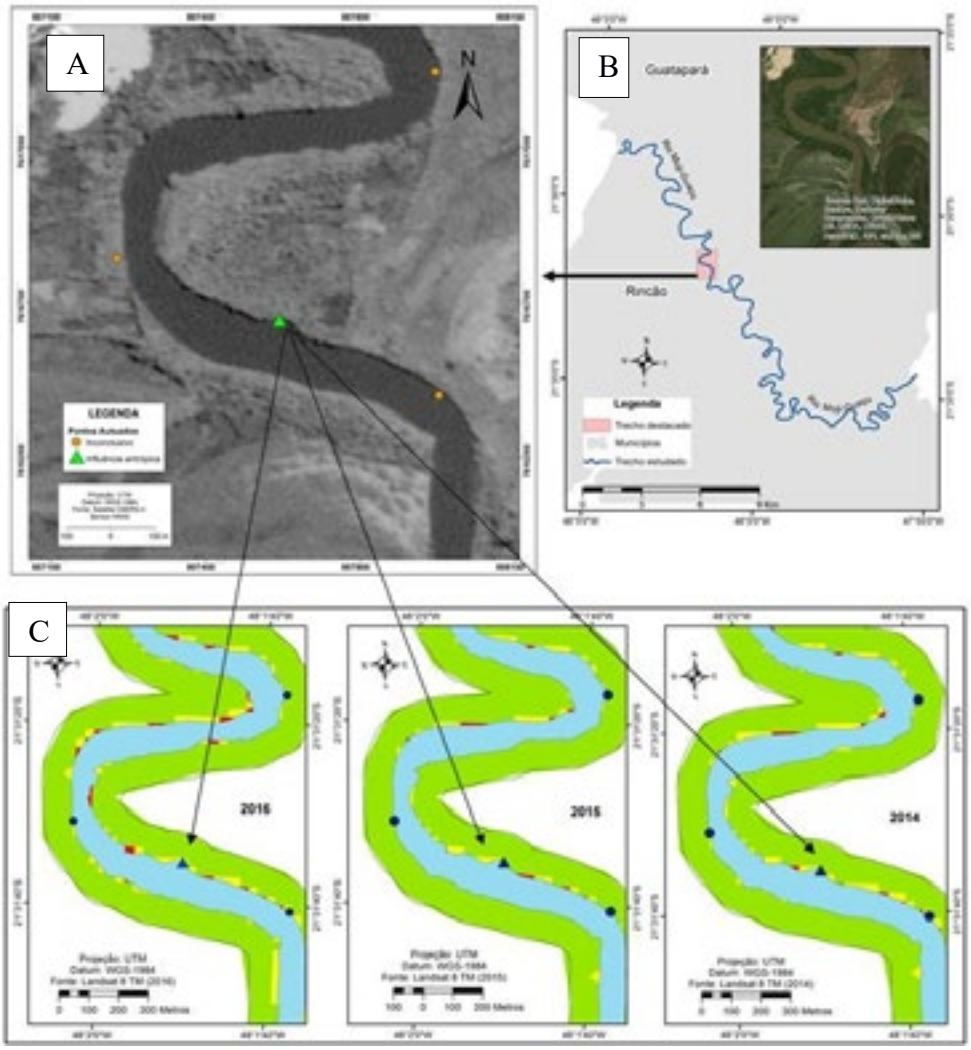


Figura 3: Feições erosivas e NDVI de um setor do trecho do rio Mogi-Guaçu. A) Imagem CBERS 4 pan cromática. B) Localização do trecho destacado. C) NDVI dos anos 2016, 2015 e 2014. Triângulos verde e azul: Possível influência antrópica. Círculos azul e laranja: Inconclusivo.

Fonte: Org. pelos autores

É possível observar na Figura 3 que nas as proximidades da reentrância no baixo terraço (triângulo, Figura 3A), também ocorreram mudanças na vegetação marginal durante o intervalo de tempo considerado. Aspectos similares também foram notados, em outros trechos do canal fluvial analisados e, por estarem em margens côncavas, acredita-se que essas evidências de erosão acentuada correspondam a intervenções antrópicas associadas, principalmente, ao desmonte hidráulico e mecânico.

Contudo, no ponto assinalado com os triângulos observa-se que alterações nos valores do NDVI não foram significativas, embora em setores próximos a essa área sejam observadas mudanças relacionadas ao incremento e decréscimo de APP. Essa questão sugere que as respostas às possíveis intervenções antrópicas são espacialmente descontínuas, extremamente complexas, geradoras de pseudo-equilíbrios e podem repercutir em áreas próximas. Sobre essa questão, aventa-se a hipótese de que ocorram sobreposições das dinâmicas decorrentes de intervenções antrópicas com aquelas associadas aos processoes internos do sistema. Morais et al. (2016), destaca que atividades antrópicas tem papel importante no desencadeamento de alguns processos fluviais, mas esses processos são guiados por fatores internos.

Por outro lado, essa discussão também conduz a questão relacionada à escala de análise dos processos e dinâmicas geomorfológicas. As mudanças espacialmente e temporalmente diversas em uma determinada área, depende de quais variáveis estão sendo analisadas e em alguns casos podem ocorrer sobreposições espaciais em termos de unidades de paisagem (Landforms Units Sensitivity), bacias hidrográficas (Catchment Sensitivity) e trechos de rios (Reach Sensitivity). Nesse estudo, os resultados sugerem que os episódios de erosão acentuada são decorrentes tanto de processos desencadeados pela mineração de areia e cascalho, quanto da própria dinâmica evolutiva de rios meândricos. Evidencia-se, portanto, grande complexidade de análise e diagnóstico da problemática aventada.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Conclusões

Diante dos resultados apresentados, foi possível verificar alterações quantitativas e qualitativas nas Áreas de Preservação Permanente, indicando setores do rio onde houve a manutenção ou diminuição da vegetação. No entanto, em alguns setores do trecho analisado, não foi possível afirmar categoricamente se as alterações foram de cunho antrópico e/ou natural, embora seja provável a sobreposição em diferentes escalas de ambos os fatores. Destaca-se ainda, que em campo a complexidade dos processos erosivos que dinamizam o rio, mascaram aspectos que poderiam apresentar-se como indicativos importantes.

Nesse sentido, é possível que estudos em escala mais detalhada permitiriam avaliar de forma mais precisa o peso de cada fator (antrópico e natural) no desencadeamento de processos erosivos mais acentuados e, consequentemente, na dinâmica erosivo-deposicional fluvial. Contudo, as metodologias utilizadas possibilitaram tecer análises significativas sobre a problemática apontada nesse estudo, principalmente quanto a análise conjunta da interpretação de imagens do satélite CBERS-4 e a aplicação do índice NDVI.

Assim, o que se pode afirmar com absoluta certeza é que em alguns trechos a diminuição das APP's apresenta correspondência com as reentrâncias mais agudas observadas nas margens do Rio Mogi-Guaçu. Porém, um importante desafio seria atestar com confiança se essas alterações estão diretamente vinculadas ao desmonte hidráulico dos taludes marginais, indicando, sobremaneira, a complexidade de fatores envolvidos na dinâmica erosiva de rios com padrão de drenagem meândrico e, portanto, a necessidade da verticalização dos estudos sobre esta temática, detalhando as situações que foram verificadas nesse trabalho.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Referências Bibliográficas

BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B. Landscape Sensitivity and Change. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 4, p. 463–484, 1979.

CARPI JUNIOR, S. **Processos erosivos, recursos hídricos e riscos ambientais na Bacia do Rio Mogi Guaçu**. Rio Claro, 2001. Tese (Doutorado – Geociências e Meio Ambiente) IGCE –Unesp. Disponível em: http://profissaogeografo.blogspot.com.br/2016/09/processos-erosivos-riscos-ambientais-e.html?m=1. Acesso em: 06 fev. 2019

CARPI JR., S. (coord.) Laudo ambiental sobre extração de areia e pedregulho no rio Mogi-Guaçu. Campinas, 2016. (Relatório técnico), 19 p.

CARPI JUNIOR, S.; PEREZ FILHO, A. Riscos ambientais na Bacia do Rio Mogi-Guaçu: proposta metodológica. **Geografia**, v.30, n. 2, mai./ago. 2005, p. 347- 364.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general systems theory. In: **U.S. Geol. Survey Prof. Paper**, (500-B): p.1-10. 1962.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 189 p.

DOWNS, P. W; GREGORY, K. J. The sensitivity of river channels in the landscape system. In: THOMAS, D. S. G; ALLISON, R. J. (EDS). **Landscape Sensitivity**. John Wiley & Sons: Chichester; 15–30, 1993.

FRYIRS, K. A, BRIERLEY, G. J. **Geomorphic Analysis of River Systems**: An Approach to Reading the Landscape. John Wiley & Sons: Chichester; 345 pp, 2013.

FRYIRS, K. A. River sensitivity: a lost foundation concept in fluvial geomorphology. **Earth, Surface, Processes and Landforms**, v. 42, p. 55-70, 2017.

LEOPOLD, L. B; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. W.H. Freeman and Co.: San Francisco, CA; 544. 1964

PHILLIPS, J. D. Emergence and pseudo-equilibrium in geomorphology. **Geomorphology**, v. 132, p. 319–326, 2011.

SCHUMM, S. A. Patterns of alluvial rivers. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 13, n. 1, p. 5-27, 1985.

ZANCOPÉ, M. H. C.; Perez Filho, A. Considerações a Respeito da Distribuição das Planícies Fluviais do Rio Mogi-Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 7, n° 1, 2006.

ZANCOPÉ, M. H. C.; PEREZ FILHO, A.; CARPI JR., S. Anomalias no Perfil Longitudinal e Migração dos Meandros do Rio Mogi Guaçu. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 10, n° 1, 2009.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CONECTIVIDADE DE SEDIMENTOS EM NÚCLEO DE DESERTIFICAÇÃO EM GILBUÉS, PIAUÍ

Juliana Alcântara Costa [(a)], Gláuber Pontes Rodrigues [(a)], Carlos Alexandre Gomes Costa[(b)], José Carlos de Araújo[(b)]

[(a)] Discente do Programa de Pós Graduação do Departamento de Engenharia Agricola, Universidade Federal do Ceará, juliana-alcantara-costa@hotmail.com, glauberpontes@alu.ufc.br
[(b)] Departamento de Engenharia Agricola, Universidade Federal do Ceará, costacag@gmail.com, jcaraujo@ufc.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Um conceito fundamental relacionado à compreensão da dinâmica de relações entre os componentes de bacias hidrográficas é o de conectividade sedimentológica, que refere-se à transferência de matéria e energia entre diferentes compartimentos de um sistema ambiental. O índice de conectividade (IC) foi utilizado para obter de forma espacializada a conectividade potencial em uma bacia hidrográfica inserida em um núcleo de desertificação no Piauí. Da investigação pôde-se notar que, apesar de pouco declivosa, a bacia apresenta valores mais positivos no IC em quase toda sua extensão, indicando áreas produtoras de sedimentos, principalmente nas partes altas. O IC variou de -8,9 (xx% da bacia) a 2,28 (cerca de xx%). Nas áreas mais densamente vegetadas observou-se menor propensão ao carreamento de sedimentos.

Palavras chave: Hidrossedimentologia; Sensoriamento Remoto; Produção de sedimentos.

1. Introdução

A conectividade de sedimentos é o termo utilizado para descrever o potencial para os sedimentos se moverem através dos sistemas geomorfológicos (CROKE et al., 2005; HOOKE, 2003). Esse fenômeno varia no espaço e no tempo e é importante na avaliação das ligações entre as fontes produtoras de sedimentos e as áreas de dissipação a jusante (CAVALLI et al., 2013). Os principais fatores de

controle da conectividade estão relacionados a: (i) complexidade morfológica da captação, como relevo, rede de fluxo densidade, forma de captação, tipo de solo e rugosidade superficial (BORSELLI; CASSI; TORRI, 2008; CAVALLI et al., 2013); (ii) a organização espacial da vegetação (FOERSTER et al., 2014); e (iii) modificações antropogênicas da paisagem (PERSICHILLO et al., 2018; TAROLLI; SOFIA, 2016).

Utilizando dados de SIG, como uso e ocupação do solo e Modelo Digital de Elevação (MDE), Borselli, Cassi e Torri (2008) e Cavalli et al. (2013) introduziram um conjunto de ferramentas para a avaliação da conectividade de sedimentos. Em particular, o índice de conectividade de sedimentos foi projetado para avaliar a conectividade utilizando informações da paisagem, independentemente das características do evento. O índice de conectividade (IC) é utilizado para obter de forma espacializada a conectividade potencial em uma bacia hidrográfica.

O município de Gilbués, localizado no sul do estado do Piauí é tido como o maior núcleo de desertificação do Brasil, tanto pela extensão como pela rapidez do processo de degradação. As causas desse processo são várias, mas se deve principalmente a fragilidade natural do solo, seguida de fatores antrópicos tais como o manejo inadequado da agricultura, desmatamento, queimadas, estradas mal planejadas e garimpo de diamantes (SHEYDDER et al., 2011).

Neste contexto, objetivou-se utilizar o Índice de Conectividade de Sedimentos, na análise espacial do potencial para carreamento de sedimentos na bacia hidrográfica do rio Sucuruiú, em Gilbués-PI.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

A análise foi realizada para a bacia hidrográfica do rio Sucuruiú (Figura 1), de 8.720 ha, localizada no município de Gilbués, sul do estado do Piauí, nas coordenadas 9,87° Sul e 45,37° Oeste. De acordo com a classificação climática de Köppen a bacia se enquadra no tipo Aw (clima tropical com estação seca de inverno). O período chuvoso na região se concentra entre os meses de outubro e março. Apresenta precipitação média anual de 913,6 mm, evapotranspiração potencial de 843,4 mm ano^{-1} e temperaturas médias que variam de 16,9 °C

no mês de julho e agosto a 20 °C no mês de abril (SILVA et al., 2015). A declividade média da bacia é de 5,5%.

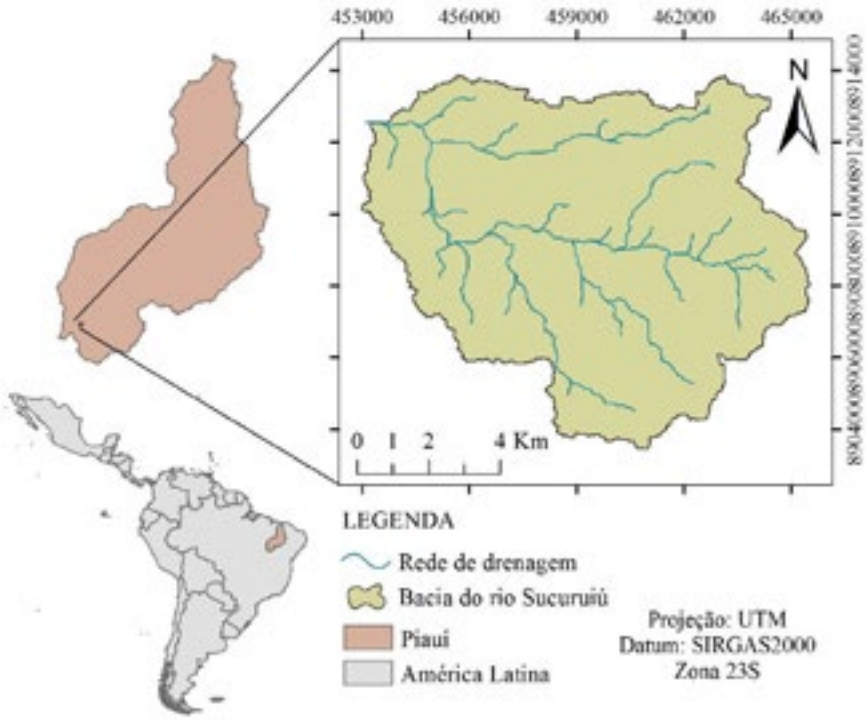


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do rio Sucuruiú

2.2. Índice de Conectividade

Utilizou-se neste trabalho o Índice de Conectividade de Sedimentos - IC, baseado em SIG, proposto por Borselli, Cassi e Torri (2008). IC é definido no intervalo de [−∞, + ∞] e a conectividade aumenta quando o IC cresce em direção a + ∞.

$$IC = \log_{10}\left(\frac{D_{up}}{D_{dn}}\right) = \log_{10}\left(\frac{\bar{W}\bar{S}\sqrt{A}}{\sum_i \frac{d_i}{W_i S_i}}\right) \quad (1)$$

Em que: D_{up} e D_{dn} são os componentes de conectividade de montante de e de jusante, respectivamente. D_{up} representa o potencial para deposição do sedimento produzido a montante, enquanto que o D_{dn} representa o potencial para que o sedimento chegue até um dissipador (rede de drenagem). $\bar{W}$ é o fator médio de ponderação da área que representa a impedância ao escoamento superficial e fluxos de sedimentos, devido às propriedades do uso local da terra e da superfície do solo (adimensional); $\bar{S}$ é o gradiente de inclinação média da área de contribuição à montante (m m^{-1}); A é a área de contribuição à montante (m^2), di é o comprimento da célula i ao longo do caminho descendente (m); Wi – valor de ponderação da célula i (adimensional); Si - gradiente de declividade da célula i (m m^{-1}).

O modelo digital de elevação foi obtido através da plataforma ALOS Palsar, disponibilizados no portal <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>, com resolução espacial de 12,5 m.

Como fator de ponderação (W) Borselli, Cassi e Torri (2008) empregaram o fator C utilizado nos modelos USLE-RUSLE (WISCHMEIER; SMITH, 1978; RENARD et al., 1997). O fator C, relacionado à cobertura vegetal e manejo, atinge seu valor máximo quando o solo corre mais risco de erosão e chega perto de zero quando o solo está na condição de maior proteção. O valor de C foi obtido de acordo com a proposta de Durigon et al. (2014) (Equação 2), utilizando o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI). Para o cálculo do NDVI (Equação 3) utilizou-se imagem do Landsat 8, de julho de 2018. As bandas correspondentes aos vermelho e infravermelho próximo, são as quatro e cinco, respectivamente.

$$C=\left(\frac{-NDVI+1}{2}\right) \quad (2)$$

$$NDVI=\frac{\rho NIR-\rho R}{\rho NIR+\rho R} \quad (3)$$

O modelo do IC foi calculado utilizando como ferramenta o Connectivity Toolbox, disponível em <http://www.sedalp.eu/download/tools.shtml>, desenvolvida por Cavalli, Crema e Marchi (2014). O modelo requer a instalação do TauDEM

<http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/index.html> uma vez que várias funções hidrológicas são computadas no modelo.

3. Resultados e Discussão

O mapa de declividade produzido para a bacia do Rio Sucuruiú (Figura 2) ilustra um relevo pouco acidentado em quase toda sua extensão. Um destaque é dado às regiões próximas do exutório e à sudeste da bacia, que apresentam faixas vermelhas indicativa de maiores declividades e, por conseguinte, maior propensão à conectividade sedimentológica de valores positivos.

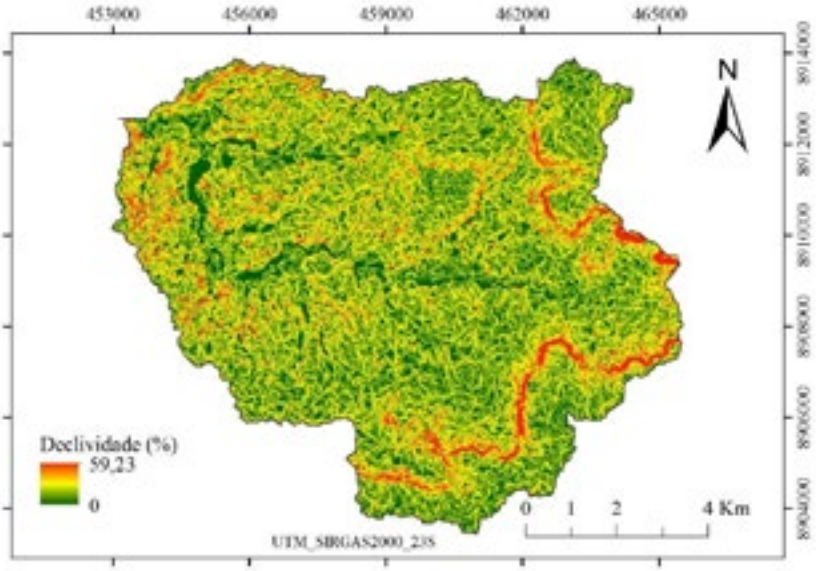


Figura 2 – Declividade da bacia do rio Sucuruiú

O levantamento das imagens é datado de julho, período pós-chuvoso da região, no qual espera-se uma maior densidade vegetativa. Alterações no padrão de vegetação da área estão relacionados diretamente ao IC, uma vez que, essas são dependentes do período chuvoso que antecedeu a aquisição dos dados. A região do extremo sudeste da bacia apresentou menor

conectividade, decorrente da maior densidade de plantas. Isto se deve à maior deposição de material vegetal, que ocasionando incremento de matéria orgânica no solo, e consequente aumento da condutividade hidráulica do solo (BRACKEN; CROKE, 2007). Este último fator favorece a infiltração da água no solo, quebrando a conectividade

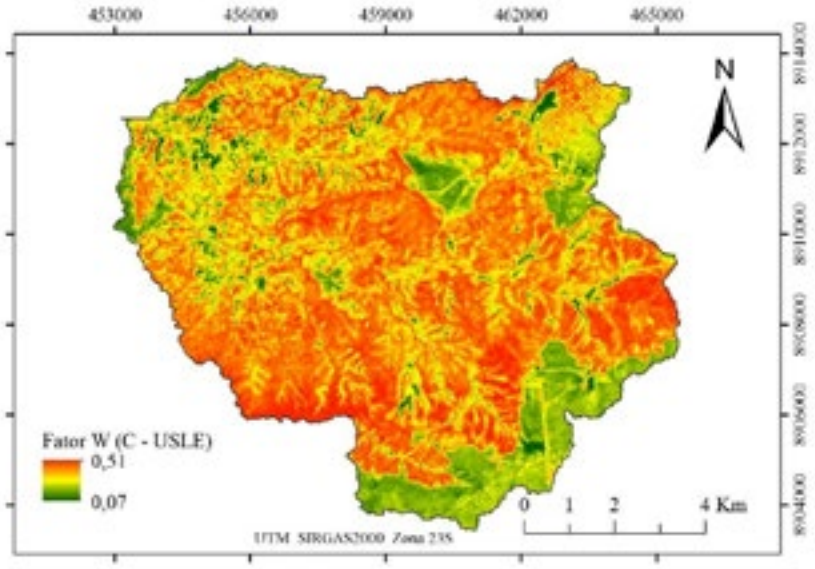


Figura 3 – Fator de ponderação (W) baseado no NDWI

As análises de conectividade são geralmente qualitativas, em que os valores positivos representam áreas produtoras de sedimentos e os valores negativos áreas de deposição (BORSELLI; CASSI; TORRI, 2008). Utilizando o fator de ponderação obtido pelo método da rugosidade observou-se valores mais positivos no IC na maioria da bacia (Figura 4), com maiores áreas produtoras de sedimentos, principalmente nas partes de maior desnível. Nas regiões mais elevadas há áreas mais densamente vegetadas e, por conta disso, menor propensão ao carreamento de sedimentos e consequentes índices reduzidos de conectividade.

Os sedimentos produzidos nas regiões mais altas são facilmente carreados até um dissipador, no caso, a rede de drenagem. Nota-se que quanto mais próximo do exutório maior a conectividade.

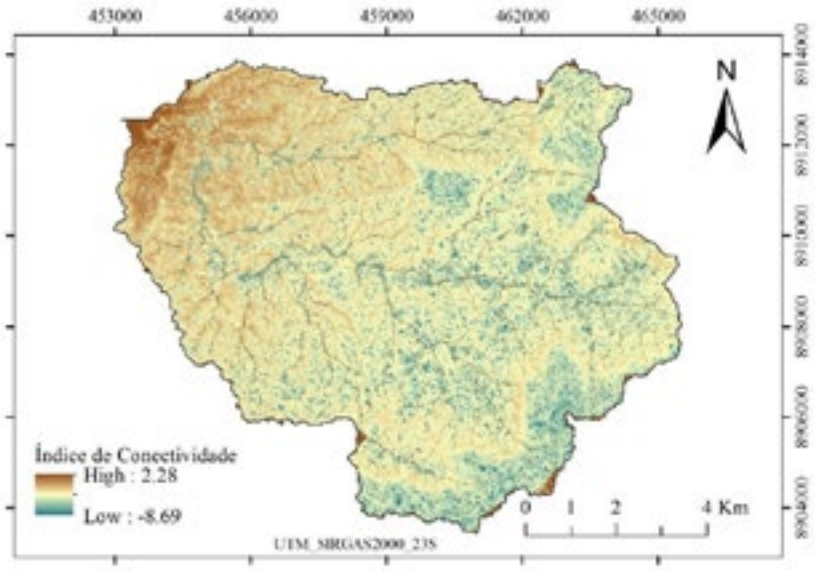


Figura 4 – Mapa de conectividade de sedimentos na bacia do rio Sucuruiú

Parte desta bacia é objeto de estudo do Núcleo de Pesquisa para Recuperação de Áreas Degradadas e Combate à Desertificação (NUPERADE), que construiu, buscando controle do avançado processo erosivo da região, pequenas barragens de contenção de sedimentos na parte alta da bacia. No entanto, o efeito de contenção das barragens não é visto na análise deste trabalho devido ao pequeno porte destas e, assim, a resolução espacial das imagens não é suficiente para identificá-las. Portanto, sugere-se a utilização de dados com maior resolução espacial, como por exemplo, levantamento com VANTs ou radares, a fim de verificar a eficácia dessas ações conservacionistas.

4. Considerações finais

I. A vegetação é um elemento importante para a deposição de sedimentos e o seu incremento mostra-se fundamental para a recuperação de bacias hidrográficas. Cumpre-se, assim, importante papel na quebra da conectividade no transporte de sedimentos.

II. O conhecimento dos locais de maior carreamento de sedimentos em determinada localidade provê subsídios fundamentais para tomadas de decisão relacionadas à necessidade de implementação de práticas conservacionistas.

III. Estudos de conectividade que visam avaliar o efeito de práticas conservacionistas de pequeno porte, como terraços, pequenas barragens e cordões de pedra, necessitam de imagens de alta resolução espacial, e a utilização de VANTs é uma solução para estes casos.

5. Referências Bibliográficas

BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment. **Catena**, v. 75, p. 268–277, 2008.

BRACKEN, L. J.; CROKE, J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoffdominated geomorphic systems. **Hydrological Processes**, v.21, n.13, p.1749-1763,2007.

CAVALLI, M. et al. Geomorphometric assessment of spatial sediment connectivity in small Alpine catchments. **Geomorphology**, v. 188, p. 31–41, 2013.

CAVALLI, M.; CREMA, S.; MARCHI, L. **Guidelines on the Sediment Connectivity ArcGis Toolbox and stand-alone application**. Pandova: [s.n.]. Disponível em: <http://www.alpine-space.org/2007-2013/uploads/tx_txrunningprojects/PartI_Guidelines_SedimentConnectivityIndex.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2018.

CROKE, J. et al. Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the resultant spatial pattern of catchment connectivity. **Geomorphology**, v. 68, n. 3–4, p. 257–268, 1 jun. 2005.

DURIGON, V. L. et al. NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. **International Journal of Remote Sensing**, v. 35, n. 2, p. 441–453, 2014.

FOERSTER, S. et al. Assessment of sediment connectivity from vegetation cover and topography using remotely sensed data in a dryland catchment in the Spanish Pyrenees. **Journal of Soils and Sediments**, v. 14, n. 12, p. 1982–2000, 16 dez. 2014.

HOOKE, J. Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology. **Geomorphology**, v. 56, n. 1–2, p. 79–94, 15 nov. 2003.

LOPES, J. W. B.; PINHEIRO, E. A. R. Análise temporal da conectividade e da capacidade de transporte potencial de sedimentos em meso-bacia semiárida, CE, Brasil. **Agro@mbiente On-line**, v. 7, n. 2, p. 136–144, 4 set. 2013.

PERSICHILLO, M. G. et al. The role of human activities on sediment connectivity of shallow landslides. **Catena**, v. 160, p. 261–274, 2018.

RENARD, K. G.; FORSTER, G. R.; WEESIES, G. A; McCOOL, D. K.; YODER, D.C. (Coord.) – **Predicting soil erosion by water**: a guide to conservation, planning with the 48 revised universal soil loss equation (RUSLE), Washington: USDA/ARS, p.2–18, (Agriculture Handbook n. 703). 1997.

SHEYDDER, L. et al. Núcleo De Desertificação De Gilbués (Pi): Causas E Intervenções. **Geografia**, v. 20, p. 53–66, 2011.

SILVA, V. M. D. A. et al. **Núcleo de desertificação de Gilbués-PI, caracterização e classificação climática - Brasil**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. **Anais**...Fortaleza: 2015. Disponível em: <http://www.confea.org.br/media/NUCLEO_DE_DESERTIFICAÇÃO_DE_GILBUES_PI_CARACTERIZACAO_E_CLASSIFICACAO_CLIMATICA_BRASIL_1.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2018

TAROLLI, P.; SOFIA, G. Human topographic signatures and derived geomorphic processes across landscapes. **Geomorphology**, v. 255, p. 140–161, 15 fev. 2016.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses - A guide to conservation planning**. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office. 1978.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CONFLITOS DE USO DO SOLO NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PASSO DA PEDRA NO MUNICÍPIO DE PATO BRANCO – PR

Priscila da Silva Victorino [(a)], Danielli Batistella [(b)], André Peres Galera [(c)], Luiza Dall'Bosco Tonial [(d)], Roberta Giovana Lisboa Chrispim [(e)]

[(a)] Mestre em Ciências Cartográficas; Professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco. E-mail: pvictorino@utfpr.edu.br.
[(b)] Mestre em Geomática; Professora na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco. E-mail: batistella@utfpr.edu.br.
[(c)] Técnico em agrimensura. Graduado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco. E-mail: galera.andre@gmail.com.
[(d)] Técnica em agrimensura. Graduada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco. E-mail: luizatonial@hotmail.com.
[(e)] Técnica em agrimensura. Graduada pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco. E-mail: rgl.chrispim@hotmail.com.

Eixo:

Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

O presente artigo objetiva analisar os conflitos de uso do solo nas Áreas de Preservação Permanente (APPs) da bacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra, no município de Pato Branco – PR. O estudo se deu a partir de uma carta topográfica digitalizada na escala 1:25.000, de 2006, e de imagem orbital do ano de 2017. A delimitação e vetorização da bacia, juntamente com a demarcação das APPs, conforme a Lei Federal 12.651 de 2012, foram realizadas utilizando o software QGIS 2.14. Através da interpretação da imagem, foram vetorizadas cinco classes de uso do solo: mata, agricultura, edificação, área urbana e pastagem. Essas classes foram interceptadas com as áreas que por legislação deveriam ser de APPs. Os resultados demonstraram que apenas 35,6% dessas áreas apresentam efetivamente matas.

Palavras chave: geoprocessamento, uso do solo, áreas de preservação

1. Introdução

Os aspectos presentes em uma bacia hidrográfica em equilíbrio determinam a resultante da interação de diversos fatores. É fundamental que tal relação seja de total harmonia, caso contrário, os impactos ambientais tornam-se evidentes, acarretando problemas no âmbito ambiental e social.

Destacam-se como fatores de interação o clima, a vegetação, o solo, o relevo e a fauna. Entretanto, quando alterados por mudanças antrópicas e combinados ao aproveitamento inadequado do solo, ocasionam degradações ambientais, como a contaminação fluvial proveniente da erosão e da sedimentação, além de indesejadas variações climáticas e consequências aos ecossistemas (PASQUALI, BRAGATTO e TOMAZONI, 2011).

Com o objetivo de evitar esses inúmeros problemas, conservar a vegetação nativa, a biodiversidade, a paisagem, o solo e os recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, mantendo assim seu equilíbrio natural e garantindo o bem-estar da população, estabeleceram-se Áreas de Preservação Permanente (APPs), áreas protegidas e determinadas de acordo com a Lei Federal 12.651 de 2012 (BRASIL, 2012).

Contudo, grandes extensões dessas APPs, que deveriam ser resguardadas, estão submetidas à interferência humana, o que resulta em um processo de substituição das paisagens naturais por outros usos do solo. Desse modo, as áreas de cobertura florestal restantes tornam-se mínimas em comparação ao que deveria existir no local, não assegurando a preservação da bacia hidrográfica e de seus elementos (ARES, 2006 apud GARCIA *et al*., 2015).

O mapeamento do uso e ocupação do solo, através de geotecnologias, surge como ferramenta essencial para o estudo e análise desses problemas, contribuindo para promover o planejamento ambiental. Esse conjunto de medidas é benéfico para a conciliação da qualidade de vida tanto da sociedade quanto do meio ambiente.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Neste contexto, o presente trabalho tem por finalidade realizar o mapeamento do uso e ocupação do solo e o diagnóstico do comportamento da bacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra, do município de Pato Branco (PR). Desta maneira, visa analisar de que modo este uso interfere nas APPs, ao confrontar os dados de uso do solo de 2017.

1.1. Área de Estudo

Situada na mesorregião do sudoeste paranaense, a bacia hidrográfica do Rio do Passo da Pedra compreende uma área de 1.586,502 hectares, onde no extremo sul, apresenta áreas urbanizadas, englobando também o aeroporto da cidade. Vale ressaltar, ainda, sua extensão de 19,83 km de rede de cursos de água (SILVERIO *et al.*, 2011, p. 1035).

A área de estudo encontra-se entre as coordenadas 7098000 N, 7105500 N, 327000 E e 332000 E, enquadradas dentro do sistema UTM zona 22S, com datum horizontal SIRGAS2000. Esta, ainda, localiza-se no município de Pato Branco, que por sua vez, abrange uma área de 539,087 km² e possui, segundo estimativa (IBGE, 2017), 80.710 habitantes.

2. Materiais e Métodos

Inicialmente foram requisitadas, através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), imagem de satélite, com resolução espacial de 30 m, do Landsat 8, do município de Pato Branco, datada em 01 de abril de 2017. Ademais, foi utilizada, da Diretoria de Serviço Geográfico (DSG), a carta topográfica da região estudada, SG-22-Y-A-III-2-SO, na escala 1:25.000, do ano de 2006.

O georreferenciamento da carta topográfica e da imagem orbital foi realizado por meio do sistema QGIS 2.14, software livre de geoprocessamento. Posteriormente, demarcou-se a bacia hidrográfica, na carta topográfica, e efetuou-se a criação dos *shapefiles* contendo a delimitação de algumas feições presentes na carta topográfica, como corpos d'água, curvas de nível, nascentes e rios. Vale ressaltar, ainda, que a projeção utilizada ao longo deste processo foi a Universal Transversa de Mercartor (UTM) zona 22S, com datum horizontal SIRGAS2000.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Outrossim, executou-se uma composição colorida a partidas das bandas 4-R, 3-G e 2-B, da imagem de 2017, do sensor *Operational Land Imager* (OLI), do satélite Landsat 8. Adiante, esta imagem foi redimensionada e realizada a fusão com a banda 8 pancromática, a fim de melhorar a resolução de 30 m para 15 m. Concluída a fusão, as classes identificadas na imagem foram classificadas como agricultura, área urbana, pastagem, edificações e matas, as quais foram delimitadas por vetorização.

Com o intuito de analisar a distribuição do uso e ocupação do solo dentro da região estudada, foram confeccionados mapas temáticos da bacia hidrográfica. Ademais, para garantir uma maior precisão nas informações geográficas obtidas pelo mapeamento, em campo, foram coletadas coordenadas de algumas feições que se mostraram incertas na imagem. A coleta foi efetuada por meio do aplicativo GPS Test, desenvolvido pela *Chartcross Limited*, viabilizando a checagem entre o processado em ambiente digital e o real.

Apoiando-se na imagem do Landsat 8 (2017) e nas imagens do *Google Earth* que possuem maior resolução espacial, verificou-se que o rio principal e seus afluentes não possuíam largura superior a 10 metros, desta forma, de acordo com a Lei Federal 12.651 de 2012, essas regiões devem possuir faixas marginais de 30 metros. Essas faixas, classificadas como APPs, correspondem às matas ciliares, isto é, sua área precisa estar coberta por vegetação, geralmente nativa, e não pode ser alterada.

Já nas nascentes, estas áreas de preservação devem compreender um raio de 50 metros (BRASIL, 2012). Em razão disto, foram criados *buffers*, ou seja, mapas de distâncias, que correspondem à área de mata que deveria existir em torno destes elementos hidrográficos, de acordo com a lei.

Entretanto, considerando que grandes extensões ao redor dos rios não possuíam áreas de mata, realizou-se a intersecção entre o *buffer* das APPs, dos rios e nascentes, e as classes de ocupação, delimitadas anteriormente. Deste modo, foi possível examinar o conflito do uso do

solo. Essas análises podem ser melhor compreendidas a partir da produção de um mapa temático dos conflitos de uso e cobertura do solo nas APPs da área de estudo.

3. Resultados e Discussões

A Figura 1 representa o mapeamento de uso do solo da bacia hidrográfica no ano 2017.

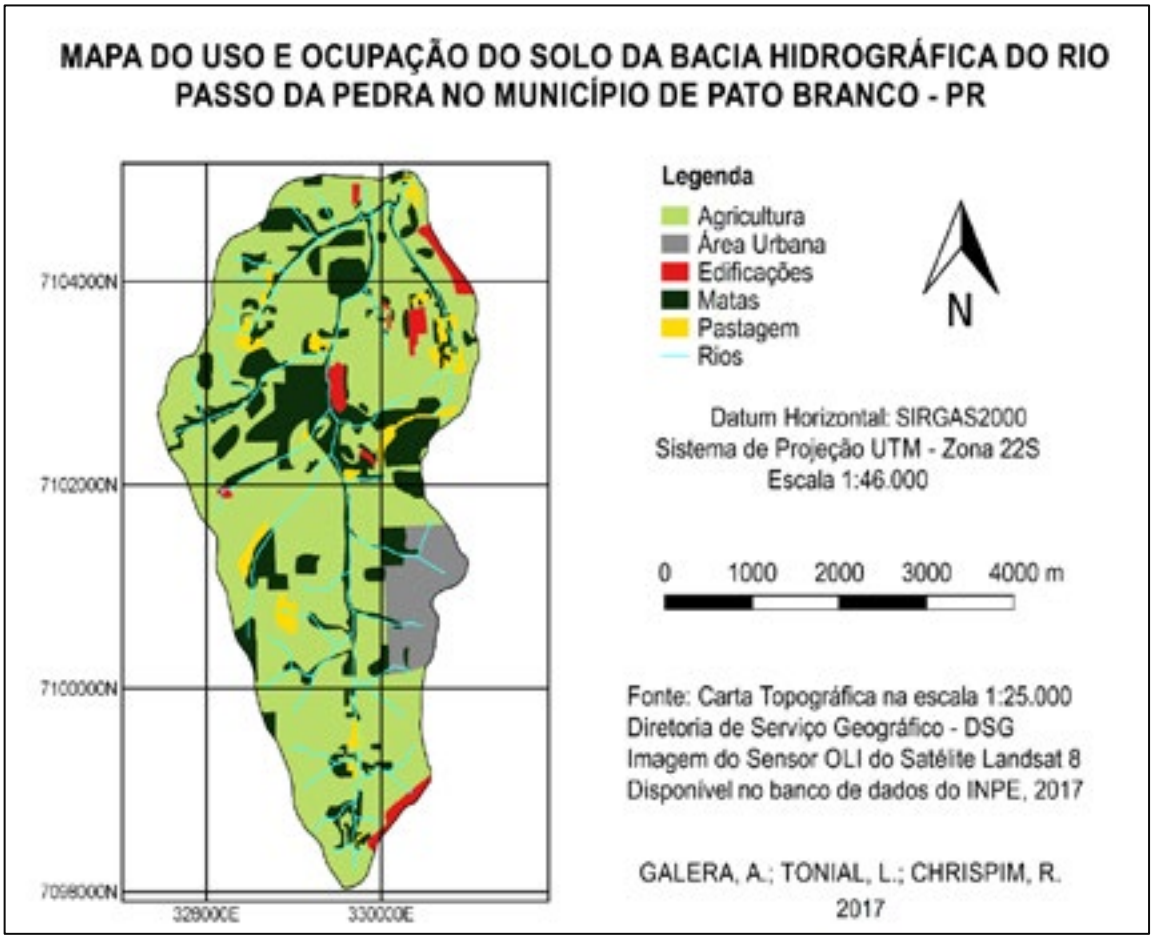


Figura1 – Mapa de uso e ocupação do solo da área de estudo em 2017.

ISBN: 978-85-7282-778-2

É possível constatar que parte da cidade de Pato Branco está inserida sobre a região estudada e outras diversas categorias de uso do solo. Em virtude disso, com o intuito de determinar a influência deste fator na bacia, calculou-se as áreas de cada classe da imagem de 2017, em hectares e percentual, apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Cenário de uso e ocupação do solo da área de estudo no ano de 2017

Classes de Uso e Ocupação do Solo	**Área das Classes**	
	Hectares (ha)	**Percentual (%)**
Agricultura	1.058,717	66,733
Área Urbana	84,163	5,305
Edificações	37,083	2,337
Mata	351,041	22,127
Pastagem	55,498	3,498
Total	**1.586,502**	**100,00**

Os resultados, acerca da extensão de cada classe, demonstraram que o uso majoritário do solo da bacia hidrográfica, atualmente, é destinado às áreas agrícolas, representando 66,733% do total. Já a área referente às pastagens, abrange 55,5 ha. Fato que se verifica na prática, haja vista a principal atividade econômica da área estudada é a agropecuária.

Baseando-se nas informações coletadas e nos mapas gerados, confirma-se que as matas estão presentes em somente 22,127% da área da bacia hidrográfica. Além disso, conclui-se que a maior parte dessas áreas de matas não segue os cursos dos rios. Logo, procurou-se analisar, a faixa marginal que deveria ser reservada às APPs, apresentada na Figura 2.

ISBN: 978-85-7282-778-2

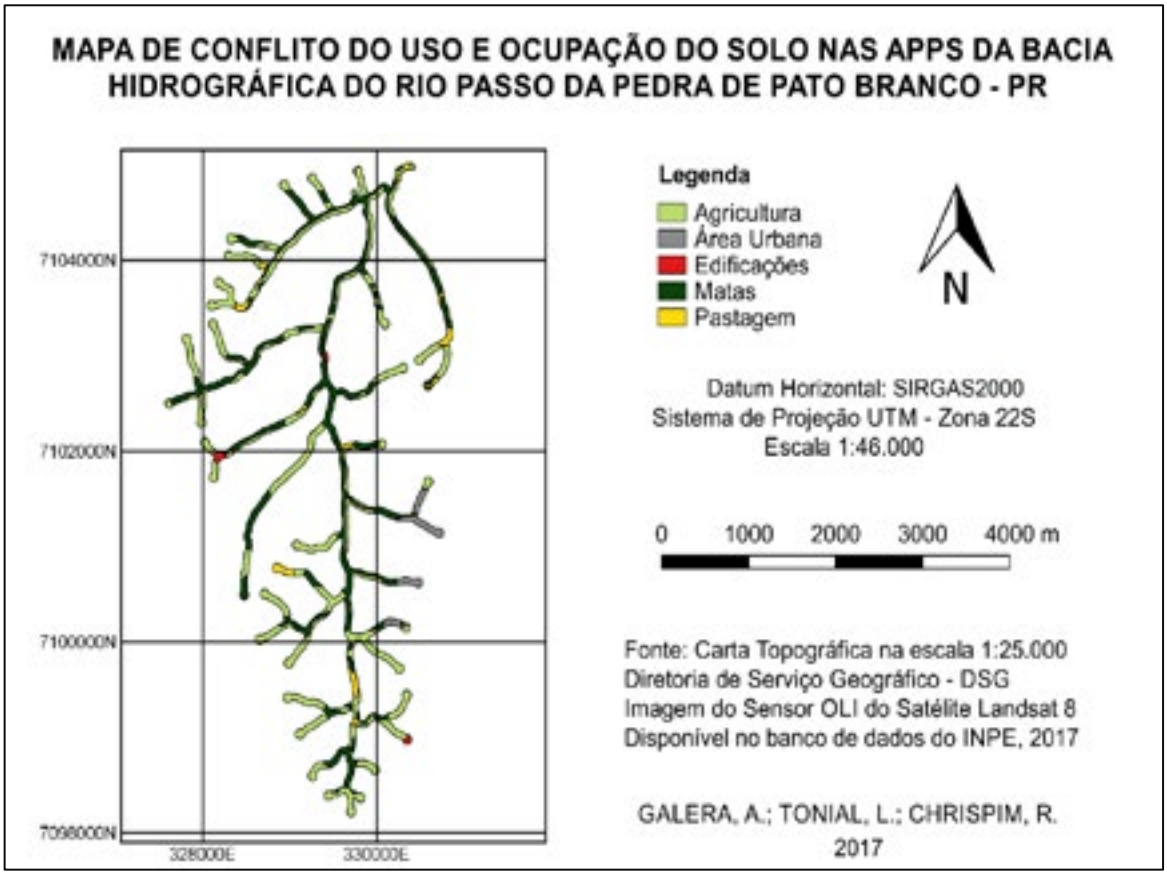


Figura 2 – Mapa do conflito de uso e ocupação do solo nas APPs da área de estudo em 2017.

A Área de Preservação Permanente da bacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra, equivale a aproximadamente 16% do território da mesma e contém todas as classes mapeadas anteriormente. A fim de obter-se dados quantitativos, sobre as abrangências destas, calculou-se as áreas de cada categoria, exibidas na Tabela 2.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela 2 – Conflito de uso do solo nas APPs da área de estudo no ano de 2017

Classes de Uso e Ocupação do Solo	Área das Classes	
	Hectares (ha)	Percentual (%)
Agricultura	137,522	55,324
Área Urbana	9,278	3,732
Edificações	2,431	0,978
Mata (Adequada)	88,682	35,676
Pastagem	10,663	4,290
Total	**248,576**	**100,00**

De acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, as matas deveriam abranger 242,576 ha da bacia do Rio Passo da Pedra. Contudo, essa região de mata totaliza apenas 88,682 ha. Sendo assim somente, 35,676% das APPs são cobertas por vegetação de mata e estão em concordância com o que prevê a lei citada anteriormente.

Contudo, os outros 159,894 ha, que correspondem a 64,324% do domínio das APPs da bacia hidrográfica, tem uso inadequado, isto é, são utilizados pela agricultura e pecuária, ou ainda, sofreram impactos devido ao desenvolvimento do município, sendo tratadas hoje como áreas urbanas. Essas extensões são caracterizadas como áreas de conflito, visto que estão em desacordo com a legislação vigente.

4. Considerações Finais

Devido à sua localização geográfica, a bacia do Rio Passo da Pedra apresenta uma forte ação econômica no setor agropecuário. Em vista disto, é válida a análise dos impactos e conflitos ambientais atuantes dentro dessa região para demonstrar se ocorre o cumprimento da Lei 12.651 de 2012, vigente em relação às Áreas de Preservação Permanente.

Os conflitos de uso do solo no entorno do Rio Passo da Pedra abrangem atualmente 159,894 ha, isto é, mais da metade das APPs. Como solução para este problema, a fim de assegurar a harmonia dos fatores de interação da bacia hidrográfica do Rio Passo da Pedra,

ISBN: 978-85-7282-778-2

destaca-se a reposição florestal, que tem por objetivo melhorar a qualidade dos solos e dos recursos hídricos, garantindo a proteção da fauna e flora nativas.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20112014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 04 mai. 2017.

GARCIA, Y. M.; CAMPOS, S.; SPADOTTO, A. J.; CAMPOS, M.; SILVEIRA, G. R. P. **Caracterização de Conflitos de Uso do Solo em APPs na Bacia Hidrográfica do Córrego Barra Seca (Pederneiras/SP).** Botucatu, Revista Energia na Agricultura, 2015, v. 30, n. 1, p. 68-73. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/viewFile/1660/pdf_18>. Acesso em: 10 ago. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades: Paraná – Pato Branco.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=411850&search=parana|pato-branco>. Acesso em: 5 out. 2017.

PASQUALI, Luiz; BRAGATTO, Rosane Dalpiva; TOMAZONI, Julio Caetano. **Estudo de impacto ambiental da bacia do Rio Passo da Pedra: conflito do uso atual do solo x área de preservação permanente (APP).** In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p.1319-1326.

SILVERIO, G. S.; MEZOMO, J.; TOMAZONI, J. C.; COLETTI, V. D. **As condições ambientais da microbacia do Rio Passo da Pedra.** Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 4, n. 5, p. 1029-1042, set/out 2011. Disponível em: <http:// www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/254/229>. Acesso em: 07 out. 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CONSTRUÇÃO DE UMA ROTINA AUTOMATIZADA DE PREVISÃO E VALIDAÇÃO DE ESCORREGAMENTOS TRANSLACIONAIS: APLICAÇÃO DO MODELO SHALSTAB

Leonardo Sattler Cassará [(a)], João Paulo C. Araújo [(b)], Nelson Ferreira Fernandes[(c)]

[(a)] Departamento de Geografia/IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, leocassara@igeo.ufrj.br

[(b)] Departamento de Geografia/IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jpaulo_igeo@hotmail.com

[(c)] Departamento de Geografia/IGEO, Universidade Federal do Rio de Janeiro, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Um dos problemas inerentes ao uso de modelos determinísticos de previsão de escorregamentos é a parametrização das propriedades do solo. Dada uma área, a correta consideração de aspectos geotécnicos, hidrológicos e topográficos é de extrema importância para a identificação dos locais suceptíveis a escorregamento. Esse trabalho apresenta uma rotina automatizada de mútliplas modelagens, validação e ranqueamento dos resultados do modelo SHALSTAB. A rotina combina valores dos parâmetros do solo para produzir os cenários que melhor respondam às condições de instabilidade da área considerada. Testes preliminares indicam que a ferramenta satisfatoriamente analisa o sistema físico, gerando mapas de classificação consistentes para áreas estáveis e instáveis. Ademais, benchmarks com dados de campo são necessários para explorar ainda mais a validade do algoritmo.

Palavras chave: Escorregamentos, Parametrização do Solo, SHALSTAB, Matlab

1. Introdução

O SHALSTAB (*Shallow Landsliding Stability Model*) (MONTGOMERY e DIETRICH, 1994) é um modelo de previsão de escorregamentos translacionais, amplamente discutido pela literatura, que integra um modelo de estabilidade baseado na teoria do talude infinito e um modelo hidrológico *steady state*. Baseando-se nele, a equação que fornece o valor crítico necessário para instabilizar uma encosta, dada pela razão entre o fluxo de água $\boldsymbol{q}$ (em m/dia) no solo e sua transmissividade $\boldsymbol{T}$ (em m^2/dia), sob fluxo constante de chuva, é da forma

$$\frac{q}{T} = \left(\frac{b}{a}\right)\sin\theta\left[\frac{c}{\rho_w\, g\, z\cos^2\theta\tan\varphi} + \frac{\rho_s}{\rho_w}\left(1 - \frac{\tan\theta}{\tan\varphi}\right)\right],$$

onde $\boldsymbol{a}$ representa a área de contribuição à montante (em m^2), $\boldsymbol{b}$ é o comprimento do contorno na base do pixel considerado (em m), $\boldsymbol{\theta}$ é declividade e $\boldsymbol{\varphi}$ o ângulo de atrito interno do solo, ambos em graus, $\boldsymbol{c}$ é coesão do solo (em Pa), $\boldsymbol{\rho_w}$ a densidade da água e $\boldsymbol{\rho_s}$ a do solo, ambos em kg/m^3, $\boldsymbol{g}$ aceleração da gravidade (em m/s^2), e $\boldsymbol{z}$ a espessura do solo (em m). O resultado pode ser interpretado via classes de susceptibilidade a partir do $\log(q/T)$.

O objetivo deste trabalho é apresentar o algoritmo que resolve a equação supracitada realizando combinação de diversos valores para os parâmetros do solo. O mapa de susceptibilidade gerado a partir da razão q/T é validado via diferentes métodos, com atenção global para a correspondência entre áreas classificadas como instáveis e áreas de ocorrência de cicatrizes. O programa é modular e altamente otimizado, admite inputs no formato de lista de valores ou *grid* e possui salvamento automático do estado das simulações para retomada em caso de interrupção. Detalhes do algoritmo, métodos de validação utilizados e resultados preliminares são apresentados nas seções a seguir.

2. Área de Estudo

Foram selecionadas duas bacias piloto, denominadas bacias dos rios Quitite e Papagaio (5,4 km²), localizadas na cidade do Rio de Janeiro, na parte oeste do Maciço da

Tijuca. Em fevereiro de 1996, a área de estudo foi atingida por chuvas de 380mm, em menos de 24h, que deflagraram centenas de escorregamentos translacionais (GEORIO, 1996).

3. Materiais e Métodos

O programa, desenvolvido em Matlab (*MATrix LABoratory*) tem atualmente mais de duas mil linhas de código. Ele trabalha com dois inputs básicos da área de estudo, que são os mapas de **área de contribuição** e **declividade** da bacia, e quatro parâmetros discretos a serem testados para a área, que são o ângulo de atrito interno $\boldsymbol{\varphi}$ (em graus), densidade do solo $\boldsymbol{\rho_s}$ (em kg/m^3), coesão do solo $\boldsymbol{c}$ (em Pa) e espessura do solo $\boldsymbol{z}$ (em metros). Os parâmetros discretos também podem ser adicionado como distribuídos, via arquivo .tif.

Para um *run* que teste 2 valores para cada um dos 4 parâmetros discretos do solo, o código realizará 2x2x2x2 = 16 simulações distintas. Caso um dos inputs seja um grid de valores distribuídos ao longo da bacia, por exemplo um mapa .tif de espessura do solo, o número de combinações será reduzido para 2x2x2x1 = 8. O trabalho computacional, portanto, depende do número e tamanho das listas, ou seja, quantidade de combinações a serem testadas.

Após as simulações de todas as combinações possíveis, uma pontuação é atribuída para cada combinação dada sua performance nas diferentes validações, e um ranking é gerado. Para tanto, o algoritmo utiliza dois métodos de validação: índice de ajuste ou I.A. (GUIMARÃES et al., 2003) e área abaixo da curva ou integral (DIETRICH et al., 1998). Ao final, é gerado um ranking com a performance individual das combinações em cada método (I.A. e integral) e também um ranking geral, com a média das performances em cada método de validação. Plots são automaticamente gerados para as combinações do topo dos rankings.

3. Resultados e Discussões

Foi produzido um teste com os seguintes parâmetros: $\boldsymbol{\varphi} = [25\ 30\ 35\ 40\ 45]$, $\boldsymbol{\rho_s} = [1000\ 1500\ 2500]$, $\boldsymbol{c} = [0\ 5000\ 10000\ 20000]$ e $\boldsymbol{z} = [0.1\ 5\ 10\ 20]$, totalizando 240 combinações de parâmetros. O teste foi concluído em menos de 1 hora. A Figura 1 é o mapa

gerado pela combinação de parâmetros que alcançou melhor rankeamento geral, configurando o 1° no ranking das integrais e 3° para I.A., resultando no primeiro lugar com uma média global de posição $(1 + 1 + 3)/3 = 1.6667$.

Os resultados da ferramenta são $\boldsymbol{\varphi} = 25°$, $\boldsymbol{\rho_s} = 1500$ kg/m^3, $\boldsymbol{c} = 10^4$ Pa e $\boldsymbol{z} = 5$ m. O mapa gerado indica considerável correspondência entre áreas classificadas como instáveis e áreas de ocorrência de escorregamento. De fato, 84.62% de pixels de cicatrizes pertencem às três classes mais instáveis. Mais que isso, 55.89% desses pixels pertencem somente à classe incondicionalmente instável (ver mapa de cicatrizes, Figura 1).

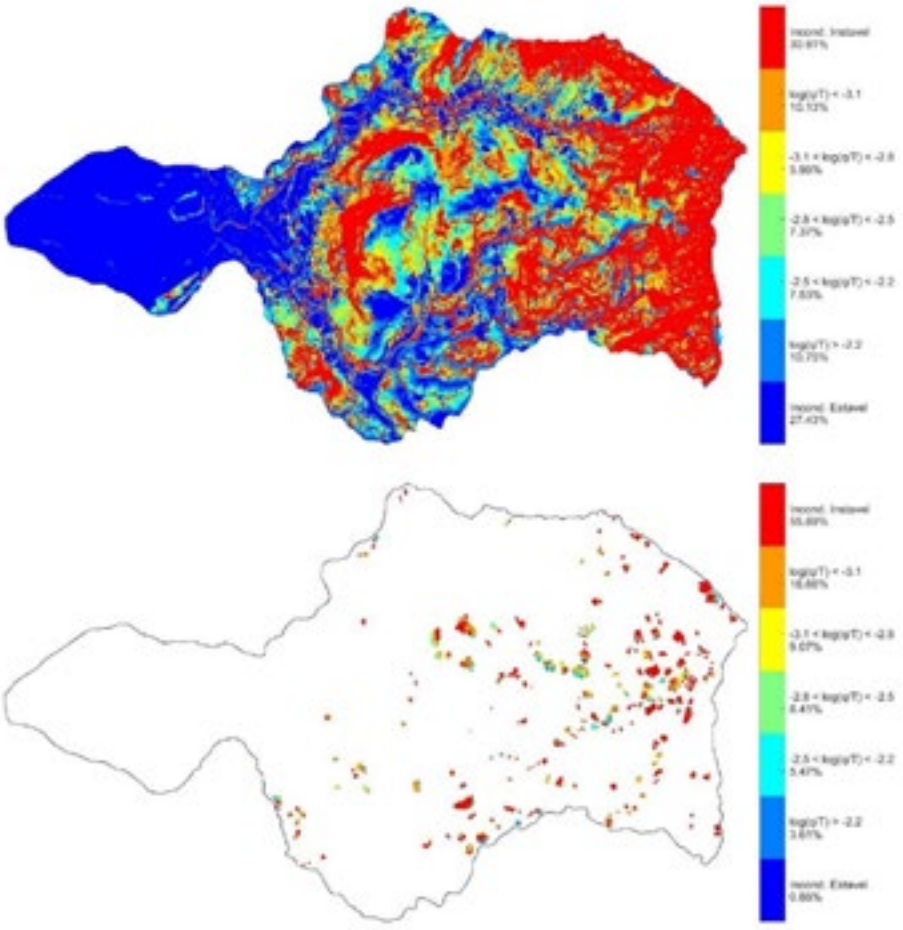


Figura 1 - Resultado de simulação para $\boldsymbol{\varphi} = 25°$, $\boldsymbol{\rho_s} = 1500$ kg/m^3, $\boldsymbol{c} = 10^4$ Pa e $\boldsymbol{z} = 5$ m. Acima, mapa de susceptibilidade da bacia; abaixo, das cicatrizes. As classes são representadas via $log(q/T)$. Ao lado, a barra de cor exibe a porcentagem de pixels pertencentes a cada classe.

4. Considerações Finais

Além da importante característica modular do código, permitindo diferentes inputs simultâneos, e seu curto tempo de processamento mesmo para grandes combinações, testes preliminares mostram que a ferramenta é capaz de corretamente classificar áreas com ocorrência de escorregamento como instáveis. Sua performance nas demais áreas da bacia também foi satisfatória, visto que não se observa um viés de classificação de área de risco para o mapa como um todo (45.71% da bacia foi classificada como área estável contra 46.92% de área instável, com 7.37% dela pertencendo à classe intermediária, representada pela cor verde-clara).

Constatada a capacidade da rotina desenvolvida, mais testes se fazem necessários, a fim de explorar sua aplicabilidade para diferentes locais, testando sua validade em áreas com extenso mapeamento e maior disponibilidade de dados geotécnicos. Estudos para validação direta com dados de campo estão em andamento. Após benchmarks mais rígidos, o objetivo final será a disponibilização da ferramenta para a comunidade científica.

3. Referências Bibliográficas

DIETRICH, William E. et al. A validation study of the shallow slope stability model, SHALSTAB, in forested lands of Northern California. **Stillwater Ecosystem, Watershed & Riverine Sciences. Berkeley, CA**, 1998.

FUNDAÇÃO GEORIO. Estudos geológicos geotécnicos a montante dos condomínios Capim Melado e Vilarejo, Jacarepaguá. **Relatório Técnico**, 1996.

GUIMARÃES, Renato Fontes et al. Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: application to Rio de Janeiro. **Engineering Geology**, v. 69, n. 1-2, p. 99-108, 2003.

MONTGOMERY, David R.; DIETRICH, William E. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research**, v. 30, n. 4, p. 1153-1171, 1994.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CORREDOR ECOLÓGICO DUAS BOCAS-MESTRE ÁLVARO – ES: ANÁLISE TEMPORAL DOS INCÊNDIOS E QUEIMADAS

André Luiz Nascentes Coelho[(a)], Vinícius Vieira Pontini[(b)], Thaís Batista Lovate[(c)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, alnc.ufes@gmail.com
[(b)]Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, pontinivini@gmail.com
[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, thais.lovate@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo do artigo foi analisar a distribuição e densidade dos focos de calor do Corredor Ecológico Duas Bocas-Mestre Álvaro – ES, a partir dos dados detectados pelos sensores MODIS e AVHRR entre os anos de 2007 a 2017. Os resultados revelaram 60 registros, apresentando as maiores concentrações nos anos de 2007 com 16 e 2015 com 13 focos, respectivamente, correspondendo ambos a 48,3% das detecções. A análise mensal revelou os maiores registros nos meses de Agosto, Setembro, Outubro e Fevereiro, concentrando 60% ou 36 das 60 ocorrências, enquanto a densidade dos focos concentrou-se na porção centro-leste do corredor. O emprego desta técnica apresenta uma importante contribuição para ações de controle e monitoramento, possível de ser aplicada em municípios ou regiões carentes de estudos dessa natureza.

Palavras chave: Aplicações Geotecnológicas; Corredor Ecológico; Sensoriamento Remoto; Estimativa Kernel; Focos de Calor; Banco de Dados de Queimadas.

1. Introdução

Os incêndios e queimadas são um dos principais responsáveis por danos aos ecossistemas florestais e, dependendo da sua intensidade e área de ocorrência, podem

provocar prejuízos expressivos ao ambiente com a supressão da flora e fauna, além de perdas materiais e humanas.

Sua ocorrência materializa-se de maneira mais evidente no Brasil com a intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente, através da substituição de remanescentes de paisagens conservadas, com a inserção de novos usos das terras, notadamente, para as áreas agrícolas e emprego de práticas não conservacionistas com a supressão da vegetação nativa pelas queimadas e incêndios (ROSS, 2009).

Cabe abordar que as expressões "Incêndios" e "Queimadas" são em grande parte das vezes empregadas de maneira incerta em relação a sua origem e a seu contexto de ocorrência. Os incêndios, segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE, 2012), são considerados um desastre natural climatológico, pois genericamente estão associados ao ambiente florestal, como é o caso de incêndio em ambientes de cerrado que apresentam uma maior frequência e intensidade nos períodos de estiagem. Os incêndios podem também ser de natureza acidental, indesejados e de difícil controle (KAZMIERCZAK, 2015). As queimadas, por sua vez, são consideradas práticas tradicionais controladas e estão associadas à cultura indígena, como também na agricultura, destinada principalmente à limpeza de parcelas para combater pragas e cultivo de plantações ou na formação de pastos. Neste artigo estas expressões serão tratadas de maneira conjugada no sentido de desenvolver uma cartografia das áreas mais susceptíveis a queimadas e incêndios.

Sustentado nesses conceitos e fatos, torna-se importante compreender a variação espacial e sazonal da ocorrência dos desses focos em um recorte espacial, a exemplo de um Corredor Ecológico e/ou Unidades de Conservação, através da cartografia com o propósito de estabelecer ações de monitoramento, controle, combate, resiliência de paisagens, incluindo também, orientações de prática de queimadas controladas, evitando a causa de incêndios.

Existem diversos métodos de identificação dos focos de calor que variam de acordo com as características do local/território, estrutura/logística e extensão da área monitorada,

realizado através dos postos de vigilância terrestres ou torres de observação; pelo patrulhamento por veículos; sobrevoo de avião/helicópteros e do uso de drones/vants, ações estas que são pontuais e de elevados custos econômicos, sobretudo, para órgãos públicos como prefeituras/governos. O uso das ferramentas computacionais como os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) integrado com produtos acessíveis e técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) são, na atualidade, uma alternativa eficiente, de baixo custo que possibilita desenvolver a cartografia de áreas mais susceptíveis à ocorrência de incêndios, propiciando uma ampla visão sobre a distribuição temporal e espacial das queimadas em diferentes escalas, permitindo analisar as interações do fogo relacionado com fatores culturais e socioambientais.

Nessa linha de discussão, o objetivo principal deste artigo é analisar a distribuição e densidade dos focos de calor no Corredor Ecológico Duas Bocas-Mestre Álvaro – ES, a partir, dos dados detectados pelos sensores MODIS e AVHRR entre os anos de 2007 a 2017.

1.1. Localização da Área de Estudos

O Corredor Ecológico Duas Bocas – Mestre Álvaro (CEDBMA) compreende uma área de 38.380,03ha, situado entre os municípios de Cariacica, Serra, Viana, na Região Metropolitana da Grande Vitória e parte dos munícipios de Santa Leopondina e Domingos Martins (NARDOTO, 2013). O Corredor abrange seis Unidades de Conservação: a Reserva Biológica de Duas Bocas, a Área de Proteção Ambiental (APA) do Mochuara, o Parque Natural Municipal do Monte Mochuara, a APA do Mestre Álvaro, a APA da Lagoa Jacuném (que não se encontra toda no Corredor) e a APA do Morro do Vilante (Figura1).

A paisagem do corredor e arredores é marcada pela urbanização, sobretudo na porção nordeste, leste e sudeste, enquanto a norte e oeste é caracterizada,ainda, por áreas rurais, passando por ele rios importantes responsáveis pelo abastecimento de parte da RMGV.

Segundo Novelli (2010), os corredores não são considerados unidades de conservação políticas ou administrativas e sim áreas geográficas definidas com base no conhecimento científico para fins de planejamento e conservação.

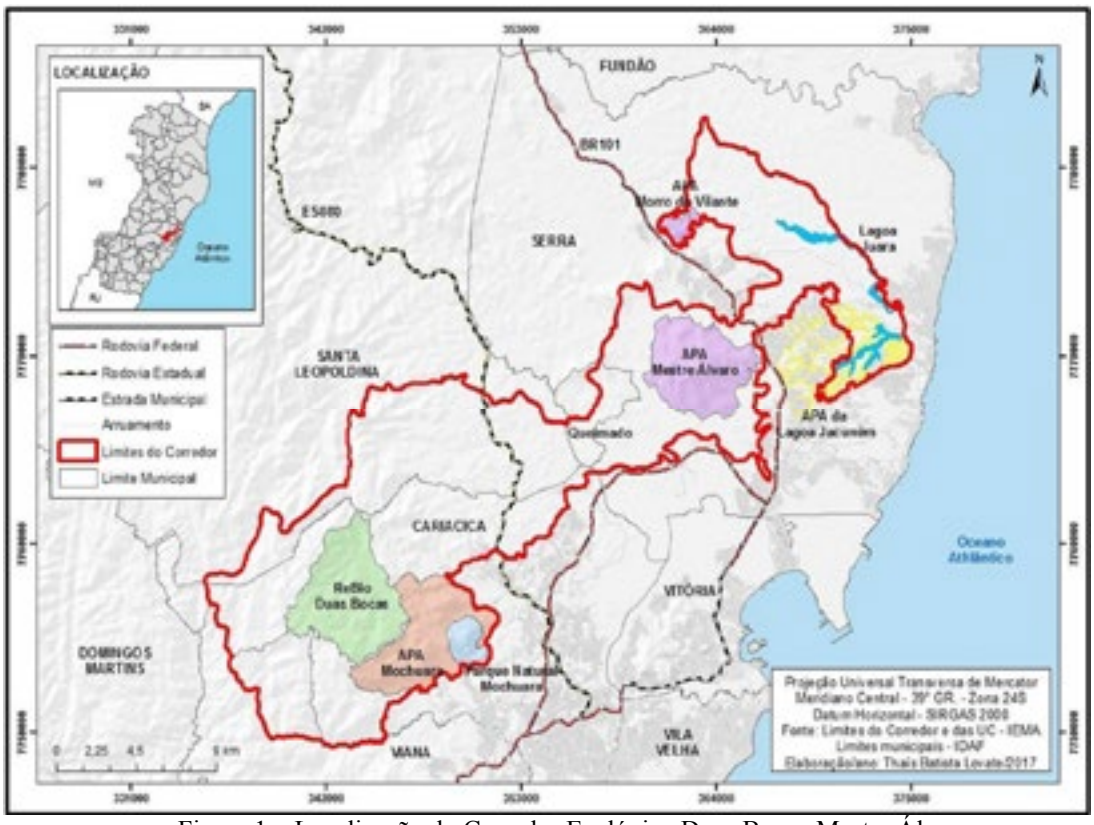


Figura 1 – Localização do Corredor Ecológico Duas Bocas-Mestre Álvaro.

2. Materiais e Métodos

O encaminhamento metodológico da pesquisa abrangeu o referencial bibliográfico sobre o assunto. A base de dados vetoriais e matriciais (Tabela I), assim como o seu processamento, foram realizados através do aplicativo computacional Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS 10.5, empregando o sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS-2000 – Zona/Fuso 24 Sul, com o mapeamento produzido seguindo a padronização cartográfica segundo proposta de Menezes e Fernandes (2013).

Tabela I – Planos de Informações Utilizados

DADO	ORIGEM	ANO	ESCALA/ RESOLUÇÃO
Limite Estadual	IBGE (2015)	2015	1:100.000
Município	IJSN (2013)	2013	1:1.000
Unidades de Conservação	IJSN (2013)	2013	1:1.000
Corredor Ecológico	IJSN (2013)	2013	1:1.000
Estradas	IJSN (2013)	2013	1:100.000

Utilizou-se para elaboraçao do mapa os registros de focos de calor detectados entre 1/1/2007 e 31/12/2017, reprocessados e disponibilizados em jun/2018 no Portal do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2018).

Os satélites selecionados de referência, segundo o INPE (2018), na detecção de pequenas queimadas e/ou incêndios foram o AQUA-MT que possui o sensor MODIS - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer e o satélite NOAA-15 com o sensor AVHRR - Advanced Very High Resolution Radiometer. Ambos são de órbita polar e utilizam em um dos canais/bandas, o infravermelho termal para detecção de frentes de fogo em uma área com cerca de 30 metros de extensão por 1 metro de largura, ou de maior região queimada.

Após a obtenção dos dados de cada ano, foi realizada a junção em um único banco de dados geográficos e o filtro para os dois satélites utilizados AQUA-MT e o NOAA-15, seguido da elaboração de mapas e tabelas.

Na sequência, utilizando-se de procedimentos estatísticos, foi estimada a densidade Kernel dos focos fornecendo uma visão geral da distribuição espacial e regiões críticas da área de estudo que foram reclassificados em 5 classes de susceptibilidades: 1) muito baixa, 2) baixa, 3) média, 4) alta, e 5) muito alta.

3. Resultados e discussões

A Figura 2 expõe o número de ocorrências anual dos 60 registros de focos de calor detectadas pelos sensores MODIS e AVHRR, entre os anos de 2007 a 2017 no Corredor Ecológico Duas Bocas – Mestre Álvaro (CEDBMA), apresentando uma relativa distribuição, inferior a 3 focos, entre 2009, 2010, 2012, 2013, 2014 e 2016. Já as maiores concentrações destes focos no período, foram os anos de 2015 com 13 registros e 2007 com 16 registros, correspondendo ambos, a 48,3% das ocorrências.

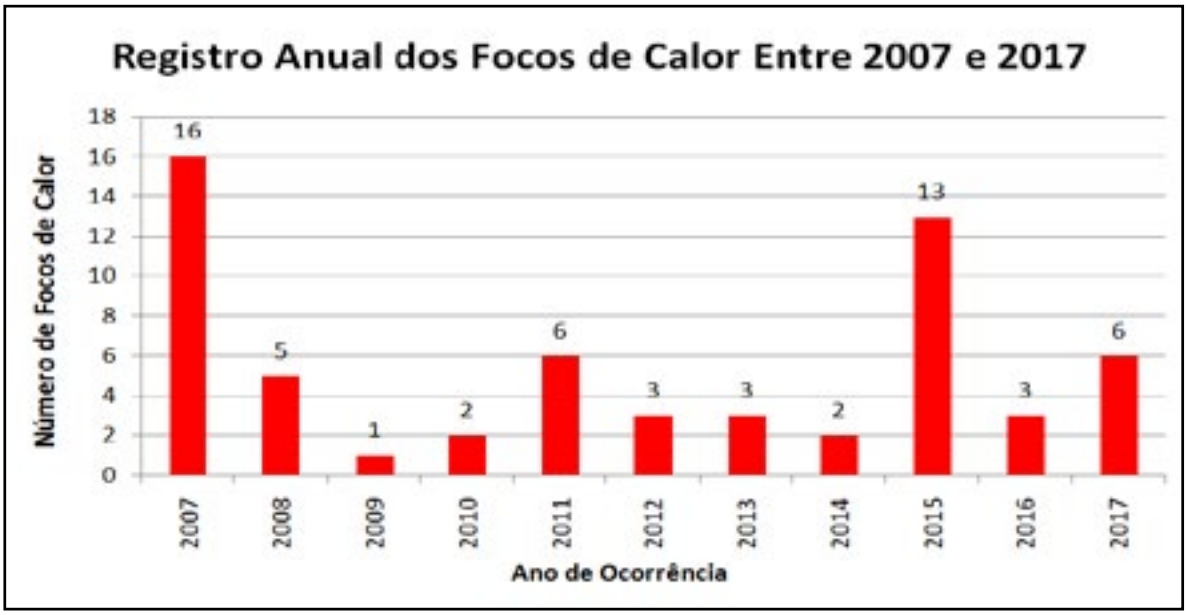


Figura 2 – Distribuição anual dos 60 focos de calor detectados no Corredor entre 2007 a 2017 pelos Satélites NOAA-15 e Aqua-MT.

Já a análise mensal dos focos de queimadas e/ou incêndios no recorte temporal de 2007 e 2017 (Figura 3) revela que as maiores detecções estão concentradas nos meses de Agosto a Outubro e Fevereiro, períodos marcados por elevadas temperaturas, concentrando 60% ou 36 das 60 ocorrências no Corredor, enquanto os meses de Junho e Novembro não houve registro de focos pelos sensores MODIS e AVHRR.

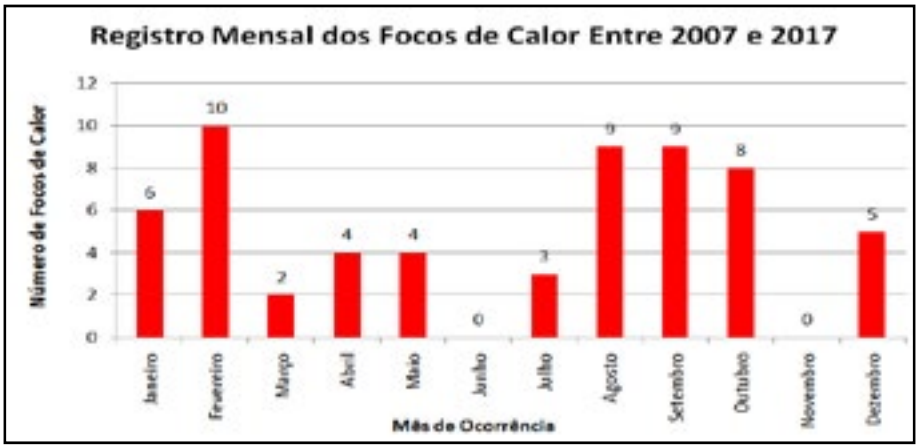


Figura 3 – Distribuição mensal dos 60 focos de calor entre 2007 a 2017.

A Figura 4 mostra, em vermelho, a distribuição espacial da nuvem de pontos dos 60 registros de focos de calor (queimadas e/ou incêndios), base para a elaboração do mapa de densidade kernel, detectados pelos sensores MODIS e AVHRR no período de 10 anos no CEDBMA, revelando a maior concentração no entorno da APA Mestre Álvaro.

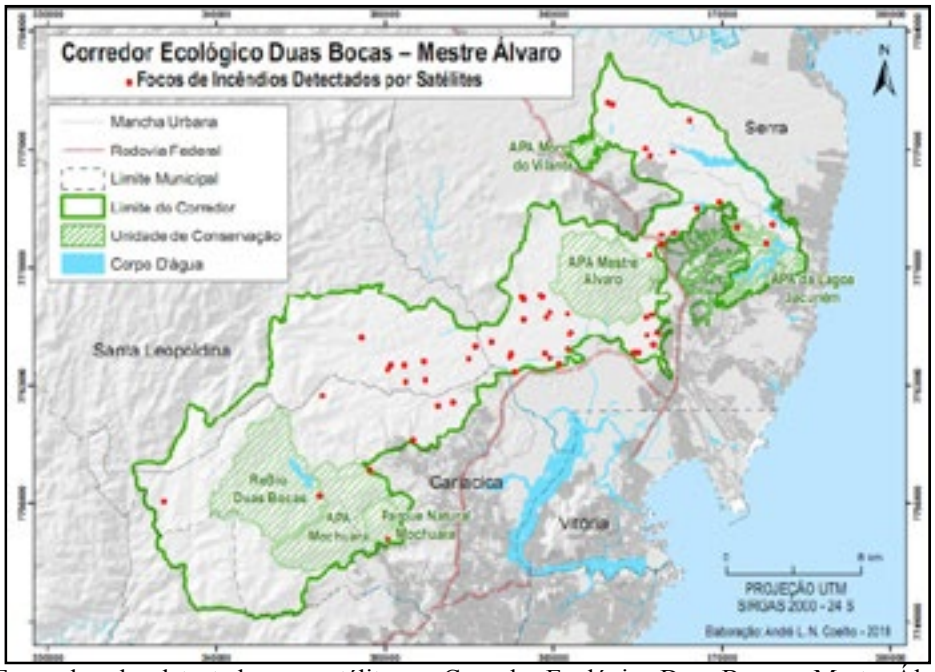


Figura 4 – Focos de calor detectados por satélites no Corredor Ecológico Duas Bocas – Mestre Álvaro – ES.

A Figura 5 apresenta no mapa os pontos quentes (hotspots) de focos de incêndios/queimadas no CEDBMA, a partir das 60 ocorrências detectadas pelos satéltes AQUA-MT e NOAA-15 entre 2007 e 2017, classificados: Muito Baixa (verde claro), Baixa (amarelo), Médio (laranja) Alto (vermelho) e Muito Alto (vermelho escuro).

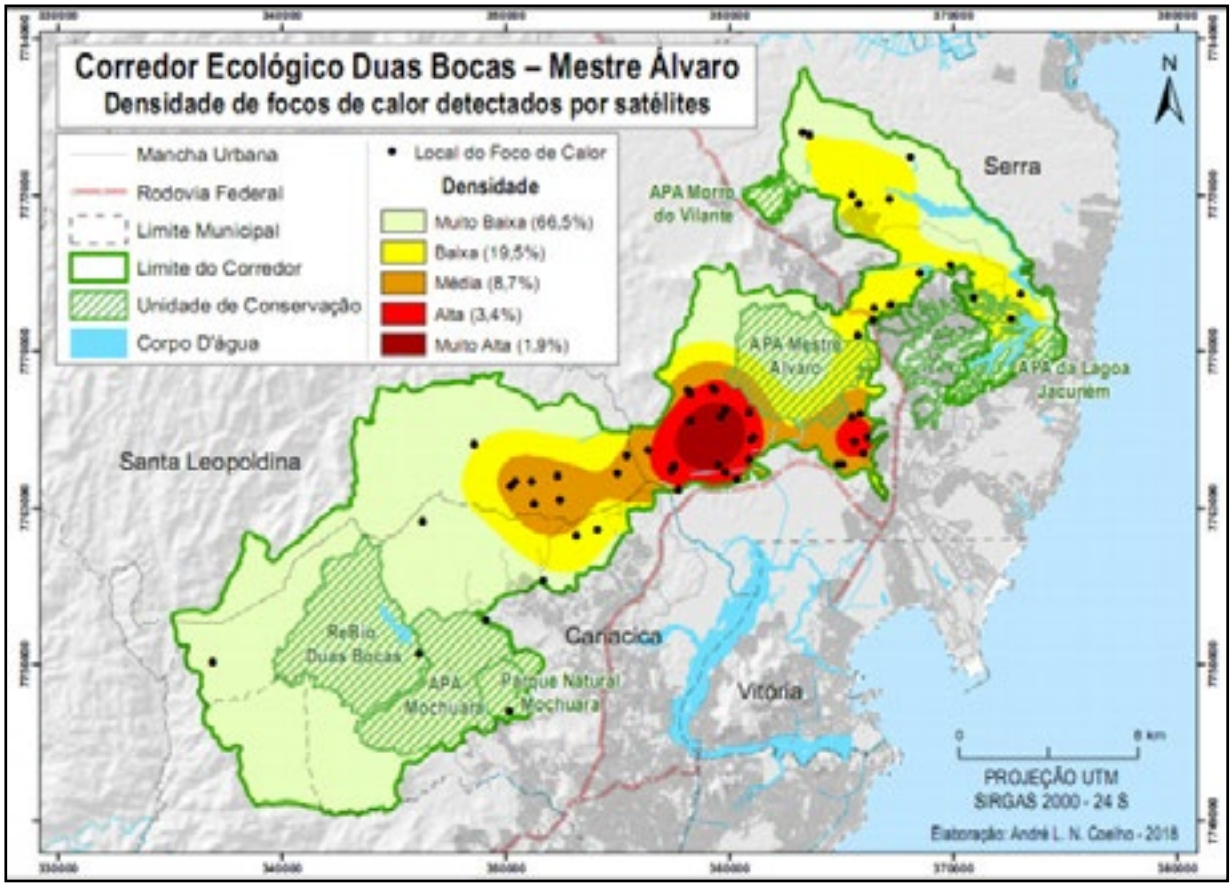


Figura 5 – Densidade de focos de calor detectados por satélites no CEDBMA.

O produto revelou que as densidades de calor Média a Muito Alta correspondem a 14% ou 5.368 ha do Corredor Ecológico Duas Bocas – Mestre Álvaro e estão concentradas no entorno da APA Mestre Alvaro (Tabela II), sendo locais que, recorrentemente, são afetados pelas queimadas, notadamente, na região turfosa de Brejo Grande no município da Serra, que faz limites com a área urbana. Um exemplo de reportagem (A GAZETA, 2015) em Fevereiro

de 2015 (Figuras 6 e 7) evidenciam e validam os focos detectados e registrados pelo Portal do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018).

Tabela II – Áreas e Percentuais de Ocorrência Focos de Calor

DENSIDADE DE FOCOS DE CALOR	ÁREA (ha)	PERCENTUAL (%)
Muito Baixo	25.489,1	66,5
Baixo	7.490,1	19,5
Médio	3.317,1	8,7
Alto	1.315,7	3,4
Muito Alto	735,1	1,9
TOTAL	38.347,1ha	100%

CIDADES 9

CLIMA SECO

Solo impede chegada de máquinas

Chuva não apaga incêndio em área de turfa na Serra

Figura 6 – Reportagem, em 02/2015, da região de turfa no município de Serra (ES) afetada pelo incêndio e registrada no Portal do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, (A GAZETA, 2015).

Figura 7 – Imagens da ação dos bombeiros na região de turfa incendiada no município de Serra (ES) (GV/NEWS, 2015).

Já a Rebio Duas-Bocas, APA Mochuara e o Parque Natural Municipal Mochuara foram as Unidades de Conservação em que a densidade de focos de calor foi classificada como muito baixa, concidentemente as mais distantes das áreas urbanizadas (Figura 5).

4. Considerações finais

O emprego desta metodologia associada ao uso das geotecnologias se mostrou eficiente oferecendo um produto adicional do qual pode-se extrair novas informações de locais mais susceptíveis a desastres dessa natureza.

Outro aspecto relevante da cartografia proposta, em comparação com as detecções pelos satélites, é que a análise não fica restrita somente aos pontos como na Figura 4. O mapa de densidade (Figura 5) possibilita uma avaliação mais ampla, de todo o território,

contribuindo para diversas diretrizes de planejamento e gestão territorial, na ampliação dos inventários de riscos, ao apontar outros locais com alta susceptibilidade, resultando no aumento da eficiência técnica e econômica dos trabalhos de controle e fiscalização.

O produto também pode contribuir para a revisão/elaboração de projetos como o Plano Diretor para Redução de Riscos, além de proporcionar subsídios para análises espaciais, estatísticas e temporais dessas ocorrências e para os estudos dos efeitos ecológicos, atmosféricos e de mudanças climáticas.

Enfim, esta proposta de mapeamento de focos de calor e densidades revelou a importância do modelo para atividades preventivas, susceptibilidade a incêndios em Unidades de Conservação e planejamento, possível de ser aplicada em regiões carentes de estudos dessa natureza, pois a mesma considerou as ocorrências do território.

5. Referências Bibliográficas

A GAZETA. Caderno Cidades "**Chuva não apaga incêndio em área de turfa na Serra**", Terça-feira 24 de fevereiro de 2015.

COBRADE - **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres** (2012). [Acesso em 04/01/2018]. <http://www.integracao.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=2a09db34-e59a-4138-b568-e1f00df81ead&groupId=185960>.

GV/NEWS - Notícias: "**Governo do ES articula ações para tentar conter queimada da turfa"**. Emissora de Televisão Aberta via Internet. [Acesso em 07/09/2018]. Disponível em <https://gvnews.com.br/>. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas Interativos do IBGE** (2015): Base de Dados Geográficos. [Acesso em 04/02/2018]. Disponível em <ftp://geoftp.ibge.gov.br/>. 2015.

IJSN - Instituto Jones dos Santos Neves / Coordenação de Geoprocessamento (2013). **Base de Dados Geográficos** [Acesso em 22/09/2016]. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/>.

INPE - Portal do Programa Queimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2018). **Focos de Queimadas** [Acesso em 16/07/2018]. Disponível em: <http://www.inpe.br/queimadas/portal>.

KAZMIERCZAK, M. L. Sensoriamento Remoto para Incêndios Florestais. In: SAUSEN. T. S. e LACRUZ, M. S. P. (Orgs) **Sensoriamento Remoto para Desastres**, Oficina de textos, São Paulo, 2015, pp. 174-211.

MENEZES, P. L.; Fernandes, M. C. **Roteiro de Cartografia**. Oficina de Textos, São Paulo/SP, 288p. 2013.

NARDOTO, Caroline A. C. Avaliação da fragilidade ambiental da APA do Mestre Álvaro – Serra/ES. **Trabalho de Conclusão de Curso de Geografia**. UFES. Vitória, 2013.

NOVELLI, Fabiano Z. A Reserva Biológica de Duas Bocas e seus vínculos à história da conservação no Espírito Santo. **Revista Natureza Online** 8 (2), 2010, pp. 57-59.

ROSS, J. Paisagem, Configuração Territorial e Espaço Total In: **Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental**. São Paulo. Ed. Of. Textos, 2009. PP 47 – 61.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Cartografia Geográfica para Construção e Análise da Modelagem Gráfica: um estudo aplicado ao estado de Minas Gerais.

Fernanda Bomfim Soares[(a)], Renan Gomes Moretti[(b)]

[(a)] Doutoranda do programa de Pós-graduação em Geografia/FCT, UNESP, fbs.geo@gmail.com

[(b)] Mestrando do programa de Pós-graduação em Geografia/FCT, UNESP, renangmoretti@gmail.com

Eixo:

Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho traz como proposta a análise e interpretação de quatro variáveis mapeadas em três abordagens cartográficas intercomplementares: a semiologia, a visualização e a modelagem gráfica, por meio da representação nos estudos da Geografia, muito utilizados para representar elementos no território e seus fluxos. Como produtos, apresentamos modelos gráficos e sua superposição, mediante análise conjunta de diferentes mapas frente aos dados do Censo IBGE 2010 do estado de Minas Gerais (densidade demográfica, renda por municípios, distribuição e rendimento da PEA agrícola e a rede urbana). Diante dos dados e dos modelos gerados, confirmamos a ampla desigualdade regional do estado analisado, no qual o caráter econômico está em concordância com o modelo do território paulista proposto por Théry (2006), se aproximando dos mesmos atributos da "Dorsal Paulista", entre a região nordeste do estado de São Paulo com a região Sudoeste de Minas Gerais.

Palavras chave: modelagem gráfica, visualização cartográfica, semiologia gráfica, cartografia geográfica, mapa.

1. Introdução

As contribuições dos franceses são de eminente destaque para a ciência geográfica e cartográfica. Nomes como Jacques Bertin, Roger Brunet, Hervé Théry (radicado no Brasil), Christian Grataloup, Philippe Waniez são os principais que compõem este trabalho, além da grande contribuição do inglês John Brian Harley enquanto geógrafo, cartógrafo e historiador de mapas. Destas referências, provieram diversos outros nomes e contribuições, que, também estão presentes neste trabalho.

Destacamos também a contribuição dos geógrafos Girardi (2008) e Dutenkefer (2010), com suas respectivas contribuições na composição prática e teórica diante da temática abordada, e do desenvolvimento dos temas que circundam a cartografia.

Nos últimos anos, a cartografia se tornou essencial para o geógrafo, como ferramenta de análise dos fenômenos mapeados e para a interpretação do espaço geográfico, assim, saber utilizar os diversos programas e software de mapeamentos é indispensável a esse profissional.

Os mapas além de serem a melhor forma de apresentação da superfície terrestre, são instrumentos necessários para as análises e o desenvolvimento da Geografia. Os mapas temáticos, porém, são ferramentas essenciais para representar o espaço geográfico, tendo em vista que os mapas que elaboramos nesse trabalho seguiram as orientações e metodologias compreendidas durante a disciplina *"Cartografia geográfica para análise e discurso geográfico"*[1], utilizando o programa de cartomática *Philcarto*[2] (WANIEZ, 2008) e as suas ferramentas representação.

Sabemos que a cartografia temática é fundamental para os estudos geográficos, pois complementa as análises e facilita a interpretação dos fenômenos representados. Assim, trabalhamos os temas escolhidos a partir das informações disponíveis na base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o Estado de Minas Gerais e para todo o território brasileiro.

É importante entender a Teoria Crítica do Mapa como um processo de evolução da geografia como ciência até os dias atuais onde técnicas de várias áreas diferentes dos conhecimentos agregam informações e possibilidades a ciência geográfica. No mesmo viés da cartografia geográfica, a Semiologia Gráfica, desenvolvida por Jacques Bertin em dois diferentes momentos (1960 a 1967 em um período de experimentações e reflexões, e entre 1968 a 1985, com o desenvolvimento e divulgação dos trabalhos) é uma importante ferramenta para o desenvolvimento de tratamentos gráficos e dados a partir de uma matriz ordenável que facilita a interpretação dos fenômenos e auxilia a Visualização Gráfica que, baseada nas potencialidades da cartografia computacional, permite a interatividade e o uso dos mapas como ferramenta de análise e de planejamento dos pesquisadores, proporcionando evoluções tecnológicas da computação gráfica e do sistema de informação geográfica. Além disso, a Modelagem Gráfica ou Coremática é uma atualização e modernização da representação gráfica nos estudos da Geografia, muito utilizada para apresentar elementos em um territórios e fluxos.

---

[1] Disciplina oferecida pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da FCT/UNESP sob responsabilidade do Prof. Dr. Eduardo Paulon Girardi.

[2] Disponível em: http://philcarto.free.fr/

Além da cartografia temática, utilizamos a modelagem gráfica para representar a interação dos fenômenos presentes nos mapas gerados, e apresentados no decorrer deste trabalho, pelo programa *Philcarto*. É importante ressaltar que, a modelização, ou modelagem gráfica, constitui uma etapa mais avançada da representação gráfica do espaço e, a partir de deste trabalho, tivemos a oportunidade transpor o conhecimento teórico em prática, criando uma modelagem gráfica que representasse as interações dos mapas anteriormente, a ela, representados.

2. Referencial Teórico: A Teoria Crítica do Mapa

Durante o surgimento e todo o processo de evolução da Geografia como ciência, o homem sempre manifestou grande interesse em representar o espaço geográfico, inicialmente em croquis, com análises e descrições da paisagem, até a consolidação de mapas digitais, apoiados em softwares e tecnologias gerais, em diversos modelos, projeções, temáticas e diferentes análises, contextualizadas com a escala, interesses políticos, econômicos e ideológicos de quem o fez, e também, pela influência teórica-metodológica das diferentes correntes. O avanço da Geografia Tradicional para uma Geografia Quantitativa e posteriormente para um caráter crítico, alterou o processo técnico de elaboração dos mapas e principalmente seu uso e análise em cada momento.

Sobre a definição, história e práticas, Harley (1991) aponta que a Cartografia é caracterizada como a linguagem visual das civilizações. Contudo, no seu início, era considerada uma ciência com primazia prática europeia. O mesmo autor aponta que os mapas elaborados por culturas fora da Europa eram encarados como excêntricos, alternativos e incomuns à Cartografia, sendo rejeitados na comunidade europeia. Somente os mapas que apresentavam conformidades é que recebiam atenção dos historiadores. Neste contexto, os mapas deveriam ser executados seguindo um critério técnico em direção à objetividade, pois, se não desta forma, não eram considerados nos estudos e análises. Foi somente no século XIX que os mapas foram associados às disciplinas modernas, contribuindo na evolução da Cartografia como ciência**.**

Neste contexto, quando os mapas passaram a ser, portanto, reconhecidos enquanto processo histórico, e, sem critério técnico, pinturas rupestres em diferentes continentes passam a ser estudados como uma das categorias, considerada portanto a pré-história da Cartografia.

Destaca-se que a construção e utilização de mapas, embora seja uma antiga prática e de grande relevância técnica, documental e histórica no mundo todo (descobrimentos, colonialismo, exploração, imperialismo, planejamento e gestão territorial), não apresentam a mesma magnitude e interesse por parte dos pesquisadores historiadores, alegando que, mapas, fotografias e outras fontes não verbais se constituem em uma categoria inferior à informação escrita, com o uso das palavras.

Nesse sentido, grande parte das pesquisas e indagações históricas são feitas sem uma análise sistemática de mapas e croquis, como documentos fundamentais que trazem ricas informações importantes de diferentes épocas históricas (HARLEY, 2005).

Para Harley (2005), os mapas podem ser percebidos em diversas formas, como imagens, símbolos, textos, sinais, etc. Sobre as imagens, por exemplo, estas são representações

gráficas de aspectos do mundo real. Símbolos e sinais apresentam o mesmo objetivo. Portanto, o papel do mapa é justamente representar, de forma gráfica, uma manifestação concreta da realidade geográfica, em conformidade com técnicas topográficas, símbolos e convenções formais de comunicação, produto de mentes individuais, grupos e instituições de pesquisas e também de valores culturais comunitários de sociedades específicas.

Na cartografia moderna, os cartógrafos consideram os mapas como articulações escritas e concretas em bases matemáticas, simbologias e metáforas, como imagens inerentemente retóricas. Porém, o que vai em discordância com o conhecimento contemporâneo é preconizar que todos os mapas são retóricos (HARLEY, 2005).

Neste sentido, o mesmo autor aponta que alguns aspectos são importantes na interpretação de um mapa. Primeiramente, o contexto político, a intenção e as circunstâncias materiais de produção do mapa, sempre indagando o porquê, para quem e como o mapa foi elaborado. Em segundo, o contexto de outros mapas e suas relações (no sentido que o mapa não expressa o fim em si e que não consegue responder todas as dúvidas e questionamentos gerados por ele). Por fim, é a interpretação de métodos iconográficos da história da arte aplicado aos mapas, que carregam características filosóficas, religiosas e políticas de uma época que se descobre os diferentes significados de uma imagem (HARLEY, 2005).

Esta mesma ideia é evidenciada por Girardi (2008), destacando que os aspectos do mapa dependem diretamente do autor e suas influências, sua visão de mundo, seu método de investigação, sendo por isso uma elaboração útil a todas as correntes teóricas da Geografia, que, em sua corrente crítica, se compreende como mais uma forma de discutir as desigualdades e possibilidades de transformação. Toma-se como exemplo o trabalho de Santos (2000, apud GIRARDI, 2008), que analisou mapas de diferentes períodos e sua correlação com o poder, concluindo que os mapas são construções sociais e refletem a leitura do mundo da sociedade que os elaborou.

Assim, a leitura desconstrucionista do mapa é considerada como uma justificativa para se afirmar que o mesmo é sim um instrumento substancial na construção do conhecimento geográfico, relacionando diretamente os fundamentos da Geografia Crítica.

Sobre esta relação entre Cartografia, Geografia Crítica e relações de poder, Girardi (2008) aborda o mapa da República Unida da Soja como exemplo de instrumento de poder e legitimador de um território que carrega um discurso geopolítico no qual o capital se sobrepõe e exerce força intimidadora aos governos. Assim, o autor evolui em direção à leitura desconstrucionista do mapa enquanto um fundamento básico da Cartografia Geográfica Crítica (CGC), desfazendo o equívoco e rompendo com a visão do mapa positivista, pragmático, denunciando a verdade absoluta que presumivelmente carrega.

Conforme o autor, é a partir da teoria crítica do mapa que se tem o primeiro ponto de proximidade entre a Cartografia Geográfica Crítica e a Geografia Crítica. O segundo ponto é justamente direcionar as análises às desigualdades sociais no espaço geográfico, através do mapa como ferramenta de transformação, já dito aqui anteriormente.

Assim, esta proposta teórico-metodológica de uma Cartografia Geográfica Crítica se baseia na teoria crítica do mapa e no uso inter-relacionado de três abordagens diferentes: a semiologia gráfica, a visualização cartográfica e a modelização gráfica, ou coremática.

Dessa forma, esta proposta traz como objetivo enaltecer e designar o mapa enquanto um instrumento discursivo e analítico na Geografia nacional, principalmente na corrente crítica, que, no processo de evolução e renovação das correntes no Brasil, rejeitou o uso do mapa, principalmente no discurso geográfico.

Assim, faz parte desta proposta, elaborar uma teoria cartográfica que questione a mudança da concepção do mapa, praticado a partir da crítica, pois, pela atual concepção, a desconsideração do mapa pela corrente crítica parte de uma contradição: a de que esta corrente não compreende o mapa a partir de uma teoria crítica, mas apresenta um posicionamento e compreensão positivista do mapa, relacionado à objetividade, dominação e distanciamento. Dessa forma, a mudança desta concepção possibilita o surgimento de novas práticas, usos e interpretações dos mapas enquanto instrumento libertador, não apenas na técnica, mas também no caráter teórico-metodológico.

Outra grande referência neste sentido foi o texto "Desconstruindo o Mapa" de John Bryan Harley e sua contribuição com a teoria crítica do mapa. Este autor arrola uma leitura da natureza da Cartografia enquanto o mapa como uma construção social. Influenciado por obras de Foucault e Derrida, Harley apresenta a desconstrução do mapa pela análise de sua textualidade e da natureza metafórica e retórica. (GIRARDI, 2008).

Harley conduziu suas análises conceituais da história da Cartografia baseadas em fundamentos da filosofia que marcavam uma leitura pré-moderna do tema em questão e que, portanto, mereciam atenção e elaboração de uma análise a partir de fundamentações filosóficas que permitissem uma leitura pós-moderna.

Para ele, a estratégia de desconstrução é a essência, é a estratégia para cessar a associação entre a realidade e a representação que tem coordenado o pensamento cartográfico, sugerindo uma nova epistemologia, constituída em sua maior parte na teoria social do que no positivismo, oportuna, portanto, para a história da Cartografia. (HARLEY, 1989).

Harley (1989, p. 3), com base na teoria de Foucault, emprega no processo de desconstrução do pensamento cartográfico, a noção da *"onipresença do poder em todo o conhecimento, mesmo sendo o poder invisível ou implícito, incluindo o conhecimento particular codificado nos mapas e atlas*".

Sobre a influência de Jacques Derrida, Harley (1989, p. 3 e 7) toma a presença de retórica em todos os textos, o que necessita de uma "busca por metáfora e retórica em mapas que antes os pesquisadores encontravam somente medidas e topografia". Assim, o mapa é entendido como um texto a partir da compreensão de que "o que constitui um texto não é a presença de elementos de linguística, mas o ato de construção", sendo assim, os mapas, como "construções que empregam um sistema de signos convencional" (GIRARDI, 2008).

Sobre esta proposta de desconstrução do mapa, Harley aponta três diferentes análises. Primeiramente, possibilita a desmitificação da Cartografia e do mapa como objetivos, refletores de

uma visão exata da realidade. Outro ponto, possibilita a revisão da importância histórica do mapa, e por fim, amplia a história do mapa em uma leitura interdisciplinar do texto e do conhecimento (HARLEY, 1989). Ou seja, o autor se posiciona de forma crítica à concepção do mapa como objetivo e inquestionável.

Sobre essa corrente de análise crítica do mapa, a proposta de desconstrução apresentada por Harley e sua abordagem crítica do mapa é considerada por Cramptom e Krygier (2006) como uma base para uma Cartografia Crítica, justamente no uso do caráter subjetivo, retórico e discursivo que reforçam a eficácia para a análise baseada na teoria social crítica. Ou seja, as características do mapa dependem diretamente de quem o faz e seu método de investigação. Assim, o mapa, para a Geográfica Crítica, deve ser entendido como uma forma semelhante de discutir desigualdades socioespaciais e a possibilidade de alterá-las, por meio da desconstrução e suas relações. (GIRARDI, 2008).

Vale destacar as contribuições, ainda na corrente de análise crítica do mapa, de Monmonier (1991), em seu livro *How to lie with maps*, na qual trabalha com a ideia de "mentiras" no princípio cartográfico. "Mentiras" que vão desde o caráter tridimensional da representação no papel até influências e finalidades políticas intencionais. Ou seja, o livro de Monmonier nos serve de exemplo de como o mapa e a Cartografia podem e devem ser discutidos a partir da indissociabilidade entre método, teoria e técnica.

Na mesma linha, Jeremy Black (1997), em seu livro *Maps and Politcs*, aborda a questão do mapa e seu papel na política. O autor destaca o atributo político no processo de elaboração cartográfica e rejeita a objetividade do mapa, afirmando que a "objetividade" presente na construção e no uso do mapa não pode ser dissociada das concepções políticas da representação.

Enfim, de acordo com GIRARDI (2008), vimos que uma abordagem cartográfica é a união de teoria e metodologia relacionada à representação espacial e que dispõe de atributos particulares que possibilitam diferenciar mapas, suas diferentes formas de representação, as abordagens e seus fundamentos.

Sobre as abordagens cartográficas, estas utilizam de atributos técnicos em comum e também específicas de cada uma, de acordo com as abordagens teórico-metodológica de cada uma. Para a Cartografia Geografia Crítica, consideram-se três abordagens cartográficas intercomplementares e que contribuem significativamente na análise do espaço: a semiologia gráfica, a visualização cartográfica e a modelização gráfica (GIRARDI, 2008). Neste trabalho, apresentaremos a modelização gráfica e suas aplicações.

3. Modelização Gráfica ou Coremática

O conceito de modelização gráfica, segundo Grataloup (2003), é a escrita de modelos geográficos de acordo com a forma de figuras. Já a ideia de modelo, significa a representação formalizada da imagem real ou de uma sistemática de relações no espaço, ou seja, o modelo é uma

concepção que se torna simplificada de forma abstrata, que pode representar a previsão ou a explicação.

Sobre sua prática, a modelização é, portanto, antiga na evolução da Geografia, na qual se objetivava evidenciar os diferentes tipos de relevo, formas urbanas, paisagens, etc., em uma representação de suas feições. Porém, vale destacar que o entendimento e o objetivo de modelizar as estruturas recorrentes do espaço é, de certa forma, recente, sob a orientação do geógrafo francês Roger Brunet. (GRATALOUP, 2003).

Segundo BRUNET (2000), de acordo com um trabalho oriundo de uma palestra intitulada "*Des modèles en géographie? Sens d'une recherche*", para a *Societé de Geographie de Liège,* aponta:

> O que é um modelo? Para defini-lo, os geógrafos recorrem a uma definição, que se tornou clássica de P. Haggett em 1965: "uma representação idealizada do mundo real, construída para demonstrar algumas das suas propriedades"; geralmente, infelizmente, esta fórmula é traduzida por "representação simplificada com o propósito de demonstração", o que representa um duplo e deplorável deslize. *Modèle* [Modelo], importado do italiano do século XV, vem de "*moule*": é uma figura que serve para reproduzir; a raiz é *med*, que encontra-se em medicina, meditar, etc., e que evoca a medida; tratase de "tomar a medida de", e idéia de modelo como sentido de avaliação e de ajustamento. Alain Rey define o modelo como "sistema que representa as estruturas essenciais de uma realidade"; observem que aqui é afastada a ideia de simplificação, mas não a ideia de essência, o que é diferentemente exigente (BRUNET, 2000, apud DUTENKEFER, 2010).

Roger Brunet, em uma publicação em 1980, define a "estrutura do espaço geográfico" de "Chorème" (Corema), em referência ao radical grego. Logo, a abordagem "Coremática" resulta de um conjunto de trabalhos desenvolvidos por Brunet nos anos de 1960, com influência da teoria geral dos sistemas, do estruturalismo, da semiologia gráfica de Bertin (Figura 1), da cartografia e modelização gráfica (BRUNET, 2000, 2007).

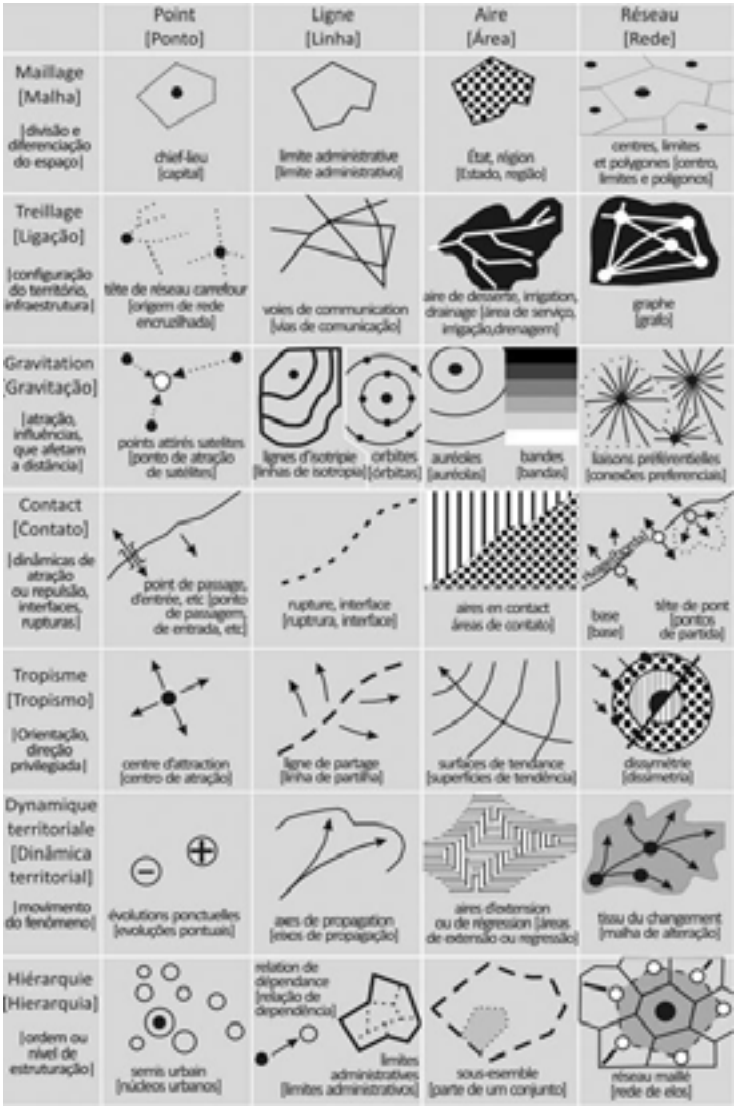


Figura 1: Coremas propostos por Brunet (2001). Fonte: Brunet (2001, p. 198 *apud* DUTENKEFER, 2010).

Para Girardi (2008), a coremática tem como objetivo analisar os sistemas de forças oriundas da interação de diferentes agentes na produção do espaço geográfico, que produzem as figuras geográficas. Para Brunet (1990; 2001), as figuras geográficas são regulares e, portanto, elabora um conjunto de sete lógicas (malha, ligação, gravitação, contato, tropismo, dinâmica territorial e hierarquia) atreladas em quatro figuras geométricas (ponto, linha, área e rede), totalizando os 28 coremas de base, que compõem a base de um "alfabeto geográfico".

Importante destacar que, os modelos são classificados em gerais, regionais, elementares em específicos. Brunet (1980) define que modelos gerais são aqueles que estão presentes nos manuais de Geografia, como exemplo o modelo de Christaller, no qual são aplicáveis no mundo todo. Sobre os modelos regionais, estes têm aplicação reduzida no caráter temporal e espacial, considerados particulares de organização. Para os modelos elementares, estes caracterizam-se em modelos específicos do espaço.

Sobre a Modelização Gráfica, é importante destacar também os principais modelos são: gerais, regionais, elementares e específicos. Segundo Brunet (1980) apud Girardi (2008, p.75):

> Modelos gerais*:* são aqueles modelos presentes nos manuais de Geografia, tais como o modelo de Christaller e de von Thünen, são concebidos como aplicáveis ao mundo todo e possuem geralmente expressão matemática e gráfica. *Modelos regionais:* têm aplicação restrita temporal e espacialmente, porém são aplicáveis a um número elevado de casos. São representações de tipos particulares de organização. *Modelos elementares:* trata-se da representação de estruturas de base da organização espacial. Eles são os componentes dos modelos específicos. Cada modelo elementar é uma dimensão do modelo específico. *Modelos específicos:* são os modelos que representam uma organização única. Eles não são transponíveis para outros lugares.

Com uma grande contribuição, em um dos primeiros trabalhos no Brasil sobre modelização gráfica, Théry (2004) apresenta-o como instrumento e método de análise geográfica, definindo os pressupostos que a fundamentam, apontando que:

> cada lugar situa-se numa série de "campos" que estruturam o espaço, cuja interferência local forma um sistema; que cada situação define-se em relação a fluxos, por conseguinte em relação a centros, direções, limites; que estas estruturas e as suas combinações podem ser representadas por modelos. Estes, como nas ciências "duras" são simplificados, redutores provisórios, constituindo uma abordagem simplificada da complexidade, um instrumento que pode ser utilizado provisoriamente, até construir outro melhor; que estes modelos podem ter uma expressão gráfica. A expressão gráfica tem sobre o discurso linear a superioridade de poder ser apreendida no espaço e, por conseguinte, de ser melhor adaptada para simbolizar a organização espacial, de ser mais sintética e ter neste domínio uma melhor eficácia demonstrativa; O sucesso desse modelo é dar conta das localizações, das configurações espaciais observadas, de justificar, pelo jogo das interações, combinações e de algumas contingências locais, todas as irregularidades e deformações que aparecem; A escala de trabalho é indiferente. É possível utilizá-lo tanto na escala do mundo como a dos quarteirões urbanos. (THÉRY, 2004 p.179, 180 e 181 apud DUTENKEFER, 2010, p.109).

Assim, com estas hipóteses, Hervé Théry, em 1984, formula a modelização gráfica para o Brasil, apresentando seis modelos gráficos que sintetizam as estruturas que marcaram e que marcam as distinções do território brasileiro.

4. Prática Cartográfica da Modelização Gráfica

Para o desenvolvimento cartográfico deste trabalho, optou-se por utilizar o estado de Minas Gerais, devido à grande quantidade de dados disponíveis, como área de análise para os dados copilados e utilizados para a prática cartográfica no programa *Philcarto*. Os dados pertencem ao banco de dados e informações do Censo 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

De acordo com Thery (2004), a modelização gráfica é um dos métodos inovadores explorados por um grupo de geógrafos franceses no âmbito dos trabalhos do GIP (Groupement d'Intérêt Public) Reclus. O mesmo foi desenvolvido e aplicado pelas equipes da Géographie Universelle RECLUS e da revista *Mappemonde*[3], mas novas aplicações foram realizadas além deste contexto. Esse artigo não tem como objetivo uma exposição completa da teoria subjacente ao método, mas indicações sobre alguns dos seus princípios fundadores, e um exemplo de aplicação bem detalhado para a situação do Brasil.

Para Girardi (2008), a modelagem gráfica constitui uma etapa mais avançada da representação gráfica do espaço, pois, embora o resultado final do exercício não seja um mapa, a elaboração dos modelos só é possível a partir do entendimento das estruturas verificadas em conjunto de mapas anteriormente analisados. Aplicado ao estado de Minas Gerais, e de acordo com os dados do Censo IBGE de 2010, os modelos apresentados abaixo seguem a referência do "Alfabeto Geográfico", com os 28 coremas propostos pro Brunet (2001), objetivando analisar espaço geográfico de acordo com a temática definida. Dessa forma, foram empregados um conjunto de lógicas atreladas às figuras geométricas para os quatro modelos aqui apresentados (Figura 2).

O modelo elementar 1, que aborda a temática da densidade demográfica, apresenta a lógica de gravitação (atração, influências que afetam a distância) atrelada à área, por representações em auréolas, apresentando apenas dois níveis de concentração, o centro-sul, de maior densidade, e o centro-norte do estado, de menor densidade demográfica.

Sobre o modelo elementar 2, de renda da população, a mesma lógica de gravitação foi utilizada, porém, seguindo o gradiente de bandas de concentração e áreas de influência, subdividindo o estado em três grandes porções: altos salários, médios salários e baixos salários.

Para o modelo elementar 3, da rede urbana do estado de Minas Gerais, a lógica e a forma geométrica foram alteradas. Para esta modelagem, as cidades foram representadas por círculos de diferentes tamanhos, caracterizando a região metropolitana e as cidades de médio porte. Sobre a lógica, utilizamos a hierarquia, especificamente a ordem, na representação das cidades em diferentes círculos.

Por fim, o modelo elementar 4, sobre a População Economicamente Ativa (PEA) agrícola, também utilizamos da lógica hierárquica, porém, seguindo a diferenciação em quatro níveis de organização, até 1 salário mínimo, de 1 a 2 salários, de 2 a 3 salários e de 3 a 5 salários.

[3] Disponível em: http://mappemonde.mgm.fr/

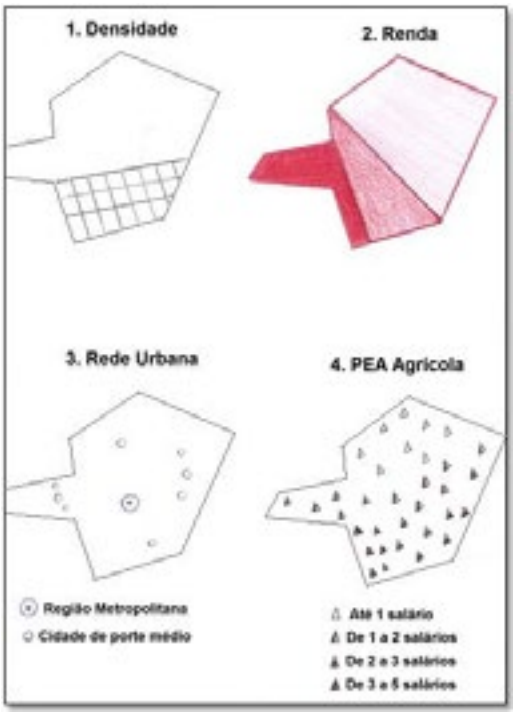


Figura 2. Modelos Gráficos elaborados para o estado de Minas Gerais. Org.: Autores.

A superposição dos modelos gráficos gerados nos permite fazer algumas análises, ainda que introdutórias. A ideia que norteia estas análises embasa-se na própria temática trabalhada: a densidade demográfica, renda, os principais núcleos e a rede urbana e a renda atrelada a PEA Agrícola. Observamos que, a região na qual apresenta alta densidade demográfica, junto à porção de maior renda do estado (na porção sudoeste), apresenta os maiores níveis salariais da PEA agrícola, entre 3 a 5 salários, considerada, portanto uma das regiões mais ricas e desenvolvidas do país, com destaque em tecnologia de ponta e projeção do agronegócio.

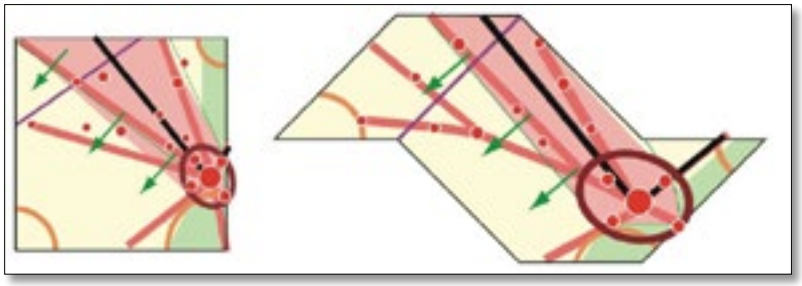


Figura 3. Superposição dos modelos elementares e novo modelo do território paulista. Fonte: Théry (2006).

O caráter econômico desta região está em concordância com o modelo do território paulista (Figura 3) proposto por Théry (2006, p. 3), pois, suas características se aproximam com os mesmos atributos da "Dorsal Paulista", entre a região norte do estado de São Paulo com a região sudoeste de Minas Gerais. O sentido dos fluxos econômicos, logísticos e de investimentos do estado de São Paulo se atrelam a esta região de Minas Gerais, na qual também apresenta elevada densidade urbana, eixos rodoviários que interligam cidades de pequeno e médio porte à grandes centros econômicos, estabelecendo portanto um considerável grau de continuidade e conectividade com a rede urbana e lógicas econômicas da região norte do estado de São Paulo.

Na sequência, observamos que a região centro-sul, a que apresenta alta densidade populacional com a faixa de renda média, apresenta forte ligação com três grandes eixos rodoviários federais, além das rodovias estaduais.

A PEA agrícola está entre a faixa de 1 a 3 salários, configurando-se como uma região de médio desenvolvimento econômico neste setor. Porém, a região apresenta forte ligação com o eixo metropolitano de Belo Horizonte e também com os principais eixos de circulação federais, como a Rodovia Fernão Dias (BR 381), que liga a região metropolitana de São Paulo com a região metropolitana de Belo Horizonte, a Rodovia Presidente Juscelino Kubitschek (BR 040), interligando Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Brasília e também a Rodovia Federal BR 262, interligando a região metropolitana com o triângulo mineiro.

Sobre a região norte do estado, esta caracteriza-se por baixo desenvolvimento econômico, de vazio demográfico e de uma restringida rede urbana, na qual é bastante dispersa no território. A PEA agrícola é representada com até 1 salário em média, refletindo o problema que a falta de investimentos em infraestrutura nesta região causa. A seca, característica do semiárido mineiro, prejudica o desenvolvimento econômico e social da região, que em alguns casos, falta até água potável em algumas cidades.

Dessa forma, a região espera há anos um programa econômico regional, específico para aquela realidade ecológica e social, que crie mecanismos de adaptação, infraestrutura e de transformação econômica e principalmente social.

Assim, percebe-se que o estado de Minas Gerais apresenta uma ampla desigualdade regional, desigualdade em investimentos e políticas públicas em seu território, que repercute em diversos setores, como nos descritos aqui, na renda, da rede urbana, da densidade demográfica e na PEA agrícola.

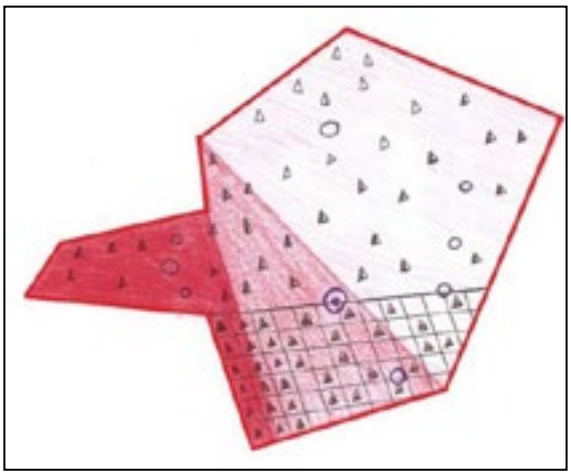


Figura 4. Superposição dos modelos elementares para o estado de Minas Gerais. Org.: Autores.

5. Considerações Finais

É importante relembrar que, a técnica de modelagem gráfica, apresentada nesse trabalho, foi apreendida durante as discussões e práticas da disciplina de *"Cartografia geográfica para análise e discurso geográfico*", oferecida pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da FCT/UNESP, onde compreendemos além de técnicas cartográficas, funções e elementos que envolvem a produção de um mapa.

Importante também destacar que este foi essencial para trabalharmos com bases teóricas, metodologias e instrumentais que possibilitem a compreensão do mapa como linguagem e instrumento de pesquisa e parte constituinte do discurso geográfico. Além disso, utilizamos textos que apresentaram uma leitura crítica da cartografia e do mapa baseada na teoria social e nas necessidades da prática cartográfica para o geógrafo.

Contudo, a partir de todo o conhecimento descrito, é essencial destacar o aprendizado que obtivemos no desenvolvimento de temas e técnicas cartográficas voltadas a complementar e auxiliar no trabalho do geógrafo, utilizando a cartografia como ferramenta para melhorar e ampliar as análises dos diferentes discursos propostos pela Geografia, e apresentamos a análise geográfica e a modelagem gráfica como uma ferramenta importante para apresentar elementos geográficos de um territórios e seus diversos fluxos existentes e concretizados no espaço geográfico.

Referências Bibliográficas

BERTIN, J. Semiology of graphics: diagrams, networks, maps. Princeton: Univesity of Wisconsin, 1983 [1962].

BLACK, J. Maps and politics. Chicago: The University of Chicago Press, 1997.

BRUNET, R. La composition des modeles dans l'analyse spatiale. L'espace géographique. n.4. Paris: Belin, 1980. p.253-265.

_____Cartogramme. In Brunet, R . Ferraz, R. Thery, H. Les Mots de La Géographie: dictionnaire critique. Montpellier-Paris: RECLUS – La Documentation Francaise, 1993, 3e edition, p.91.

_____. Des modèles en géographie? Sens d'une recherche. Bulletin de la Société de Géographie de Liège, 2000, n°2, p. 21-30.

_____. Comment je suis devenu géographe. In: Sylvain Allemand, Paris: Le Cavalier Bleu, 2007.

CRAMPTOM J. W.; KRYGIER, J. An introduction to critical cartography. ACME - An International Journal for Critical Geographies. v.04, n.1. Okanagan, 2006. p.12-33.

DUTENKEFER, E. Representações do espaço geográfico: mapas dasimétricos, anamorfose, e modelização gráfica. Dissertação (Geografia Humana), Universidade de São Paulo – USP, 2010. p. 154.

GIRARDI, E. P. Proposição teórico-metodológica de uma Cartografia Geográfica Crítica e sua aplicação no desenvolvimento do Atlas da Questão Agrária Brasileira. 2008. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

_____. Manual de utilização do programa Philcarto para Windows. 2007.

GRATALOUP, C. Chorème. In: LÉVY, Jacques; LUSSAULT, Michel (Org.). Dicitionnaire de la Géographie et de l´espace des sociétés. Paris: Belin, 2003.p. 154-155.

HARLEY, J. B. Deconstructing the map. Cartographica. v.26, n.2. Toronto: University of Toronto Press, 1989.

MACEACHREN A. M. Visualization in modern cartography: setting the agenda. In: MACHEACHREN, A. M.; TAYLOR, D. R. F. (orgs.). Visualization in modern cartography. Oxford: Pergamon, 1994, p.1-12.

MONMONIER, M. S. How to lie with maps. 2.ed. Chicago: The University of Chicago Press, 1991.

SANTOS, D. A reinvenção do espaço: diálogos em torno da construção do significado de uma categoria. São Paulo: Ed. da Unesp, 2002.

ROBBI, C. Sistema para Visualização de Informações Cartográficas para Planejamento Urbano. Tese de doutorado apresentada e defendida no Curso de Computação Aplicada, INPE. Março, 2000.

THÉRY, H. Modelização gráfica para análise regional: um método. Revista GEOUSP. n.15. São Paulo, 2004. p.179-188.

WANIEZ, P. Philcarto. Bordeaux: [s.n.], 2008.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARTOGRAFIA HISTÓRICA E SIG NA ANÁLISE DE MUDANÇAS NA PAISAGEM: ESTUDO DA REDE DE DRENAGEM NA ÁREA GÊNESE DA CIDADE DE PETRÓPOLIS/RJ

Kairo da Silva Santos [(a)], Fernando de Souza Antunes [(b)], Manoel do Couto Fernandes [(c)], Ursula Borges dos Santos Lima [(d)]

[(a)] Departamento de Geografia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, kairo.geo@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, fer.souza.antunes@gmail.com

[(c)] Departamento de Geografia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, manoelcoutofernandes@gmail.com

[(d)] Departamento de Geografia/ Universidade Federal do Rio de Janeiro, ursulaborrges@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem apliacada aos estudos ambientais

Resumo

A cartografia histórica torna-se cada vez mais importante na compreensão das transformações da paisagem, especialmente no meio urbano, onde diferentes registros históricos são utilizados. Esta pesquisa busca investigar o Plano Koeler, documento que orienta o planejamento urbano para o desenvolvimento da cidade de Petrópolis, tendo o Mapa Petrópolis (1846) como importante marco. O objetivo principal é identificar e comparar, a partir de registros históricos e atuais, as mudanças ocorridas nos três principais rios que cortam a área de gênese da cidade de Petrópolis-RJ. O trabalho utiliza material cartográfico georreferenciado e vetorizado para realizar diferentes mensurações, como a largura dos rios, no projeto inicial de ocupação da cidade. Os resultados mostram a supressão de quatro ilhas fluviais e a diminuição da sinuosidade dos rios. No rio Quitandinha foram registradas as maiores mudanças e o maior registro de inundações (97%), indicando que mudanças na rede de drenagem interferem na dinâmica das cheias.

Palavras chave: Dinâmica da Paisagem, Rede de Drenagem, SIG Histórico, Enchentes, Planta Koeler

1. Introdução

A dinâmica é um componente de grande importância na análise da paisagem (Turner, 1989) e, portanto, estudá-la cria a possibilidade de entender como certos processos evoluem com o tempo. Um exemplo clássico é citado por Dunne e Leopold (1978), que demonstram o

aumento da ocorrência de cheias em bacias de drenagem após a alteração da cobertura e uso da terra, bem como das formas da rede de drenagem.

Atualmente, há uma série de trabalhos acadêmicos que utilizam metodologias apoiadas nas geotecnologias que permitem analisar a dinâmica da rede de drenagem de uma paisagem, seja esta natural ou construída. No entanto, quando se procura analisar essas mudanças em uma série histórica, essa bibliografia e metodologias são mais raras. Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica da rede de drenagem da área gênese da cidade de Petrópolis-RJ, comparando o recente arranjo espacial da rede de drenagem com o arranjo espacial desta mesma rede no século XIX (Para mais informações, ver Antunes, 20017; Sá Earp, 1996; Souza, 2013; Paula Buarque, 1940).

A cidade de Petrópolis está localizada na Região Serrana do estado do Rio de Janeiro. Petrópolis tem, em sua história, peculiaridades que a torna uma importante área de estudo, sendo criada por Decreto Imperial e definida por um mapa: o Mapa de Petrópolis (1846) - também conhecido como Planta Koeler - que serviu de base para o plano de ocupação da então futura colônia agrícola, tendo imigrantes alemães como principal mão de obra.

Nas projeções delineadas no Mapa de Petrópolis (1846), a retilinização dos três principais rios que atravessam a cidade foi proposta como caminho facilitador da ocupação do área. Assim, os rios (Piabanha, Palatino e Quitandinha) sofrem modificações em seus cursos desde o surgimento da cidade e juntamente com a ocupação do solo, modificando aspectos de sua cobertura, contribuiram para alteração da dinâmica das bacias hidrográficas da área. Estudar as alterações ocorridas nesse período de tempo é tarefa fundamental para compreender o problema de enchentes que assola a cidade desde sua gênese.

As questões fundamentais da pesquisa são: Os canais da rede de drenagem da área gênese de Petrópolis foram modificados em largura e sinuosidade? As enchentes registradas estão em áreas de maior modificação dos canais e da cobertura da terra?

ISBN: 978-85-7282-778-2

Visando as respostas para as questões supracitadas, a metodologia de trabalho utiliza uma abordagem que integra o uso de SIG (Sistema de Informações Geográficas) Histórico, mensuração de parametros de fisiograficos da rede de drenagem e a utilização de imagens de satelites para mapeamento da cobertura do solo.

2. Materiais e Métodos

Na primeira fase da pesquisa foram trabalhados de forma separada a Planta Koeler, a base cartográfica digital de Petrópolis e a imagem de Worldview 2. Diretamente na Planta Koeler, em sua versão restaurada, foi realizado o processo de georreferenciamento. Esse processo levou em conta a coleta de 30 pontos de controle junto à base cartográfica digital, os quais deveriam, necessariamente, ser encontrados no mapa histórico. Foi realizado o cálculo do Padrão de Exatidão Cartográfico, segundo os valores de referência que constam no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 (BRASIL, 1984). Dos resultados obtidos, o georreferenciamento da Planta Koeler enquadrou-a como pertencendo à Classe A na escala de 1:50.000, o que lhe confere erros de posicionamento menores que 25 metros. Desta forma, a base cartográfica na escala 1:10.000 foi crucial para obtenção das coordenadas de feições conhecidas e, assim, associá-las as mesmas feições na planta histórica.

A fim de realizar o mapeamento de cobertura da terra e quantificar o nível de edificação na área das bacias de drenagem, foi utilizada uma imagem do sensor MultiSpectral Instrument (MSI), da missão Sentinel-2 de 01/09/2018, adquirida no site Earth Explorer, da USGS. Foram utilizadas as bandas 2, 3, 4 e 8 do sensor (azul, verde, vermelhor e NIR, respectivamente), com resolução espacial de 10 metros cada banda.

2.2 Manipulação e estruturação dos dados

Na segunda fase, a Planta Koeler foi submetida ao processo de vetorização das feições referentes à hidrografia. Todos os cursos d'água foram vetorizados no programa ArcMap 10.4.1, porém apenas os três canais principais foram trabalhados na etapa posterior. As informações contidas no arquivo vetorial em formato *shapefile* foram: nome da feição,

comprimento, extremo e o índice de sinuosidade. Estas informações guardam a identificação do curso d'água através de seu nome oficial e informações de mensuração dos mesmos.

Para utilização da imagem, foi feita a correção atmosférica das bandas 2, 3, 4 e 8 no software QGIS, a partir do Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) e, então, a comparação das assinaturas espectrais de diversos alvos na imagem, a fim de garantir e avaliar visualmente o resultado obtido na correção atmosférica das bandas utilizadas.

2.3 Construção do modelo de análise

Com o objetivo de identificar as modificações ocorridas ao longo do curso dos rios Piabanha, Quitandinha e Palatino, foram utilizadas a mensuração da largura e do índice de sinuosidade dos canais. A largura foi mensurada através da distância euclidiana entre as duas margens, associando um valor constante da largura para todo o canal. Para cada margem foi gerado um arquivo matricial, onde o valor do pixel correspondia a distância em relação a margem. Para obter a distância constante entre as duas margens foi necessário realizar uma operação de soma dos dois arquivos, recortando os valores para dentro das duas margens.

Por sua vez, a análise da sinuosidade dos rios levou em conta a dinâmica da fisionomia dos canais principais da área de estudo. A fisionomia dos canais pode ser considerada como retilínea, anastomosada, entrelaçada e meândrica, formando o padrão dos canais (IBGE, 2009). Anteriormente, Christofoletti (1981) apresenta que a distinção entre canais retos, sinuosos, meândricos e tortuosos reflete-se na utilização de critérios qualitativos e nominais. No que se refere a utilização de critério quantitativos, chama a atenção para problemas que envolvem a adoção de valores limitantes, como na proposição de Leopold and Wolman (1957) e Leopold, Wolman e Miller (1964), indicando que o índice de sinuosidade justifica-se diante de contrapor mais um elemento caracterizante do tipo de canal encontrado nas três bacias hidrográficas. O índice de sinuosidade é obtido "*dividindo-se o comprimento do canal a em determinado trecho pelo comprimento desse trecho medido ao longo do vale*" (CHRISTOFOLETTI, 1981, p.150). A fórmula descrita pode ser equacionada como $Is = \frac{Cc}{Cv}$.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Onde, Cc é o comprimento do canal principal e Cv a distância vetorial entre o ponto inicial e o final do canal no trecho considerado. Os valores encontrados para os três canais principais foram enquadrados na classificação de Leopold e Wolman (1957): para índices menores que 1,5, o canal foi considerado retilíneo e, para aquelas com valor igual ou superior a 1,5, foi atribuído a classificação de meândrico. A partir da mensuração destes dois parâmetros, tanto na planta histórica, quanto na base cartográfica atual, o objetivo é avaliar modificações ocorridas ao longo dos trechos dos canais analisados.

2.4. Cobertura da terra e nível de edificação

A fim tornar as análises da alteração da paisagem urbana de Petrópolis mais robustas, foi realizado um mapeamento de cobertura da terra buscando encontrar as classes "vegetação" e "não-vegetação". A classificação foi feita no software livre InterIMAGE. O InterIMAGE classifica imagens de satélites utilizando GEOBIA, que favoreceu a classificação da imagem, evitando o efeito "*salt-and-pepper*". Após a classificação, foram calculadas as áreas das duas classes, permitindo que fosse analisado os níveis de mudança na paisagem das bacias hidrográficas.

A utilização de um mapa de cobertura da terra na análise da rede de drenagem tem como objetivo embasar as análises da sinuosidade da rede de drenagem na área gênese de Petrópolis. Assim, o nível de alteração da cobertura da terra pode ajudar a entender de que maneira as alterações na paisagem podem influenciar as enchentes que ocorrem na área de estudo.

3. Resultados e Discussões

Os resultados da pesquisa podem ser divididos em duas partes e contribuem para corroborar a importância da Cartografia Histórica como ferramenta de análise da paisagem integrada com o SIG. A primeira parte trata diretamente da largura dos canais e de sua sinuosidade, mensurados na planta histórica e na base cartográfica atual; a segunda parte, por sua vez, apresenta dados mais recentes, mas que seguem na direção de subsidiar o impacto das

ISBN: 978-85-7282-778-2

transformações da paisagem em problemas recorrentes de enchentes nas bacias do rios Piabanha, Quitandinha e Palatino.

3.1 As fisionomias dos canais: índice de sinuosidade

A aplicação da metodologia descrita anteriormente possibilitou a apresentação dos resultados sobre comprimento dos canais, extensão vetorial entre os extremos do trecho e índices de sinuosidade, nas duas bases utilizadas. A tabela I apresenta os valores obtidos paras os cursos principais de cada um dos canais analisados.

Tabela I. Cálculo do índice de sinuosidade, a partir da mensuração dos rios.

Métricas / **Canal**	Quitandinha (Planta Koeler)	Quitandinha (Base 1999)	Palatino (Planta Koeler)	Palatino (Base 1999)	Piabanha (Planta Koeler)	Piabanha (Base 1999)
Comprimento (m)	7.672,24	7.474,25	4.828,78	4.805,87	7.327,10	7.373,08
Extensão (m)	5.036,84	5.025,19	2.813,89	2.859,13	4.712,09	4.711,25
Índice de Sinuosidade	1.523	1.487	1.716	1.680	1.555	1.564

O rio Quitandinha foi o que apresentou maior variação no índice de sinuosidade calculado, comparando a Planta Koeler e a Base Cartográfica do ano de 1999. Em relação ao ano de 1846, o índice de sinuosidade diminuiu de 1.523 para 1.487, o que mostra maior retilinização do trecho do canal. Essa diminuição é reflexo da modificação dos valores de comprimento do trecho do canal (Cc), que chegou ao valor de 197,99 metros e do comprimento vetorial (Cv), bem menor, por volta de 11,65 metros. Juntamente com os demais resultados obtidos, este é um importante indício que auxilia na compreensão dos problemas com enchentes na região. Para os valores obtido para o Rio Palatino, o comprimento (Cc) modificou-se em 22,91 metros e aumentou em 45,24 para o comprimento vetorial (Cv). A diferença considerável no comprimento vetorial pode ser fruto do posicionamento da planta em um sistema de coordenadas conhecido. Por último, o Rio Piabanha foi o que apresentou menores variações no índice de sinuosidade (+0.575). Os valores de comprimento do trecho (Cc) de canal aumentaram em 43,98 metros e o comprimento vetorial teve uma pequena variação na distância vetorial (Cv) em -0.84 metros.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os resultados sobre os índices de sinuosidade mostram que para os três canais principais houve alterações em diferentes proporções. É necessário levar em consideração que a Planta Koeler tem erros de posicionamento e precisão associados a sua elaboração e manipulação em ambiente SIG. Assim, no que se refere à mensuração quantitativa, as variações podem ser maiores ou menores que os valores apresentados. No que se refere aos aspectos qualitativos, é possível notar variações na sinuosidade dos rios a partir de uma comparação.

3.2 As fisionomias dos canais: largura dos canais

A largura dos canais foi mensurada utilizando a mensuração por distância euclidiana e, desta forma, optou-se por apresentar os valores máximos, mínimos e médios em cada um dos cenários apresentados. A tabela II apresenta os resultados.

Tabela II. Valores observados na largura dos trechos dos canais analisados

Métricas / **Canal**	Quitandinha (Planta Koeler)	Quitandinha (Base 1999)	Palatino (Planta Koeler)	Palatino (Base 1999)	Piabanha (Planta Koeler)	Piabanha (Base 1999)
Largura Máxima (m)	33.92	14.08	22.48	12.90	29.5	17.12
Largura Mínima (m)	4.27	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50
Largura Média (m)	9.88	8.27	0.00	7.24	0.50	9.37

As maiores variações encontradas na largura máxima do canal estão no Rio Quitandinha, com diferenças por ordem de 19.84 metros. Ao longo do trecho do canal, comparando os dois documentos utilizados, é possível perceber a supressão de feições que, como já relatou Fernandes et al (2017), são ilhas fluviais. Um aspecto importante é que o valor médio de largura do canal sofreu uma pequena variação, cerca de 1.61 metro. Pode-se dizer que as variações de largura mais bruscas ocorreram de forma pontual e concentradas em alguns trechos do Rio Quitandinha. Os rios Piabanha e Palatino apresentaram valores 0 para largura mínima, o que se apresenta como algum ponto de inconsistência na fórmula de distância euclidiana utilizada. Assim sendo, não será contabilizada para fins de variação a sua largura mínima encontrada. O rio Piabanha apresenta a maior variação da largura média entre todos (7.04 metros) e o Palatino a menor (1.13); em relação a variação da largura máxima, esta ficou com valores de 12.38 9.58m, respectivamente.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Quando confronta-se os dados de índice de sinuosidade e da largura dos trechos dos canais, alguns pontos chamam atenção para o comportamento de cada um deles. O rio Quitandinha apresentou diminuição do seu comprimento, redução no índice de sinuosidade (impactado principalmente por essa diminuição) e grandes valores de diferença nas larguras máximas medidas nas duas datas. Isto possibilita dizer que o rio teve uma maior retilinização e estreitamento do leito fluvial. O rio Palatino apresentou padrão similar, onde houve uma redução do comprimento do canal e redução do índice de sinuosidade, mas com redução pouco significativa da largura máxima e da largura média. Enquadra-se na mesma perspectiva de maior retilinização e estreitamento do leito. Por último, o rio Piabanha apresentou os menores variações no índice de sinuosidade, podendo-se dizer que houve certa manutenção da mesma; por outro lado, registrou redução considerável da largura média do canal. Desta forma, é possível inferir que o rio sofreu poucas alterações em sua sinuosidade, mas teve redução do leito fluvial no decorrer do período considerado.

3.3 Mapeamento de cobertura da terra

O mapeamento de cobertura da terra tem como objetivo calcular a cobertura para a área das bacias. A partir do cálculo das áreas das classes em cada bacia, foi observado o nível de edificação para cada uma delas. O nível de edificação pode ser entendido como o percentual de área antrópica, ou seja, coberturas de não vegetação. Na tabela III encontram-se as bacias hidrográficas e seus respectivos percentuais de edificação.

Tabela III. Nível de mudanças nas bacias hidrográficas

Bacia Hidrográfica	Vegetação (km²)	Não-vegetação (km²)	Total (km²)	Nível de Mudança (%)
Quitandinha	5.72	7.52	13.24	56.78
Palatino	6.60	3.48	10.08	34.51
Piabanha	16.77	7.76	24.53	31.62

Analisando a tabela III, percebe-se que a bacia hidrográfica do rio Quitandinha tem o maior nível de mudança de cobertura da terra. Esse resultado vai ao encontro dos valores referentes à sinuosidade dos rios, apresentados na tabela I. Observa-se, portanto, que o rio que apresenta menor sinuosidade (Quitandinha), pertence à bacia hidrográfica de maior nível de

ISBN: 978-85-7282-778-2

mudança (Quitandinha). Este padrão se repete nos outros rios e bacias analisados; assim, o rio Palatino tem o segundo menor índice de sinuosidade e o segundo maior nível de mudança na paisagem; seguido do rio Piabanha, que apresenta o maior índice de sinuosidade e menor nível de mudança da paisagem, nas bacias analisadas.

Ao sobrepor a cobertura da terra com as localidades que apresentam o maior número de enchentes (figura 1), é possível visualizar que a bacia hidrográfica com menor área vegetada é a que apresenta maior número de enchentes.

A área gênese de Petrópolis desenvolveu-se entre morros e são, principalmente nesses morros, que se concentram as áreas vegetadas. Com a alta declividade dos morros, os fundos de vale foram então densamente urbanizados, pressionando os canais fluviais, que tiveram seus cursos alterados para se adequar às edificações fabris que se adensavam em Petrópolis, bem como à crescente demanda por edificações residenciais (ANTUNES, 2017; AMBROZIO, 2008). Assim, analisando o mapa da figura 1, observa-se que a área de maior concentração de enchentes está exatamente entre duas formações geomorfológicas declivosas, que exigiu grande alteração no canal principal do rio, retilinizando-o e fazendo com que a dinâmica fluvial se alterasse, podendo causar grande número de enchentes.

ISBN: 978-85-7282-778-2

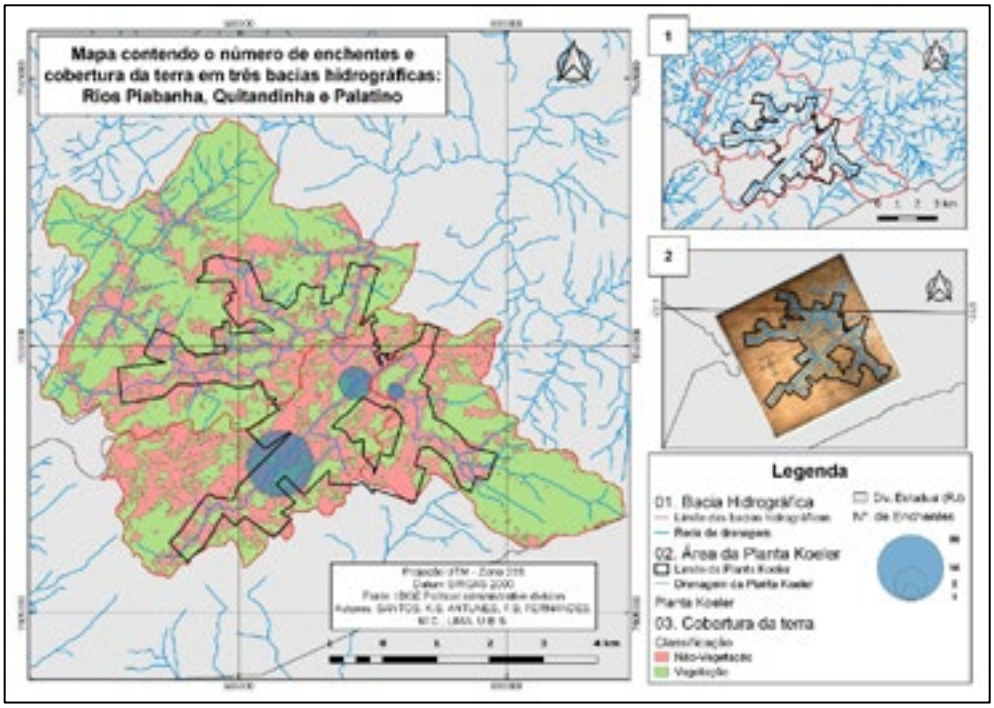


Figura 1. Mapa que apresenta a área das bacias hidrográficas e da Planta Koeler (1), o georreferenciamento do mapa histórico (2) e a sobreposição das enchentes com o mapa de cobertura da terra.

4. Conclusões

A Cartografia Histórica vem crescendo em participação nos estudos para compreensão das dinâmicas da paisagem e na investigação de fenômenos de diferentes naturezas.

No que se refere às pesquisas em Geografia, a análise da dinâmica da paisagem é uma abordagem consolidada a mais tempo. Desta forma, a Cartografia Histórica tem um enorme potencial na contribuição deste tipo de abordagem, ressaltando diferentes aspectos da pesquisa. Como apresentado, a utilização do documento histórico (Planta Koeler, 1846), possibilitou a obtenção de um conjunto de dados sobre a área de estudo. A partir diferentes técnicas em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas - SIG - foi possível extrair, armazenar, manipular e analisar a dinâmica dos trechos dos canais da área de estudo, objetivando compreender aspectos que modificaram-se ao longo do tempo.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A metodologia empregada permitiu apresentar como um conjunto de fatores contribuem para a problemática das enchentes na área gênese da cidade de Petrópolis, possuindo não só raízes em ações atuais, mas também históricas. O cálculo do índice de sinuosidade e de largura do leito fluvial dos rios permitiu comparar e analisar a fisionomia dos canais ao longo do período considerado.

Em respota a primeira questão colocada, a sinuosidade do canais decresceu, indicando uma maior retilinização dos trechos dos canais. A largura do leito fluvial também é outro aspecto mensurado que contribui no entendimento do número de enchentes em certos trechos. Todos os trechos investigados sofreram estreitamento com diferentes dimensões e em algumas localidades onde eram observadas ilhas fluviais, foi possível mapear que as mesmas foram suprimidas.

Aliado ao primeiro conjunto de análises (sinuosidade e largura dos canais), a classificação de cobertura da terra e os dados obtidos em estações pluviométricas instaladas nos canais permitiram interpretar que o número de enchentes nos rios considerados deve-se a diferentes fatores associados.

Foi possível apontar indícios de que o trecho de canal do rio Quitandinha, que sofreu maior alteração de sinuosidade e largura, perda das ilhas fluviais e maior devastação da área florestada, é aquele que registra o maior número de enchentes. Em direção oposta, o trecho do canal do rio Piabanha registra o menor número de enchentes e conta com as menores alterações no índice de sinuosidade e largura dos rios, assim como da área florestada da bacia hidrográfica. Isto demonstra que, em respota a segunda questão levantada, as enchetes ocorrem em área de maior modificação da fisionomia dos canais e da cobertura da terra.

Diante do exposto, pode-se concluir que o trabalho conseguiu mostrar a participação de diferentes fatores de modificação da paisagem, que ajudam a acarretar enchentes na área gênese de Petrópolis. Com auxílio de mapas históricos e outras análises em SIG, foi possível

ISBN: 978-85-7282-778-2

apontar para indícios de correlação entre as modificações de fisionomia dos canais e da cobertura da terra com as enchentes registradas.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

5. Referências Bibliográficas

AMBROZIO, J. C. G. **O Presente e o Passado no Processo Urbano da Cidade de Petrópolis (Uma História Territorial)**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2008.

ANTUNES, F. S. **Geotecnologias e cartografia histórica no auxílio à análise da organização espacial da área gênese de Petrópolis - RJ**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Decreto n. 89.817, de 20 de jun. de 1984. **Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Diário Oficial da União, Seção 1, 22/6/1984, 1984, Página 8884.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. Edgard Blucher. São Paulo, 1981.

_____'. (1980). **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

DUNNE, T. AND LEOPOLD, L. B. **Water in Environmental Planning**. W. H. Freeman. New York, 1978.

LEOPOLD, L.B. AND WOLMAN, M.G**. River Channel Patterns, Braided, Meandering and Straight**. U.S. Geol. Surv. Paper. 1957, 282-B.

LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. AND MILLER, J.P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. Freeman, San Francisco, 1964, 522 p.

FERNANDES, M.C., LAETA, T., SANTOS, D.F. AND MENEZES, P.M.L. Cartographic Memory Preservation of the Petrópolis City in Brazil: Koeler Map Scanning Using Photographic Survey. In: **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**.1 ed.: Springer International Publishing, 2017, p. 3-19.

IBGE - Fundação IBGE. **Manual técnico de geomorfologia. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. Série Manuais Técnicos em Geociências n.5. IBGE. Rio de Janeiro, 2009.

PAULA BUARQUE, A**. História e Historiographos da Cidade de Petrópolis**. Rio de Janeiro: O Livro Vermelho dos Telefones, 1940.

SÁ EARP, F**. Um pouco além de Thomas Kuhn. Da história do pensamento econômico à história das idéias econômicas**. Revista de Economia Política, 16(1), jan/dez, 1996.

SOUZA, B.C.P. **A Toponímia como uma forma de resgatar a memória do lugar**. Anais do V Simpósio Luso-Brasileiro de Cartografia Histórica, Petrópolis, 2013.

TORRES, F. T. P., NETO, R. M. AND MENEZES, S. O. **Introdução à Geomorfologia**. Cengage Learning. São Paulo, 2012.

TURNER, M. G. **Landscape Ecology: The effect of Pattern on Process**. Annual Review of Ecology, 20(1), 1989, 171–197 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CLASSIFICAÇÃO DOS DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS DO ESTADO DO PARÁ COM BASE EM IMAGENS SRTM.

Lucas Matheus Gomes Lima [(a)], Luziane Mesquita da Luz [(b)]

[(a)] LAGEOF, FGC, Universidade Federal do Pará, E-mail: lucmat120@gmail.com

[(b)] LAGEO/FGC, Universidade Federal do Pará, E-mail: luzianeluz36@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicadas aos estudos ambientais

Resumo

O trabalho apresentado aborda as características geomorfológicas e litológicas do Estado do Pará correspondente ao primeiro táxon, com base em informações dos limites administrativos obtidos da base de dados do IBGE, e MDE extraídos de imagens SRTM 1:250.000 obtidas do INPE/TOPODATA produto derivado do programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), programa de cooperação tecnológica entre Brasil e China acordado em 1988. O trabalho tem como objetivo disponibilizar ferramentas de análise para que se possa atribuir um melhor entendimento das unidades morfoestruturais do Estado do Pará.

Palavras chave: ***Palavras-chave:*** *Mapa geomorfológico do Pará, litologia do Pará, planejamento ambiental e urbano do Pará.*

Introdução

O estado do Pará situado ao Norte do brasil apresenta características geológicas e geomorfológicas bastante expressivas e dinâmica aos olhos dos geógrafos, geólogos, ambientalistas e biólogos, esse presente estudo tem como objeto, fazer uma análise geral da morfoestrutura denominada de 1º Táxon, definida por Jurandyr Ross.

A morfoestrutura definem situações estáticas, que são produtos das ações dos processos endógenos e exógenos os quais são produtos da ação climática sobre determinada unidade, quem compreende como o táxon maior definido por um padrão de formas de grandes extensões territoriais em que a ação de diferentes tipos climáticos sobre essas estruturas dão origem as unidades morfoesculturais que por sua vez são resultado das ações climáticas do presente e do passado, refletindo a diversidade da resistência litológica da morfoestrutura, (ROSS, 1990).[1]

Todos esses processos são importantes a serem estudados, pois o estudo da geomorfologia é um fator importante na vida do homem a qual está diretamente associado ao cotidiano, onde abrange desde a construção de sua moradia à grandes obras.

Os métodos de sensoriamento remoto são tributários de todos os avanços no campo da aerofotogrametria e fotointerpretação, de outro lado, seu progresso se deve muito à pesquisa espacial e os avanços tecnológicos, e na possibilidade de obter informações sobre a superfície terrestre a partir não mais de aviões, mas sim de satélites, esse foi o grande salto tecnológico porque induziu avanços em vários campos do conhecimento (EVLYN. M,2008) [2].

Dentre as contribuições para as pesquisas espaciais nos

diversos setores, para o ramo da geologia foi de total importância, pois essa ferramenta possibilitou um estudo com dimensões e escalas distintas, principalmente com o avanço tecnológico e aprimoração de equipamentos de radar e equipamentos ópticos. No Brasil o programa CBERS fruto de um acordo tecnológico entre o Brasil e a China assinado em 6 de junho de 1988, onde houve parceria envolvendo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas

ISBN: 978-85-7282-778-2

Espaciais) e a CAST (Academia Chinesa de Tecnologia Espacial) foi importante para possibilitar os estudos na região amazônica em relação a sua dinâmica geológica e geomorfológica através de imagens SRTM, no presente trabalho utilizou-se dessas ferramentas para mapear as unidades de relevo morfoestruturais, correspondente ao primeiro táxon, caracterizando-se por ser o táxon maior, ou seja, a morfoestrutura da bacia sedimentar, que por suas características definem uma determinado padrão de formas grandes do relevo (ROSS, 1990)[1].

Materiais e Métodos.

O presente trabalho dividiu-se em 6 etapas. 1) levantamento bibliográfico; utilizou- se como base teórica a classificação utilizada por (ROSS,1990), na qual executou- se como objeto de estudo, a classificação de unidade de revelo, dada por ele como primeiro táxon.

2) Definição do DATUM, no qual utilizou-se o SIRGAS 2000, projeção Policônica.

3) Download dos arquivos do banco de dados do IBGE, em que foram obtidos dados vetoriais das unidades federativas e dados geológicos. As imagens SRTM na escala de 1:250.000 foram obtidas do banco de dados do TOPODATA/INPE imageadas pelo satélite CBERS-1 e 2 do programa CBERS (*China-Brazil Earth ResourcesSatellite*) acordado em 1988, cujo objetivo é o desenvolvimento e a operação em órbita de satélites de sensoriamento remoto (INPE,2017).

4) A escolha do Software SIG utilizado, Qgis v.2.18.21 na qual foi realizado o mosaico de 92 cenas para recobrir o Estado do Pará na qual foi feita a correção das imagens SRTM com correção de pixels com valores de dados = 0 ou menor que 0, utilizando a calculadora Raster[3] da extensão SAGA com a seguinte expressão: **ifelse(a<0, 1, a)** em que se "a" for menor que 0 substitui por valor "1" (a<0, 1). E se a>0 mantém o valor de "a". Foram feitas projeções para o SIRGAS 2000, em seguida foram extraídos o MDE (modelo digital de elevação).

5) O cálculo das áreas foram feitas através da calculadora da tabela de atributos através da formula ($área/1000000) em que $área= geometria dividida por 1000000 o resultado é em m².

O gráfico gerado (figura 2) foi feito a partir do cálculo da área em m² existente na tabela de atributos utilizando o Excel utilizando uma regra de três com os valores de cada unidade já pré-existente na tabela de atributos dos vetores, em que utilizou- se uma classificação categorizada via tabela de atributos do *shapefile*, e sobreposto o MDE com transparência 40% e modo de mistura = multiplicar dando ao produto final o aspecto de relevo 3D, o uso das cores foram definidas de acordo com o manual técnico de geologia (IBGE, 1998)[3]. As áreas foram calculadas através da calculadora da tabela de atributos.

Resultados

Diante dos resultados obtidos através de técnicas de geoprocessamento de imagens e uso do Sistema de Informação Geográfica como ferramenta, tornam-se evidentes no mapa (figura 1), quatro unidades morfoestruturais, respectivamente foram mapeadas tais como sedimentos inconsolidados do quaternário, bacias sedimentares fanerozóicas, embasamentos cristalinos e faixas de dobramentos proterozóicas. Essas unidades compreendem a maior unidade taxonômica com grandes evidências de controles estruturais e litológicos e as variações climáticas do passado e do presente (ROSS, 1990). Atrelada a essas informações o modelo digital de elevação, dando um aspecto 3D ao relevo, que salienta cada vez mais as informações e evidenciam como se dá a dinâmica erosiva dessas áreas.

Discussões

Os Domínios Morfoestruturais compreendem os maiores táxons na compartimentação do relevo. Ocorrem em escala regional e organizam os fatos geomorfológicos segundo o

arcabouço geológico marcado pela natureza das rochas e pela tectônica que atua sobre elas. São exemplos de Domínios Morfoestruturais: bacias sedimentares, cinturões móveis remobilizados, plataformas ou crátons, de idades geológicas distintas. No Estado do Pará foram classificados os seguintes domínios morfoestruturais: Sedimentos inconsolidados do Quaternário, Bacias sedimentares Fanerozóicas, Embasamento Cristalino e Faixas de Dobramento do Proterozóico (FURTADO e PONTE, 2013)[4].

Embasamento Cristalino – No Estado do Pará o embasamento cobre 55% cerca de 670.000 Km² (figura 2). O embasamento é formado por rochas metamórficas e granitóides associados e incluindo como cobertura rochas sedimentares de idade arqueana e proterozóica. O embasamento exibe formas de relevo variadas tais como colinas, depressões, planaltos dissecados, serras e chapadas.

Faixas de Dobramento do Proterozóico- são elaborados em terrenos dobrados e falhados e alinhamentos serranos como a Serra do Cubencraquem, Serra dos Carajás e Serra do Cachimbo, constituídas por rochas metamórficas e granitóides muito antigas, no estado do Pará cobrem 10% cerca de 125.140 Km², (figura 2).

Bacias Sedimentares Fanerozóicas - as bacias sedimentares cobrem 26% cerca de 312.937 Km², (figura 2). no Estado do Pará, são formadas pelas bacias do médio e baixo amazonas e bacia do Marajó e apresentam rochas de idades paleozóicas, mesozóicas e cenozóicas. As estruturas sedimentares exibem uma vasta extensão de planaltos sedimentares como os planaltos rebaixados da Amazônia.

Sedimentos Inconsolidados do Quaternário. Esse domínio cobre 9% cerca de 109.619 Km², (figura 2). São formados pelas áreas de acumulação representadas pelas planícies e terraços de baixa declividade e, litoral de rias do Pará constituído por ambientes fluviais, marinhos, fluviomarinhos, lagunares e/ou eólicos, que ocorrem no litoral e no vale amazônico.

Nesse âmbito a importância dos programas espaciais, como SRTM foram de total

importância nos estudos geomorfológicos pois possibilitaram a ampliação dessas análises em relação a escala, no que antes, eram feitas localmente tornando a ser de nível regional, e continental, sendo assim dispondo de uma variedade de técnicas, equipamentos e métodos para o estudo do relevo e seus aspectos morfológicos em que agora são combinados técnicas tradicionais como trabalhos de campo e técnicas atuais como o uso em laboratório de imagens SRTM e ferramentas SIG's.

Porém, torna-se essencial ser criterioso, nas escolhas dos dados a serem trabalhados, para gerar um produto de boa qualidade, e de um tratamento dessas imagens bastante cautelosas nos *softwere's*SIG's.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figuras e Tabelas

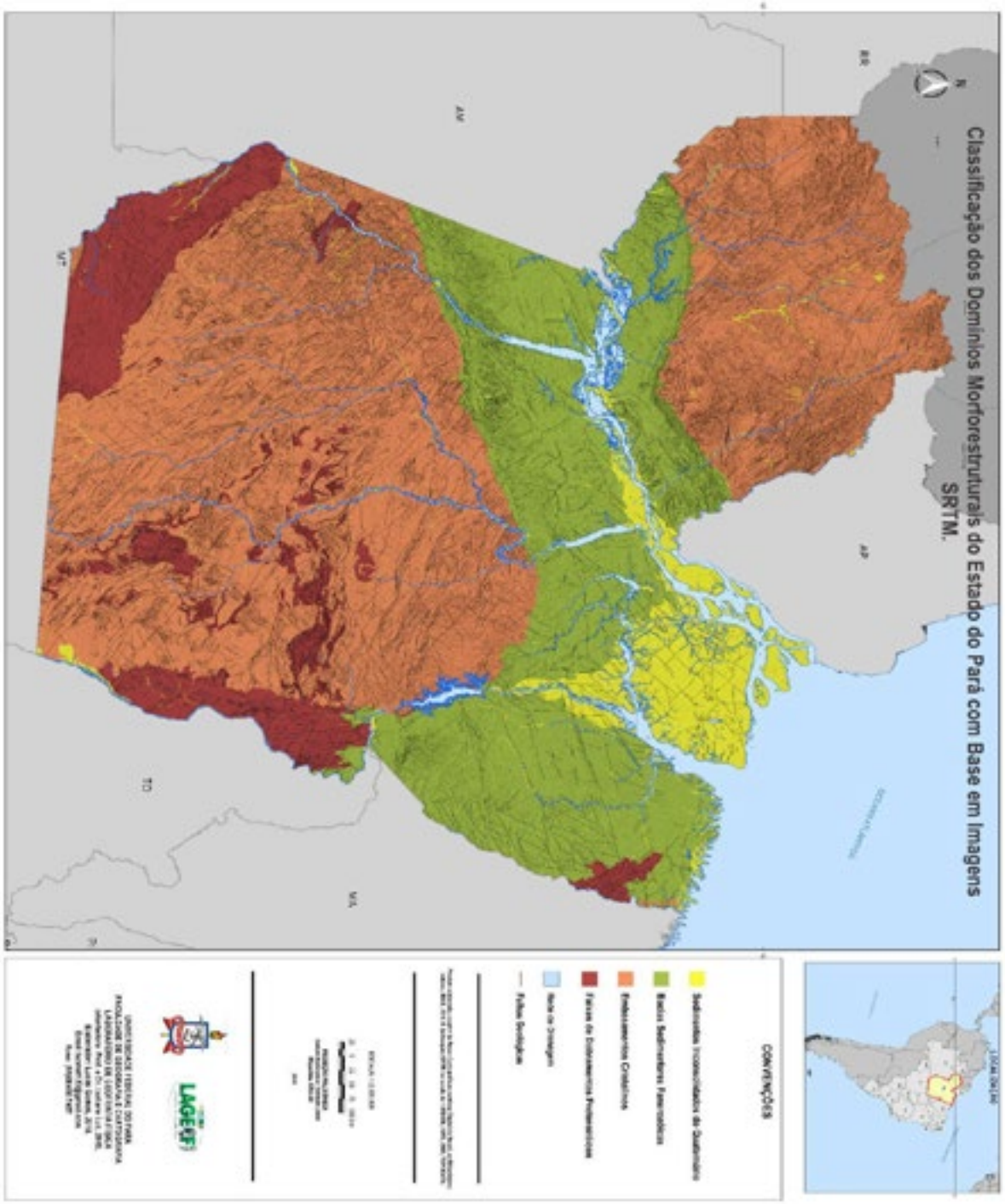


Figura 1 – Mapa Morfoestrutural do Estado do Pará. Org: GOMES, L; LUZ, L (2018).

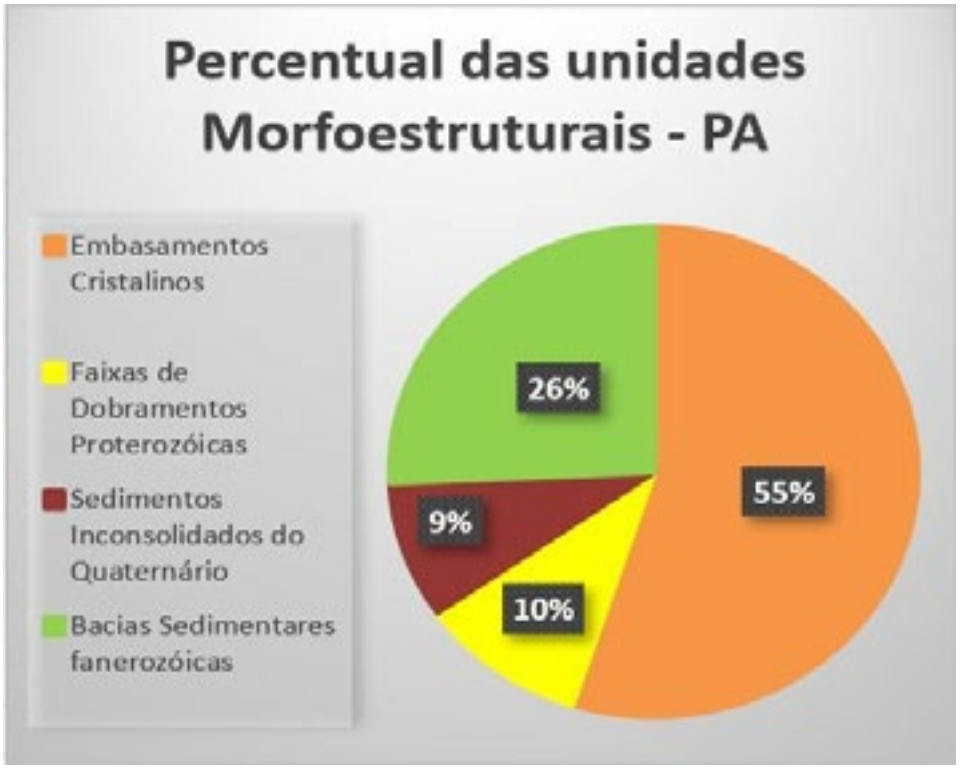


Figura 2 – gráfico de pizza da porcentagem do recobrimento de cada unidade morfoestrutural do estado do Pará.Org: GOMES, L; LUZ, L (2018).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Referências Bibliográficas

Ana Maria Medeiros FURTADO & Franciney Carvalho da PONTE. Revista GeoAmazônia, Belém, v. 02, n. 2, p. 56 - 67, jul./dez. 2013.

CNPq. Do projeto de Produtividade em Pesquisa" Desenvolvimento de aplicações de dados topográficos SRTM", INPE, nº 307530/2008-6(NV). pp. 40-55. 2004.

Evlyn M. L de Moraes Novo. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. Edgar Bluncher, São Paulo. pp. 6. 2008.

IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. (Manuais técnicos em geociências ISSN 0103-9598; n 6. IBGE, Rio de Janeiro, 1998. pp. 243-247.

Ross, J. O REGISTRO CARTOGRÁFICO DOS FATOS GEOMORFOLÓGICOS E A QUESTÃO DA TAXONOMIA DO RELEVO. *ISSN* 2236-2878. V.6, pp. 17-29. 2011.

Raimundo Almeida-Filho & Delano M. Ibanez. Interpretação morfoestrutural com dados SRTM no auxílio à exploração petrolífera: um exemplo na bacia sedimentar do Amazonas. ISSN 0102-261X Rev. Bras. Geof. v.28 n.1 São Paulo Jan./Mar. 2010.

Teresa Gallotti Florenzano. Geomorfologia: conceitos e tecnologias. Oficina de Textos, São Paulo. v1. pp. 36-65. 2008.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DESMATAMENTO DE VEGETAÇÃO REMANESCENTE DE CERRADO NA MICRORREGIÃO DO VÃO DO PARANÃ (GO) ENTRE DE 2017 E 2018

Guilherme Marques de Lima [(a)], Matheus Bleza Santos [(b)]

[(a)] Geógrafo (autônomo), Email: guilhermelhp.lima@gmail.com
[(b)] Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física/Instituto de Estudos Sócioambientais/Universidade Federal de Goiás, Email: matheus.blesa@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A microrregião do Vão do Paranã, no nordeste de Goiás, possui as maiores taxas de remanescentes de vegetação primitiva de cerrado. Apesar disso, a região sofre com o desmatamento e ações antrópicas, comprometendo a qualidade e integridade ambiental desta microrregião. Sendo assim, objetivo deste trabalho é quantificar taxa de desmatamento de remanescentes de Cerrado no Vão do Paranã entre os anos de 2017 e 2018, comparando os resultados com os dados de uso e ocupação do solo da região no ano de 2016. Os dados foram obtidos com imagens de satélite, organizados e tratados nos softwares QGis, 2.18, SPRING 5.1 e ArcMap 10.3. Constatou-se que a taxa de desmatamento foi baixa e com valores diferentes entre as fisionomias de Cerrado. Tal comportamento ocorreu pelas características da vegetação e das variabilidades ambientais das áreas de ocorrência das fisionomias, como forma, estrutura e distribuição da vegetação, características do solo e do relevo.

Palavras chave: Desmatamento, remanescente de Cerrado, Vão do Paranã.

1. Introdução

A ação humana é responsável pelo Cerrado ser a ecorregião do país com as maiores taxas de conversão de ambientes naturais, e uma das áreas mais ameaçadas do mundo (MITTERMEIER *et al.,*2000; MYERS *et al.,* 2000).

A microrregião do Vão do Paranã, localizada no nordeste goiano, possui as maiores taxas de remanescentes de vegetação primitiva de Cerrado, integra a região que abriga uma das áreas com maior biodiversidade existente no país (FERREIRA JR., 2008), contém 35% de seu território classificada nas classes de alta e muito alta prioridade para preservação da biodiversidade (MMA, 2015), é um dos principais centros de endemismo do cerrado, e abriga

um dos mais significativos encraves de Florestas Estacionais Deciduais do Brasil (SCARIOT, SOUSA-SILVA e FELFILI, 2005).

Apesar disso, a frequência cada vez maior de focos de desmatamento, muitas vezes associado às atividades agropecuárias e de carvoarias, a implantação de pastagens, empreendimentos hidrelétricos e o aumento do crescimento populacional (PONCIANO, 2017), têm comprometido a qualidade e integridade ambiental desta microrregião (SCARIOT, SOUSA-SILVA e FELFILI, 2005; FERREIRA *et al.,* 2009).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo quantificar as taxas de desmatamento de remanescentes de Cerrado na microrregião do Vão do Paranã entre os anos de 2017 e 2018, comparando os resultados com os dados de uso e ocupação do solo da região do ano de 2016.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

A microrregião do Vão do Paranã contém uma área aproximada de 17.388,88 km², e é constituída por 12 municípios: Divinópolis, São Domingos, Flores, Iaciara, Guarani, Posse, Mambaí, Buritinópolis, Simolândia, Alvorada do Norte, Damianópolis e Sítio D'abadia.

Além disso, abriga um mosaico vegetacional e litológico bastante diversificado, sendo este último, relacionado às rochas da Faixa de Dobramentos Brasília (SILVA *et al.* 2004). Os domínios geomorfológicos da região são os Planaltos do Divisor São Francisco-Tocantins e as Depressões do Tocantins, com cotas altimétricas de 389 a 1.000 m de altitude.

2.1. Metodologia

A identificação das áreas desmatadas se deu com a interpretação de imagens de satélite Sentinel - 2 disponibilizados no portal digital do Alaska Satellite Facility (ASF), dos 12 municípios que compões a microrregião do Vão do Paranã, nos meses de setembro dos anos de 2017 e 2018. A correção e composição colorida destas imagens foi realiza pela ferramenta Semi-Automatic Cassification do *software* QGis 2, enquanto os índices de NDVI foram obtidos pela Calculadora Raster, através equação: NDVI = NIR-RED/ NIR+RED, sendo NIR o infravermelho próximo e RED a região do visível no comprimento de onda do

vermelho. Posteriormente, as imagens foram analisadas visualmente a fim de encontrar alterações no uso e na cobertura do solo (desmatamento).

O mapa de uso e cobertura do solo foi elaborado com imagens LANDSAT – 8 com imagens obtidas no período de estiagem – para evitar distorções por nuvens, por exemplo- nos meses de Junho, Julho e Agosto de 2016. As imagens foram obtidas no portal digital do Earth Explorer (USGS), tratadas no *software* SPRING 5.1 e classificadas em classes de acordo com os métodos do IBGE (2006) e de máxima verossimilhança. Posteriormente, os dados foram tratados no *software* ArcMap 10.3, para o recorte das formações vegetais da região.

Por fim, as informações obtidas foram sobrepostas, para a identificação e quantificação dos dados referentes à perda da cobertura vegetal na região por desmatamento.

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos referentes às áreas desmatadas de remanescentes de cobertura vegetal de Cerrado no Vão do Paranã estão disponíveis na tabela a seguir.

Tabela 1. Área desmatada por fisionomia vegetal de Cerrado no Vão do Paranã entre 2017 e 2018.

Fisionomias de Cerrado	Área remanescente (2016)	Área desmatada (2017/2018)
Formação Savânica	625.960,41 hectares	5.606,31 hectares
Formação Campestre	424.990,83 hectares	2.255,64 hectares
Formação Florestal	126.427,11 hectares	646,52 hectares
Total	1.177.378,05 hectares	8.508,46 hectares

Percebe-se que foram desmatados 8.508,48 hectares de vegetação remanescente de Cerrado entre o ano de 2017 e 2018 no Vão do Paranã, sendoa formação savânica a fisionomia mais atingida, seguida pelas formações campestres e florestais, respectivamente.

Por apresentar características propícias à expansão do cultivo agropecuário, como a presença de estratos arbóreo-arbustivos espaçados, a não formação de dossel e relevos predominantes planos (RIBEIRO e WALTER, 1998), as formações savânicas foram às áreas com a maior taxa de desmatamento em relação às demais (0,47%). As áreas desta formação são de grande importância para a estabilidade ecológica e ambiental do bioma, pois

contribuem para os processos de sucessão e regeneração natural devido a sua tolerância ao fogo, e apresentam grande quantidade de espécies endêmicas na região (PONCIANO, 2017).

As formações florestais aprestaram a menor taxa de desmatamento em relação ao total (0,05%). Esta fisionomia, apesar de ser a menos representativa na região, apresenta grande riqueza de espécies, elevada capacidade de regeneração natural, contribui para o fluxo gênico e desempenha papel fundamental na conservação da água (RESCK e SILVA, 1998). Seu desmatamento, portanto, pode comprometer a biodiversidade e o funcionamento dos ecossistemas, assim como a manutenção da qualidade e quantidade dos cursos d'água da região, que naturalmente já apresenta um déficit hídrico (ALMEIDA *et al.,* 2006).

Já as formações campestres, que apresenta como características a presença de arvoretas, plantas rasteiras e gramíneas, com afloramentos rochosos, solos ácidos e pobres (RIBEIRO e WALTER, 1998), foi à segunda com maior taxa de desmatamento em relação às demais (0,19%). O desmatamento desta fisionomia pode comprometer a biodiversidade do Cerrado, por esta apresentar elevado endemismo e plantas raras.

4. Conclusões

A análise dos valores da taxa de desmatamento de remanescentes de Cerrado no Vão do Paranã possibilitou a identificação de valores baixos e distintos entre as fisionomias. As taxas estiveram associadas às características da vegetação, do relevo e também dos solos.

As formações savânicas apresentaram os maiores taxas de desmatamento, provavelmente, por apresentar densidade e estrato baixo, vegetação esparsa, bem como características de solo e de relevo propícias às atividades agropecuárias. As formações florestais, por conter vegetação mais densa e menos esparsa em relação às demais, assim como estar associada muitas vezes a relevo acidentado, apresentou a menor taxa de desmatamento entre as demais. As formações campestres, por apresentar vegetação mais esparsa e menos densa entre as formações, são mais propicias ao desenvolvimento agropecuário. Porém, o relevo com afloramentos rochosos é um fator limitante ao desenvolvimento destas atividades.

Apesar da taxa de desmatamento de remanescentes de Cerrado no Vão do Paranã ter sido inferior a 1% em relação ao total, as consequências desta ação podem ser deletérias ao meio ambiente, resultando em alterações climáticas locais e regionais, na redução da qualidade e quantidade da água, na perda da biodiversidade, na fragmentação dos ambientes, aumento de processos erosivos, alteração da vegetação, introdução de plantas exóticas e/ou invasoras, liberação de gases de efeito estufa para a atmosfera, etc.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L.; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G. **Hidrogeologia do Estado de Goiás e Distrito Federal.** Série Geologia e Mineração. Governo do Estado de Goiás. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia-Goiás. 2006, 232p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013**. Brasília: MMA, 2015.

FERREIRA JUNIOR., L. G. **A encruzilhada socioambiental:** biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado. Goiânia: Editora UFG, 2008.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER C. G. **Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Mexico City: Cemex, 2000.

MYERS, N.; MITTERMEYER, R. A., MITTERMEIER, C. G.; DE FONSECA, G. A. B.; KENT, J. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. **Nature** 403:853-858, 2000.

PONCIANO, T. A. (2017). **Dinâmica da estrutura da paisagem da microrregião do Vão do Paranã (GO)**. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Instituto de Estudos Socioambientais, Goiânia.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Importância das matas de galeria no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. In: RIBEIRO, J.F. (ed.). **Cerrado: Matas de Galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 164p., 1998.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. In: SANO, Sueli M.; ALMEIDA, Semíramis P. de (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora.** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1998. 556 p.

SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA; J. C.; FELFILI, J. M. (Org.). **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

SILVA, M. A. *et al.* Flora vascular do Vão do Paranã, Estado de Goiás, Brasil. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**. Brasília, DF, v. 14, n. 1, p. 49-127, 2004.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DIAGNÓSTICOS DE FOCOS DE QUEIMADAS NO MUNICÍPIO DE SÃO RAIMUNDO DAS MANGABEIRAS/MA

Matheus Prudencio Ericeira[(a)], Jeferson Botelho Rodrigues[(b)], Jamille Oliveira Sousa[(c)], Taissa Caroline Silva Rodrigues[(d)]

[(a)] Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPA, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, m.ericeira17@gmail.com
[(b)] Faculdade Pitágoras de São Luís, botelhojef@gmail.com
[(c)] Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPA, Universidade Federal do Maranhão – UFMA, jamille_oliveira@outlook.com
[(d)] Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPA, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, taissageo@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

As queimadas consistem em uma prática agrícola vastamente usada no Brasil e que causa inúmeros impactos ambientais, tais como: o empobrecimento do solo e a perda da vegetação e da biodiversidade. O conhecimento das causas e de onde as queimadas acontecem com maior intensidade é de extrema importância para a criação de planos de prevenção e combate ao fogo. Diante disso, o presente trabalho objetivou quantificar o número de focos de queimadas no Município de São Raimundo das Mangabeiras, Maranhão no período de janeiro/2017 a janeiro/2018 - 1 ano. A metodologia baseou-se em levantamento de dados de focos de queimadas fornecidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e no uso de ferramentas de geoprocessamento e de SIG (Sistema de Informações Geográficas). Com a pesquisa notou-se que mais de 250 focos de queimadas foram registrados no período estudado, colocando o estado do Maranhão nos primeiros lugares do ranking de queimadas.

Palavras chave: Impactos Ambientais, Vegetação, Queimadas.

1. Introdução

O Maranhão é o estado com o maior número de queimadas no Nordeste, de acordo com dados do INPE (2015) em agosto de 2015 foram registrados no Brasil, 39.459 focos de queima, sendo 5.428 focos somente no Maranhão, classificando o Estado em 2º lugar no ranking nacional de queimadas para este mês (CEPDEC-MA, 2016).

As queimadas consistem em uma prática agrícola antiga e vastamente usada no Brasil, ARTAXO *et al*., 2005; GIGANTE, 2007; MÉLO *et al*., 2011, afirmam que a ocorrência de queimadas traz inúmeros impactos ambientais, como o empobrecimento do solo, a perda da biodiversidade de flora e fauna, efeitos no balanço radiativo da atmosfera e no clima em diferentes escalas, o uso inadequado das queimadas causa também grandes perdas econômicas como a destruição de propriedades privadas, interrupção do trafego aéreo, desligamento de redes elétricas. Além dos efeitos aos ecossistemas, os poluentes gerados pela queima de biomassa proporcionam efeitos deletérios à saúde humana.

Saber quais são as causas e onde as queimadas acontecem com maior intensidade é de extrema importância para a criação de planos de prevenção e combate ao fogo. De acordo com Fonseca e Ribeiro (2003) as atividades preventivas são mais eficientes quando baseadas em informações como em quais áreas o fogo surge com maior frequência e o que favoreceu o seu acontecimento nessas áreas.

Em vista disso, o objetivo deste estudo foi quantificar a ocorrência de queimadas no município de São Raimundo das Mangabeiras/MA para o período de janeiro de 2017 a janeiro de 2018 - 1 ano, tendo em vista a necessidade de conhecer a situação atual do município, sobre o problema em questão.

2. Materiais e Métodos

Para a quantificação dos focos de queimadas no Município de São Raimundo das Mangabeiras/MA para o período de jan/2017 até jan/2018 - 1 ano - foi realizada uma revisão bibliográfica por meio dos dados de queimadas do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais). Estes dados foram analisados considerando os focos registrados apenas pelo Satélite AQUA MT, um dos satélites mais consistentes para estudos comparativos ao longo do tempo. Posteriormente, utilizou-se ferramentas de geoprocessamento, para tal foi construído um banco de dados em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) no software QGis versão 2.18. Por meio da consulta espacial de intersecção no SIG, foram determinados os focos de queimada, no município para o período estudado.

2.1. Localização da Área

O Município de São Raimundo das Mangabeiras/MA está localizado na região Sul do Estado do Maranhão, como mostra a Figura 1, possui com uma população de aproximadamente 18.548 habitantes e extensão territorial de 3.521,740 km² (PNUD, 2013).

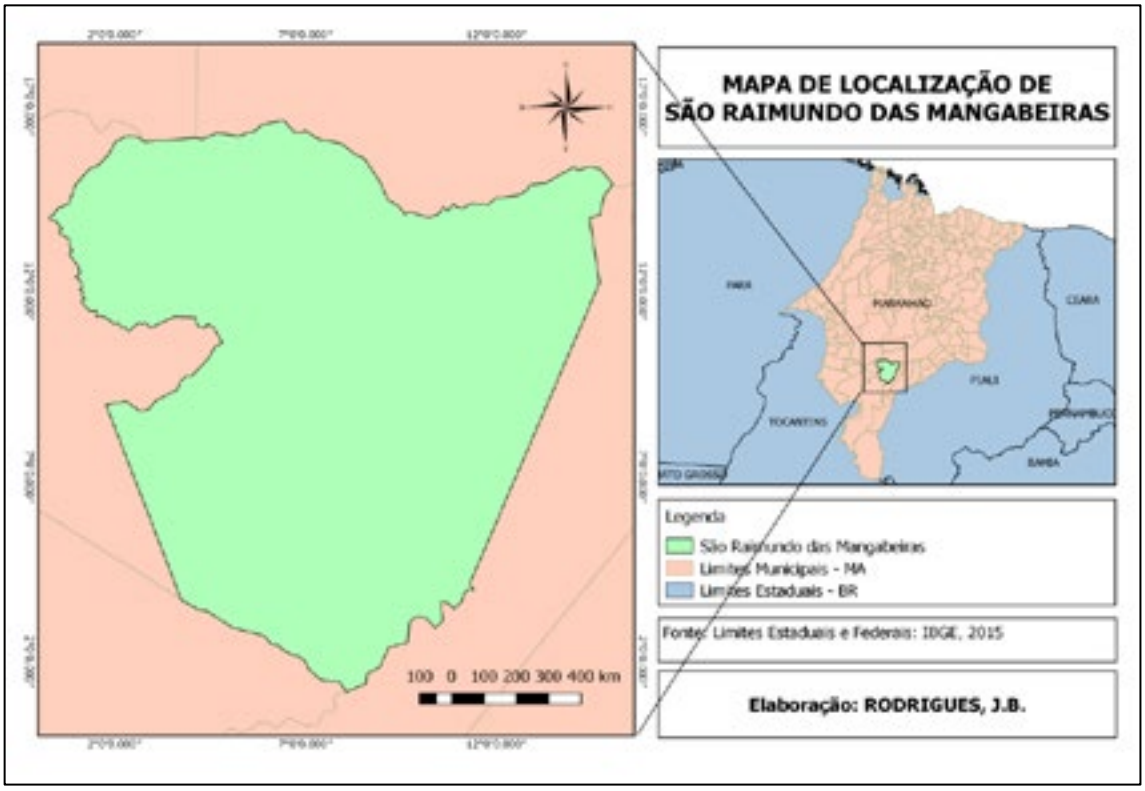


Figura 1 - Mapa de localização do Município de São Raimundo das Mangabeiras/MA

A cidade de São Raimundo das Mangabeiras situa-se a 800 km da capital do Maranhão e faz parte do bioma Cerrado, com uma densa vegetação e um clima tropical, com um período de chuvas e estiagem bem definido, sendo os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro característico como o período seco. O clima predominante é classificado como Subúmido – C2 de acordo com Thornthwaite, 1981. Apresenta temperaturas média de 26,4 °C e 1190 mm é o valor da pluviosidade média anual.

3. Resultados e Discussão

A quantidade de focos de queimadas (FC) registradas no município de São Raimundo das Mangabeiras/MA no período de 01/01/2017 até 01/01/2018 é apresentada no Quadro 1 e Figura 2.

Quadro 1 - Focos de queimadas no Município de São Raimundo das Mangabeiras, para o período estudado.

MÊS	Nº DE FC
JANEIRO/2017	0
FEVEREIRO/2017	01
MARÇO/2017	02
ABRIL/2017	02
MAIO/2017	0
JUNHO/2017	09
JULHO/2017	06
AGOSTO/2017	21
SETEMBRO/2017	151
OUTUBRO/2017	61
NOVEMBRO/2017	06

DEZEMBRO/2017	0
JANEIRO/2018	0

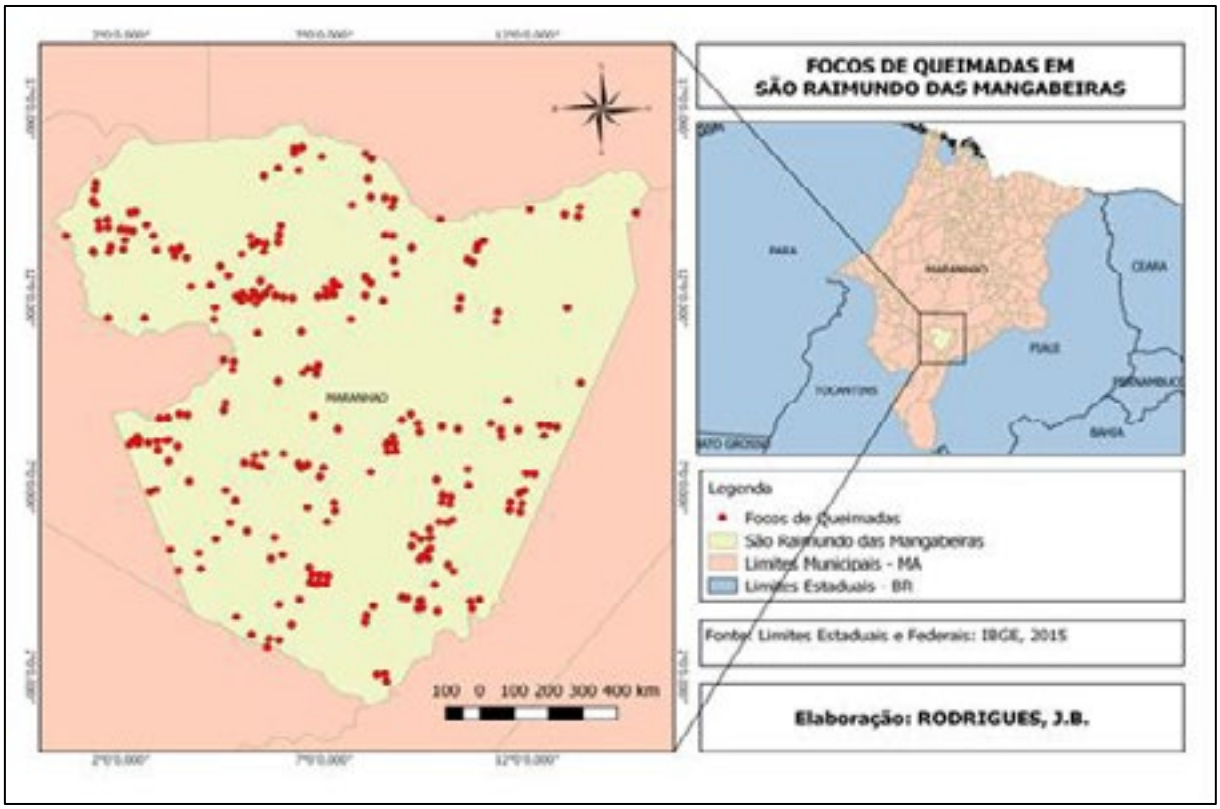


Figura 2 - Focos de queimadas no município de São Raimundo das Mangabeiras/MA

Foram registrados um total de 259 focos de queimadas em São Raimundo das Mangabeiras no período estudado. Os maiores números de focos de queimadas foram registrados nos meses de junho a outubro de 2017, registrando 21, 151, 61, focos respectivamente, em geral a ocorrência de focos de queimadas, em especial nesses meses destacados, pode estar associada com vários fatores, como a pouca quantidade de chuva que teve nesses meses ou o aumento das atividades antrópicas, por exemplo.

No Maranhão o período de chuvas e estiagem é bem definido, sendo os meses de setembro, outubro, novembro e dezembro característico como o período seco (IMESC, 2016). Logo, observa-se que o maior número de ocorrência de focos foi registrado no período de estiagem.

Segundo Justino *et al.,* (2002) a maior incidência de focos de calor ocorre no Brasil no período de junho a outubro, com os menores valores de precipitação na parte central do País. Nestas condições, parte da vegetação em seu ciclo fenológico tende a perder as folhas, diminuído então as taxas de evapotranspiração. Com a queda das folhas abre-se espaço para a penetração da radiação solar que seca ainda mais gravetos, galhos e folhas, aumentando a inflamabilidade da floresta.

Diante disso, nota-se que a dinâmica das queimadas no município de São Raimundo das Mangabeiras/MA parece estar alinhada com a sazonalidade climática e a sua variação regional. Todavia, vale ressaltar que apesar das condições atmosféricas serem fator determinante para queimadas, quem deflagra são as pessoas. Segundo Ramos (2011) pesquisadores do INPE confirmaram que 99% das queimadas são provocadas pelo homem e que as condições atmosféricas favorecem os incêndios, mas as principais causas são econômicas e culturais.

Alguns autores (TORRES *et al.,* 2011; RAMOS *et al.,* 2011) provaram que os focos de calor apresentam alta correlação com o desmatamento, estando diretamente relacionado com o uso do solo. Quanto ao município estudado, estudos realizados recentemente mostram que os focos de queimadas estão intimamente ligados com uso alternativo do solo (pastagens, agroindústrias e madeireiras), que desmata um grande percentual de área para essas atividades (RAMOS, 2015).

De acordo com a análise realizada pelo Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento e das Queimadas no Estado do Maranhão (PPCD-MA) em 2011, acerca do desmatamento acumulado no Estado do Maranhão até 2009, demonstra que 43% da área monitorada já tiveram a vegetação nativa convertida em outros usos do solo. No ano 2016

foram identificados 20.733 focos de queimadas pelo INPE (SILVA*et al*, 2017). São Raimundo das Mangabeiras está na lista dos municípios do Maranhão com maior área de desmatamento no bioma Cerrado, no período de 2009 a 2010, estando em primeiro lugar (IBAMA/MMA, 2011 apud PPCD-MA, 2011).

O desmatamento causa desequilíbrios climáticos em razão da ausência das florestas que tinham como função gerar mais umidade do ar e absorver o calor atmosférico, desencadeando assim fenômenos como as queimadas.

De acordo com pesquisa realizada entre os anos de 2008 a 2012, por Gerude (2013), o aumento de 346% de focos de queimadas no Estado do Maranhão registado no período do estudo, está relacionado com o crescimento do setor agropecuário no Estado.

Por fim, vale ressaltar que, os números registrados nesta pesquisa são muito alarmantes e preocupantes, pois as queimadas trazem consigo prejuízos em vários ecossistemas nos âmbitos econômicos, ambientais e afeta também a saúde da população. Essa problemática observada claramente, configura-se como um obstáculo ao "progresso local", posto que são itens básicos necessários para que se atinja uma melhor qualidade de vida.

4. Considerações Finais

Foram registrados no município de São Raimundo das Mangabeiras/MA um total de 259 focos de queimadas no período estudado. Os maiores números de focos de queimadas foram registrados nos meses de agosto, setembro e outubro de 2017.

Políticas que incluem o combate ao desmatamento devem sempre estar aliadas às políticas de prevenção e combate às queimadas e aos incêndios florestais.

A maior parte dos focos de queimadas é causada por atividades humanas resultante de uma cultura habituada com a prática arcaica de atear fogo para limpar terrenos e abrir pastagens e áreas agricultáveis. As condições secas aumentam a susceptibilidade à queima, porém quem deflagra são as pessoas.

Portanto, a situação observada de focos de queimadas em pode ser atribuída à susceptibilidade decorrente clima seco prolongado, mas principalmente devido às ações de queimas criminosas, principalmente aquelas relacionadas ao desmatamento e ao avanço da fronteira agrícola, visto que é um município que a plantação de soja cresce cada dia mais.

Referências Bibliográficas

ATLAS BRASIL 2013**. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013.** PNUD. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/sao_raimundo_das_mangabeiras_ma Acesso em>: 22 de julho de. 2018

ARTAXO, P.; GATTI, V. L.; CÓRDOVA, M. A.; LONGO, M. K.; FREITAS, R. S. **Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica.** ACTA - Amazônica, v. 35 – 2005; 185-196.

CEPDECMA - Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil. **Relatório de Monitoramento e Ações Contra Incêndios Florestais No Maranhão**. São Luís - MA: Estado do Maranhão, 2016. Disponível em: <http://www.defesacivil.ma.gov.br/files/2016/02/RELAT%C3%93RIO-DE-MONITORAMENTO-E-A%C3%87%C3%95ES-DE-COMBATE-A-INC%C3%8ANDIOS-FLORESTAIS-2015-29.02.16.pdf>. Acesso em: 22 de julho de 2018.

GERUDE, R. G. **Focos de queimadas em áreas protegidas do Maranhão entre 2008 e 2012. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR),**16, 2013, Foz do Iguaçu. Anais... . Foz do Iguaçu: INPE: 2013.

FONSECA, E. M. B; RIBEIRO, G. A. **Manual de Prevenção de Incêndios Florestais**. Belo Horizonte: CEMIG, 2003. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estado do Maranhão. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ma&gt>;. Acessado em: 22 de julho de 2018.

GIGANTE, L. A.; ZAVALA, R. Z.; PEREIRA, B. D.; SILVA, G. R.; OYAMADA, C. O**. Um estudo da similaridade das queimadas entre municípios no Estado de Mato Grosso.** In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 45, 2007, Londrina-PR. Anais... . Londrina: 2007.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Programa de Queimadas-Monitoramento por Satélite**. 2017. Disponível em: <https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas>. Acessado em: 11 de julho de 2018.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. **Portal do Monitoramento de Queimadas e Incêndios**. Disponível em http://www.inpe.br/queimadas. Acessado em: 11 de julho de 2018.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. **Análise da seca e estiagem Maranhense.** 2016. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/848/776>. Acesso em: 23 de julho de 2018.

JUSTINO, F. B.; SOUZA, S. S. de; SETZER, A. **Relação entre "focos de calor" e condições meteorológicas no Brasil.** In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguaçu-PR, 2002. Anais... . Foz do Iguaçu, 2002.

MÉLO, A. S.; JUSTINO, F.; LEMOS, C. F.; SEDIYAMA, G.; RIBEIRO, G. **Suscetibilidade do ambiente a ocorrências de queimadas sob condições climáticas atuais e de futuro aquecimento global.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.26, n.3, 401 - 418, 2011.

PPCD-MA. **Plano de Ação para a Prevenção e o Controle do Desmatamento e das Queimadas no Estado do Maranhão**. Disponível em: <http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/export/sites/default/site_pt/Galerias/Arquivos/Publicacoes/Plano_Estadual_do_Maranhxo.pdf>. Acessado em: 22 de julho de 2018.

RAMOS, A. B. R.; NASCIMENTO, E. R. P; OLIVEIRA, M. J. Temporada de incêndios florestais no Brasil em 2010: análise de série histórica de 2005 a 2010 e as influências das chuvas e do desmatamento na quantidade dos focos de calor. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011, Curitiba. **Anais...** . São José dos Campos: INPE: 2011.

RAMOS, R. C.; SANTOS, P. R.; PINHEIRO, P. L.; CARDOZO, F. S.; PEREIRA, G. Análise das áreas queimadas na região sul do Maranhão no ano de 2013. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 17, 2015, João Pessoa-PB. **Anais...** . João Pessoa: INPE: 2015.

SILVA, M. *et al*. **A seca no Maranhão no período de 2010 a 2016 e seus impactos.** Parceria Estratégicas, v. 22, n. 44, p. 119-138, 2017.

TORRES, F.T.P**. Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG).** Caminhos de Geografia, v. 7, n. 18, p. 162-171, 2006.

TORRES, F. T. P.; RIBEIRO, G. A.; MARTINS, S. V.; LIMA, G. S. **Correlações entre os elementos meteorológicos e as ocorrências de incêndios florestais na área urbana de Juiz de Fora, MG.** Revista Árvore, v. 35, n.1, p.43-150, 2011.

THORTHWAITE, C. W. **An approach towards a rational classification of climate.** Geographical Review, London, v.38, p.55-94, 194, 1981.

DINÂMICA AMBIENTAL DA BACIA DO CÓRREGO CONCEIÇÃO EM SILVÂNIA (GO), A PARTIR DE ANÁLISE TEMPORAL COM IMAGENS LANDSAT 8.

Tamires Ádila Bahia Modanêz [(a)], Jaquelline da Silva Campos [(b)], Manuel Eduardo Ferreira [(c)], Andrelisa Santos de Jesus [(d)]

[(a)] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, bahia.tamires@gmail.com
[(b)] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, jackyscampos@gmail.com
[(c)] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, mferreira.geo@gmail.com
[(d)] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, andrelisajesus@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicadas aos estudos ambientais.

Resumo

O uso e a cobertura do solo vêm sendo alvo de estudos em bacias hidrográficas no bioma Cerrado, em razão das grandes alterações antrópicas nas últimas décadas, com atenção especial aos assentamentos rurais no estado de Goiás. O objetivo deste estudo foi avaliar, por meio de séries históricas de imagens satelitárias no período de doze anos *(2006 a 2018)*, a dinâmica de ocupação na Bacia Hidrográfica do Córrego Conceição, em Silvânia-GO, onde se encontra o Assentamento Rural Buriti. Dentre os principais resultados, destaca-se a predominância de uso da agricultura na nesta bacia, seguida por silvicultura e pastagem, sendo este último encontrado no assentamento Buriti. Conclui-se a intensificação da agricultura sobre áreas nativas de Cerrado, com o predomínio da atividade de pastagem na área do assentamento rural. As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento foram essenciais nesta análise, com destaque para índices de vegetação aplicados em imagens gratuitas do satélite Landsat.

Palavras-chave: NDVI, série temporal, uso do solo, assentamento rural.

Introdução

Na avaliação dos impactos causados por ações antrópicas ao meio ambiente, gestores e pesquisadores tendem a adotar a bacia hidrográfica como unidade ideal de planejamento (Setti et al., 2000). Sendo a bacia uma unidade de análise natural, esta é definida a partir da seção de um rio onde cada bacia é toda a área de contribuição por gravidade para os rios até chegar à seção que define a bacia (Tucci e Mendes, 2006). O uso das terras em Goiás têm passado por profundas alterações nos últimos 50 anos. Na área rural, parte dessas alterações e dos impactos ambientais tem sido atribuída à política de assentamento rural (Oliveira, 2013). Uma das formas de se identificar e avaliar a dinâmica ambiental em bacias hidrográficas, dentre outros avanços tecnológicos, estão às técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, já consolidadas nas ciências geográficas e nas geociências. Neste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido no âmbito de uma demanda acadêmica da Universidade Federal de Goiás, em apoio à prefeitura de Silvânia-GO e ao Projeto Ecológico de Longa Duração (PELD), visando a análise temporal do uso e cobertura

do solo na bacia do Córrego Conceição / Assentamento Rural Buriti, ambos localizados neste município.

1. Materiais e Métodos

1.1 Área de Estudo

Localizado entre os municípios de Vianópolis e Silvânia no sudoeste goiano, a bacia hidrográfica do córrego Conceição encontra-se inserida dentro da área de pesquisa denominada Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração PELD e tem área aproximada de 85,18 km² (**figura I)**.

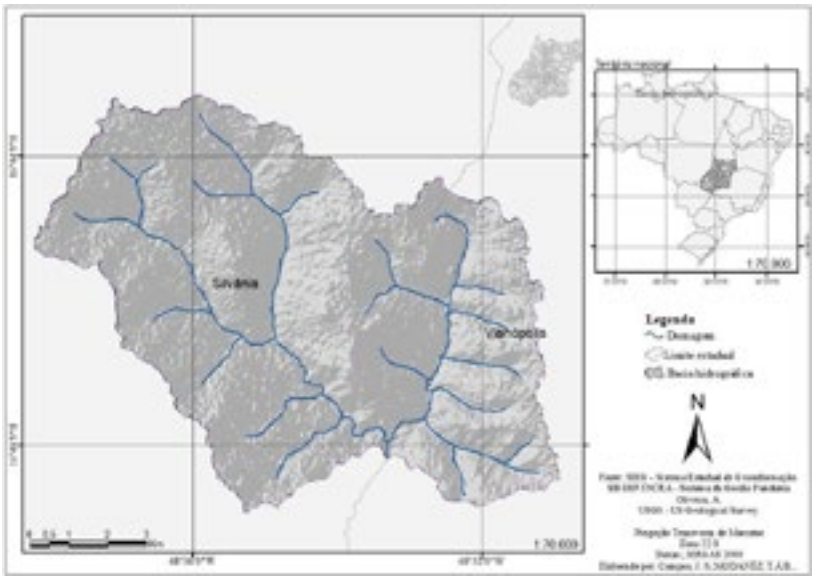


Figura I: Mapa de localização da área de estudo. *Fonte: autores*.

2.1. Bases de dados e procedimentos de análise

Para a elaboração deste estudo foram levantados dados bibliográficos, cartográficos e dados em campo. A partir do uso de softwares de geoprocessamento e sensoriamento remoto foi possível elaborar uma série histórica para os anos de 2006, 2010, 2014 e 2018 (**figura II**). As imagens de satélites foram utilizadas para confecção de mapas por meio de técnicas de sensoriamento remoto para contribuir na melhoria da qualidade das informações referentes às áreas ocupadas por cobertura vegetal natural ou não, podendo assim, auxiliar no processo de planejamento físico territorial, permitindo identificar os tipos de uso compatíveis de uma paisagem. A partir do material cartográfico produzido, foi possível mensurar dados referentes às classes de uso e cobertura do solo e identificar áreas onde há conflitos referentes à apropriação inadequada do solo.

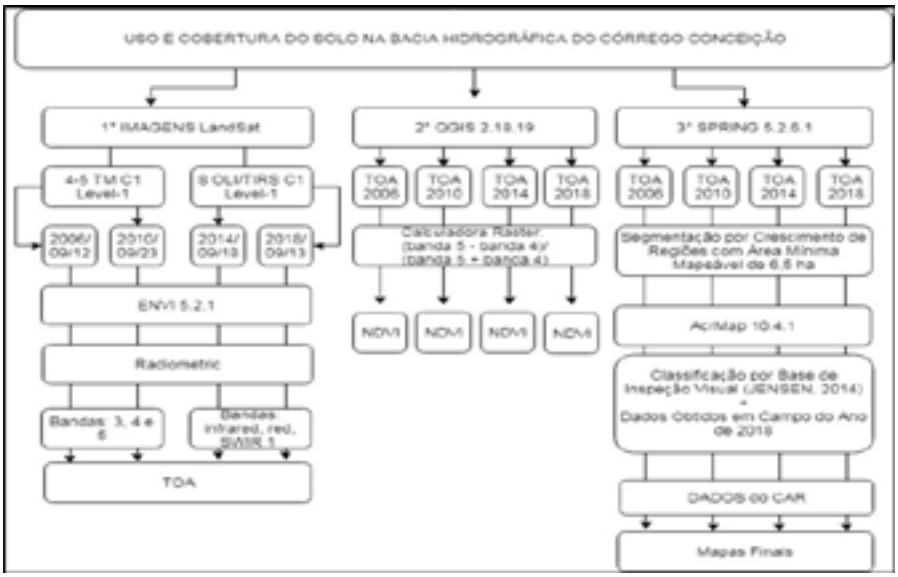


Figura II: Histograma referente as etapas metodológicas usadas no estudo.
Fonte: autores.

3. Resultados e Discussões

Com base nos processamentos e análise dos dados, agricultura sofreu um ganho de 7,63% entre os períodos de 2006 e 2010. Porém, ao longo dos 12 anos, esse ganho foi menor, alcançando apenas 4,85%. Nas áreas de pastagem foi observado uma supressão de Cerrado nativo de 11,92% no mesmo período. Já a classe de silvicultura, entre os anos de 2006 e 2010 apresentou um significativo ganho em sua área, somando 2,75%, com uma perda de 0,88% de área em relação aos anos anteriores. A área relacionada aos pivôs de irrigação também foi alterada, aumentando 1,26%. O solo exposto presente na bacia é referente apenas ao ano de 2018 e ocupa menos 1% de sua área, possivelmente uma área de degradação, sem cobertura vegetal. Observou-se também que as áreas urbanas expandiram em 0,17 km² e que avegetação sofreu uma regeneração, tendo um acréscimo de 0,34 km² para o período analisado. Estes resultados estão apresentados na tabela 1 e na figura 3. (**figura III**).

Dinâmica Ambiental (%)				
Classes	2006	2010	2014	2018
Agricultura	49,23	56,86	54,34	54,08
Pastagem	28,62	18,15	19,30	16,70
Silvicutura	0,05	2,80	2,70	1,82
Urbano	0,50	4,80	0,58	0,70
Vegetação	18,73	18,56	19,98	22,35
Barramento	0,19	0,33	0,34	0,34
Pivo	2,66	2,75	2,75	3,92
Solo Exposto	-	-	-	0,1

Tabela I: Dinâmica Ambiental (%). *Fonte: Autores*

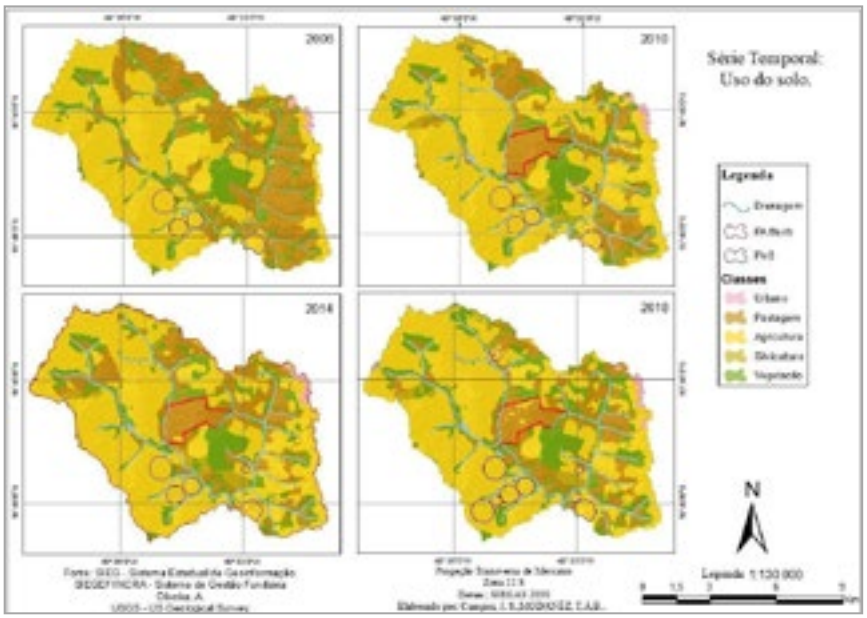


Figura III: Série temporal de uso e ocupação do solo na BHCC. *Fonte: Autores*

Os mapas de NDVI, observados na figura 4 (**figura IV**), mostram a grande quantidade de solo exposto logo após a colheita da cultura, sendo que nas áreas de pivôs essa dinâmica é diferente, pois a irrigação contínua favorece a uma maior produção agrícola, com duas ou mais safras anuais. Já na área do Assentamento rural Buriti, nota-se respostas baixas de NDVI, típicas de solo exposto, o que pode indicar área recém-colhida, ou com baixa biomassa em pastagem, devido ao manejo inadequado.

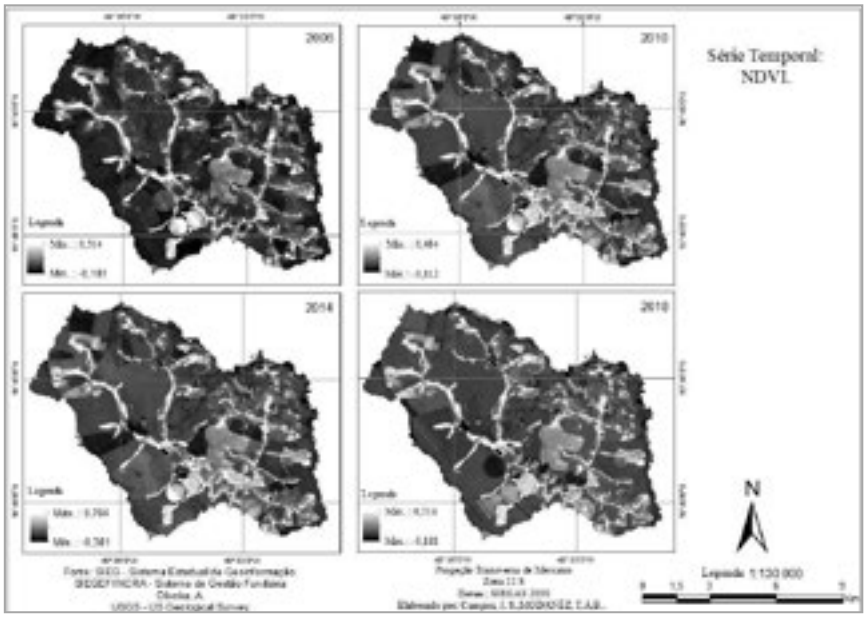


Figura IV: Mudança do índice no intervalo de 12 anos na BHCC. *Fonte: Autores*.

4. Considerações Finais

Este trabalho teve o intuito de analisar as oscilações do uso e ocupação do solo predominantes na Bacia Hidrográfica do Córrego Conceição e das mudanças ocorridas na região do Assentamento Rural Buriti, observados entre os anos de 2006 e 2018 por meio de imagens de satélites.

Conclui-se que a bacia apresenta uso intensivo na produção de grãos (soja e milho) e de silvicultura, bantante produtivo ao ser comparado com o rendimento médio no estado de Goiás. No entanto, no Assentamento rural Buriti, o uso que prevalece é o da pastagem, em geral mal manejada, conforme indicação dos dados de NDVI (i.e., em geral, muito baixos).

5. Referências Bibliográficas

IBGE, **Produção Agrícola Municipal 2017**. Rio de Janeiro: IBGE, 2018**.**

JENSEN, Jonh R.. **Sensoriamento remoto do ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres.1ª Edição. São José dos Campos: Parentese, 2009.

OLIVEIRA, Victor Tomaz de. **Conflito de usos em áreas de preservação permanente de assentamentos rurais e demais áreas em bacias hidrográficas de Goiás.** 2013. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/3190>. Acesso em: 23 de jan. de 2019.

Setti, A. A., Lima, J. E. F. W., Chaces, A.G. M.,Pereira, I. C.. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed., Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintedencia de Estudos Hidrológicos, 2000. 207p. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Introducao_Gerenciamento.pdf>. Acesso em: 22 de jan. de 2019.

TUCCI, Carlos E. M., Mendes, Carlos André. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica.** Ministério do Meio Ambiente/SQA, Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf>. Acesso em: 25 de jan de 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DINÂMICA EVOLUTIVA DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO: UMA ANÁLISE MULTITEMPORAL

Riclaudio Silva Santos [(a)], Kaio César de Oliveira Tavares [(b)], Daniel Rodrigues de Lira [(c)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, riclaudio.silva@hotmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, kaioc17@gmail.com

[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, dniellira@ufs.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente texto tem como objetivo realizar uma análise multitemporal da dinâmica da foz do Rio São Francisco, utilizando uma sequência de imagens de satélite da série Landsat, orbita 214, ponto 67, correspondente aos anos de 1984 a 2014, por meio da análise foi possível verificar uma alteração da linha de praia neste período, apontando para possíveis causas dessa alteração no balanço hídrico e sedimentação, sendo a construção das usinas hidroelétricas ao longo da bacia hidrográfica principal agente desencadeador deste processo, associado as pulsações climáticas típicas do semiárido nordestino, além das ações antrópicas. Com o delineamento da linha de costa e com o auxílio do geoprocessamento essas áreas foram vetorizadas permitindo o cálculo dos ganhos e perdas de superfície decorrentes dos processos costeiros. Entre os anos de 1984 a 2014, a referida área apresentou uma redução de 4,2 km².

Palavras chave: Geoprocessamento; Geomorfologia Costeira; Erosão; Ambiente Estuarino

1. Introdução

O modelado terrestre é objeto de estudo das geociências, buscando o entendimento das formas e processos condicionantes da dinâmica ambiental, a maioria desses estudos se propõem em reconstruir essa dinâmica. Portanto, cabe a geomorfologia a identificação e interpretação das feições, sendo de suma importância para a compreensão pretérita e atual do modelado. A linha de costa é um dos

elementos geomorfológicos que apresenta uma alta dinâmica espacial decorrente as respostas aos processos costeiros, erosivos/agradacionais, que vão possuir diferentes magnitudes e frequências.

O Rio São Francisco não é apenas um dos mais importantes cursos d'água do Brasil, ele também é visto por muitos como um ente, presente na vida de todo sertanejo. Como escreve Euclides da Cunha em 'Os Sertões':

> [...] e para não nos delongarmos demais, afastemo-nos pouco do teatro em que se desenrolou o drama histórico de Canudos, percorrendo rapidamente o rio de São Francisco, 'o grande caminho da civilização brasileira', conforme o dizer feliz de um historiador (CUNHA, 1984, p.55).

O Rio São Francisco, também chamado de Rio da Integração Nacional, devido as entradas dos bandeirantes nos séculos XVII e XVIII, ou ainda Rio dos Currais, por servir de parada para o gado, percorre uma distância de mais de 2.500 km, desde sua nascente na Serra da Canastra, em Minas Gerais, até sua desembocadura entre os estados de Alagoas e Sergipe para o Oceano Atlântico. Foi comparado, guardando as devidas proporções, pelo geógrafo Ab'Saber com o próprio Rio Nilo, na África. Pois enquanto o rio africano atravessa um deserto, o São Francisco cruza sertões subequatoriais semiáridos de marcante sazonalidade hidroclimática e fitogeográfica (AB'SÁBER, 1974).

O Rio enfrenta graves problemáticas devido ao uso de agrotóxicos provenientes das lavouras, com destaque para o monocultivo da soja no noroeste de Minas Gerais (GOMES & BARIZON, 2014), e dos efluentes urbanos que contribuem para a poluição do rio. Vem sofrendo perdas em sua capacidade e competência fluvial com a construção das hidrelétricas em vários pontos do seu canal, com destaque para a hidrelétrica de Xingó, na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe, e a hidrelétrica de

ISBN: 978-85-7282-778-2

Paulo Afonso IV, no estado da Bahia. Cabe destacar também, devido ao processo de perda da sua vazão (ZELLHUBER & SIQUEIRA, 2007), o avanço da cunha salina em sua foz. Sendo assim, fica nítida a importância do Rio São Francisco para toda a região semiárida do Brasil, e as possíveis consequências dos maus usos recorrentes.

As mudanças referentes a posição, são de natureza complexa, irão envolver diversos processos ligados às variações do nível do mar (em curto ou longo prazo), o balanço de sedimentos, movimentos tectônicos e geológicos além da ação antrópica. Segundo Bird (2008), a linha de costa é definida como o limite máximo da maré alta e a superfície da subárea não alcançada pelos mares, exceto em ocasiões especiais como tempestades e tsunamis.

Os períodos de maré cheia são responsáveis por transportar quantidades significativas de sedimentos, auxiliando de forma ativa no balanço de sedimentos costeiros (MUEHE, 2006; OLIVEIRA, 2012). Para Suguio (1998) o Processo de erosão, em geral possui sua gênese natural, que podem atuar tanto em costa rasa como praias quanto em escarpas ou falésias, *Beach erosion* pode ser ocasionada ou agravada pela ação antrópica.

Brid (2007) reforça a ideia, quando se refere a erosão costeira ou praial como uma ação de ondas destrutivas, onde em períodos de maior energia podem levar ao esgotamento, (dito como um déficit sedimentar) dos sedimentos da praia, podendo ser causados pela redução do aporte sedimentar proveniente dos rios, onde o perfil apresenta uma progradação de forma convexo, já em perfil de acreção (erosão) apresenta-se côncavo.

Nesse caso a construção do Complexo hidroelétrico de Paulo Afonso, provocou grandes transformações na paisagem. O empreendimento gera um processo rápido de degradação ambiental, em oposição ao lento movimento milenar de formação da paisagem durante as sucessivas eras geológicas. A transformação espacial e

ISBN: 978-85-7282-778-2

paisagística acontece inicialmente no lugar que irá servi como reservatório, pois a transformação do complexo ecossistema de um ambiente lótico (rio) em lêntico (lago), de maneira brusca, desencadeia uma série de desequilíbrios ecológicos e sociais.

Considerando que os conflitos existentes entre a preservação e o desenvolvimento econômico, no entanto, estão longe de alcançar um patamar desejável, para a obtenção de um desenvolvimento sustentável, tanto no Brasil como em outros países pelo mundo. De ponto de vista ambiental os impactos negativos vão desde a perda da vegetação nativa, destaque também para as zonas riparias e consequentemente assoreamento formando bancos de areia, diminuindo a velocidade da água e sua vazão, além da redução da biodiversidade, perda de paisagens naturais e culturais, formadas pelo rio ao longo de suas corredeiras, cachoeiras, além do aumento dos processos erosivos e poluentes.

A instalação do complexo alterou a dinâmica do tributário principal, as alterações no fluxo, na recarga e no ciclo erosivo/deposicional, além de mudanças na fauna e flora. A ação antrópica vem interferindo nas dinâmicas naturais, os quais vem corroborando numa série de impactos hidrológicos e socioambientais. Em estudos de monitoramento costeiro, a existência de imagens de sensores remotos de diferentes datas faz da análise multitemporal em uma excelente ferramenta para auxiliar estudos geomorfológicos costeiros, ao estender informações pontuais de uma área para um contexto geográfico, possibilitando o entendimento da história evolutiva desses sistemas (TREBOSSENET al., 2005, CHU et al., 2006).

O objetivo desse trabalho foi realizar o monitoramento espaço-temporal do delta do São Francisco em Ambiente SIG, utilizando uma integralização de dados multitemporais, por meio de dados de sensores remotos e vetorização, utilizando de estatísticas para realização dos cálculos de variação da linha de encosta.

2. Materiais e Métodos

A metodologia tem como proposta realizar uma análise da linha de costa utilizando um modelo multitemporal, que permitirá fazer uma série histórica entre os anos de 1984 a 2014, com destaque para os intervalos de 10 em 10 anos (Figura 1). Serão utilizados parâmetros de fotointerpretação nas imagens de satélites da série Landsat, orbita 214, ponto 67, obtidas através do software Google Earth Pro.

Figura 1 – Série de imagens da foz do Rio São Francisco, entre os anos 1984 a 2014. Fonte: Google Earth Pro (2018).

O software além de fornecer imagens recentes, possui um banco de dados histórico, que possibilitam a realização de impactos das transformações naturais e antrópicas no modelado terrestre, ainda disponibilizam ferramentas de medição e vetorização.

Foram escolhidos alguns pontos de controle do terreno, comuns em todas as imagens adquiridas para facilitar o georreferenciamento. Foi utilizado o software ArcMap 10.1 de licença pessoal, as linhas de costa foram vetorizadas, em formato vetorial (shapefile). Para a

ISBN: 978-85-7282-778-2

criação, foi também adquirida uma linha de base (Baseline) e foi criada uma base de dados geográficos (Geodatabase).

Os shapesfiles gerados a partir da linha de costa, são correspondentes a uma data especifica da série histórica das imagens, como para o delineamento da linha de costa, e consequentemente o cruzamento de todas a partir da sobreposição das linhas sobre uma imagem mais recente, comparando a dinâmica da linha de costa.

A partir da Vetorização foi possível obter as distancias, permitindo a quantificação e o cálculo matemáticos como possíveis taxas de recuo e avanço obtidos ao longo do tempo na área de estudo, foram ainda confeccionados mapas e tabelas visando um melhor entendimento da dinâmica costeira da área estudada.

3. Resultados e Discussões

Os problemas socioambientais gerados durante as últimas três décadas são nítidos e vem se agravando, em função do aceleramento dos processos erosivos, o assoreamento dos canais fluviais e a inundação da planície costeira (figura 2) pelo avanço do mar, com consequente salinização de terras agrícolas que utilizam água do rio para irrigação.

Quanto aos problemas de contexto social, pode-se destacar o aumento de terras desvalorizadas e improdutivas, e mudanças nas atividades econômicas regionais. Segundo Marques (1992) os pescadores percebem e sofrem o impacto negativo gerado pela construção das grandes barragens situadas ao longo do Rio São Francisco, de processos como: desmatamentos, aterramentos e irrigações.

ISBN: 978-85-7282-778-2

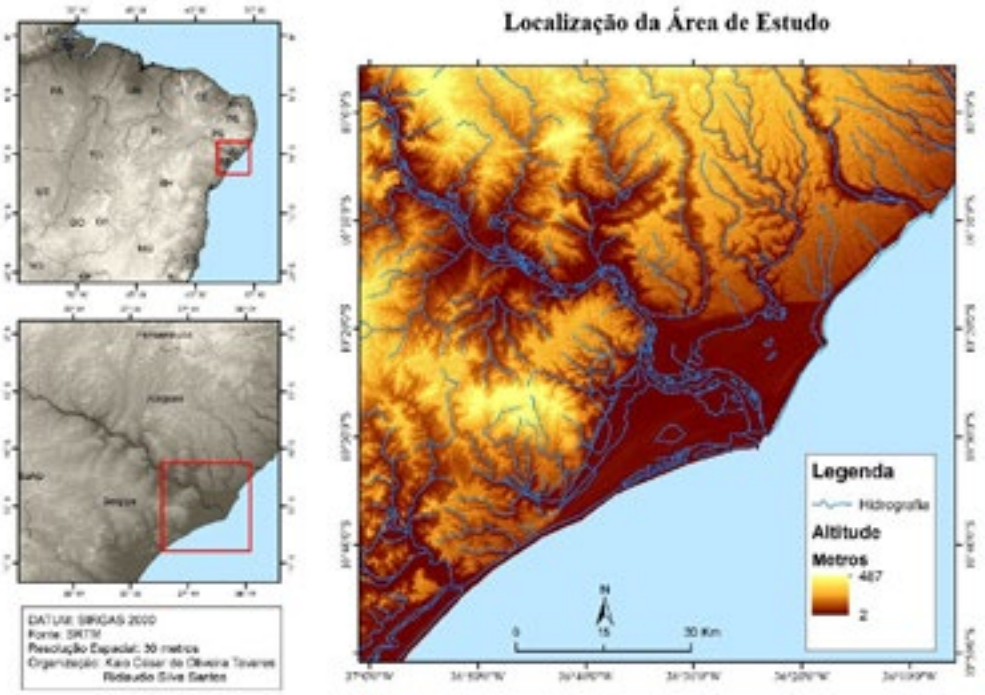


Figura 2 – Localização da Foz do Rio São Francisco, Sergipe/Alagoas. Fonte: O autor (2019)

Essas alterações ambientais tiveram grande repercussão no nível social, principalmente nas comunidades que retiram o sustento diretamente da pesca, toda comunidade ribeirinha é afetada. O avanço da cunha salina provocou grande alteração na ictiofauna fluvial, os peixes de água doce perdem a capacidade de viver em um ambiente de água salgada, levando a diminuição e extinção de várias espécies de peixes. Estas alterações resultam na perda da renda familiar dos pescadores.

Ao realizar a análise das imagens de satélite, pode-se perceber grandes alterações no processo de deposição de sedimentos no ambiente estuarino, ora com o acumulo de sedimentos tendo em vista a perda da capacidade e competência do Rio São Francisco (vazão), ora com a erosão deste ambiente a partir dos processos erosivos da dinâmica costeira.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com o processamento das imagens foi possível aferir as mudanças que ocorreram no período investigado, calculando os ganhos e perdas em área da superfície da linha de praia da foz do Rio São Francisco. Como pode ser observado na Figura 3, a linha de praia apresenta um constante recuo na margem sergipana da foz, como pode ser visto pela posição da linha vermelha (referente ao ano de 1984) e a linha azul (referente ao ano de 2014), caracterizando constante perda de sedimentos no período investigado. Enquanto que na porção alagoana há um avanço na linha de praia, evidenciando um processo de deposição de sedimentos.

Pode-se destacar ainda, na margem sergipana, a perda de sedimentos não apenas na área da foz propriamente dita, mas também na porção mais a oeste, com perda significativa da linha de praia relacionada à presença de canais fluviais menores.

Evolução da Linha de Praia na Foz do Rio São Francisco, 1984-2014

Figura 3 – Evolução da linha de praia na foz do Rio São Francisco, no período de 1984 a 2014.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Ao vetorizar cada uma das imagens e realizar os cálculos da evolução da linha de praia, foi possível aferir as mudanças em quilômetros quadrados (km²) da área da foz do Rio São Francisco, como observado na Tabela I.

Tabela I – Alteração da área da Foz do Rio São Francisco entre 1984 e 2014.

Alteração da área da Foz do Rio São Francisco, 1984 – 2014 Em Quilômetros Quadrados (km²)			
	Margem Sergipana	Margem Alagoana	Total Foz
1984 - 1994	-1,590	-0,275	-1,865
1994 - 2004	-1,310	+0,201	-1,108
2004 - 2014	-1,390	+0,146	-1,243
Total: 1984 a 2014	-4,290	+0,072	-4,217

Na tabela podemos analisar a regressão e avanço da linha de costa em km², no intervalo dos anos 1984 a 1994 a margem sergipana teve uma perda de sedimentos que compõe sua linha de costa de aproximadamente 1,6 km², também se nota uma perda entorno de 280 m² da linha de costa alagoana. Dez anos depois, em 2004, a margem sergipana continuou a perder sedimentos em torno de 1,3 km², ocorre ao inverso na margem alagoana, onde há um ganho de 200 m² de praia, havendo uma transferência de sedimentos, caracterizando um processo erosivo na margem sergipana e de deposição na margem alagoana.

No Ano de 2014 a margem sergipana continua a perder sedimento, tendo sua linha de costa reduzida aproximadamente 1,4 km², 100 m² a mais de perda comparando ao ano de 2004. Na margem alagoana ocorre novamente uma deposição de sedimentos cerca de 150 m² de praia. Totalizando os ganhos e perdas no intervalo de 30 anos a margem sergipana perdeu cerca de 4,5 km² de seu território, enquanto a margem alagoana teve um ganho de território de cerca de 80 m² de praia.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A Agência Nacional de Águas – ANA e a Superintendência de Operações de Eventos Críticos – SOE, disponibilizam boletins de acompanhamento da Bacia do Rio São Francisco onde é possível monitorar certos aspectos como situação de reservatórios, Precipitação e vazão, sendo assim realizando uma serie evolutiva sobre a vazão do rio (Tabela II).

Tabela II – Média Anual, Vazão (m³s) Rio São Francisco de 2014 – 2018. Fonte: ANA (2019).

2014	1244 m³s
2015	1006 m³s
2016	1162 m³s
2017	792 m³s
2018	780 m³s

A vazão vem diminuindo e consequentemente agravando ainda mais os problemas, estimasse que a vazão para o início do ano de 2019 esteja em torno de 700 a 600 m³s, essa diminuição se dá tanto pela escassez pluviométrica que o nordeste enfrenta desde o ano de 2014, assim como pela transposição do rio.

Segundo a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH (2016) a explicação climática se dá como resultado da influência da subsidência decorrente da célula de Walker e Hadley gerada pelo El Ninõ, sobre partes dos setores do NEB (Nordeste do Brasil). Fenômeno este que interferiu na influência da distribuição pluviométrica sobre o Brasil nos anos subsequentes, possivelmente estamos enfrentando picos dessa anomalia que está afetando grande parte do território do Brasil e consequentemente suas bacias hidrográficas.

4. Considerações Finais

O uso das ferramentas digitais, se mostram eficientes nos estudos de analise temporal, permitindo a organização e processamento de um grande número de informações. O

ISBN: 978-85-7282-778-2

uso do Google Earth Pro foi essencial para a realização da aquisição temporal das imagens e do desenvolvimento.

Entende-se que a construção das hidrelétricas está de acordo com a demanda social, mas deve-se buscar compreender os riscos que as mesmas causam para o ambiente e a sociedade que está inserida. É de tamanha importância deixar claro que a necessidade de energia por parte da sociedade se faz de extrema importância, não apenas o fornecimento de energia, mas que tenha custos acessíveis para que todas as classes sociais possam fazer uso da mesma.

As análises das alterações nos ambientes fluviais e costeiros mostram uma degradação em série, compreendendo que o equilíbrio entre as necessidades humanas e o meio ambiente estão longe de atingirem um patamar desejável, o qual tenha uma qualidade de vida para ocupação antrópica e consonância com a natureza.

A construção do conjunto de hidrelétricas representa o principal agente modificador das dinâmicas entre os ambientes fluviais e costeiros da foz do Rio São Francisco, deste modo a análise espaço-temporal levando em consideração a diversas interferências ao passar do tempo, podem nos dar respostas para o entendimento sobre essa dinâmica ambiental em questão.

5.Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, Aziz Nacib. O Domínio Morfoclimático Semiárido das Caatingas Brasileiras. Geomorfologia, São Paulo, Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, n.43, 1974.

ANA, Acompanhamento da Bacia do Rio São Francisco; Boletim informativo. Ministerio do Meio Ambiente, 2019. Site:http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/sala-de-situacao/sao-francisco/sao-francisco-boletim-diario. Acesso: 11/01/2019

BIRD, E. C. F.; **Coastal Geomorphology: an introduction.** England. Second edition. 436 p. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/> acesso em 08/07/2017.

BIRD, E.C. F. **Coastal geomorphology: an introduction**. England: 2nd Ed. Wiley, 2008. 384 p.

BRASIL**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

CHU, Z.X.; SUN, X.G.; ZHAI, S.K.; XU, K.H. **Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow River (Huanghe) subaerial delta, China: Based on remote sensing images**. Marine Geology, v. 227, p. 13-30, 2006.

CUNHA, Euclides da**. Os Sertões.** São Paulo: Três, (Biblioteca do Estudante). 1984.

FONTES, L. C. S. **Evolução da linha de costa e erosão costeira na foz do rio São Francisco e relação com impactos de grandes barragens (provisório).** Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, UFBA.

GOMES, Marco Antônio Ferreira; BARIZON, Robson Rolland Montivelli. **Panorama da contaminação ambiental por agrotóxicos e nitrato de origem agrícola no Brasil: cenário 1992/2011.** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2014.

MUEHE, D. **Erosão e Progradação no litoral brasileiro**. Brasília: MMA, 2006. 476 p. (ISBN 85-7738-028-9).

OLIVEIRA, M. M. N. de. **Aspectos morfológicos e sedimentares associados à dinâmica do Litoral Oeste de Icapuí, Ceará**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar. 98p, 2012.

PEREIRA et al. **Análise e avaliação de impactos ambientais**. Lavras-MG: Ufla/Faepe, 2001.

SUGUIO, K.; **Dicionário de Geologia Sedimentar e Áreas Afins.** Rio de janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1222 p.

TREBOSSEN, H.; DEFFONTAINES, B.; CLASSEAU, N.; KOUAME, J.; RUDANT, J.P. **Monitoring coastal evolution and associated littoral hazards of French Guiana shoreline with radar images**. C. R. Geoscience, v. 337, p. 1140– 1153, 2005.

ZELLHUBER, Andrea; SIQUEIRA, Ruben. **Rio São Francisco em descaminho: degradação e revitalização. Cadernos do CEAS.** Salvador, Julho/Setembro 2007, nº 227.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DISCRIMINAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E USO DAS TERRAS A PARTIR DE SÉRIES TEMPORAIS DO SENSOR MODIS NO MUNICÍPIO DE EUCLIDES DA CUNHA-BA

Udmilla Moura Contes Fortunato[(a)], Lucas Amorim Fernandes[(b)], Elane Fiúza Borges[(c)]

(a) Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, udfortunato@gmail.com
(b) Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, lucas.amorimfernandes@gmail.com
(c) Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, elaneborges@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este estudo tem como objetivo analisar o comportamento espectro-temporal de classes representativas da cobertura vegetal e uso das terras no município de Euclides da Cunha-BA, caracterizando as diferentes classes e as mudanças naturais e antrópicas ocorridas no período de 2001 a 2017, bem como associar tais dados com os mapas temáticos produzidos pelo MAPBIOMAS. Os dados utilizados foram séries temporais de imagens de EVI do sensor MODIS, as quais foram filtradas e suavizadas pelo método Savitzky-Golay no programa Timesat. Os espectro-temporais foram extraídos das classes representativas de cobertura vegetal e uso das terras identificadas pelo MAPBIOMAS para a área de estudo. O filtro minimizou os ruídos temporais das assinaturas e estas foram analisadas considerando os valores de amplitude de EVI. Os resultados obtidos através das assinaturas espectro-temporais indicam que a formação florestal como a classe com valores de EVI mais elevado e a infraestrutura urbana com os menores valores de EVI.

Palavras chave: Caatinga, EVI, Timesat.

1. Introdução

A Caatinga é um bioma rico em biodiversidade e recursos naturais, ocupa uma área equivalente a 11% do território nacional (MMA, 2018). O estudo das alterações no padrão da cobertura vegetal e uso da terras no bioma Caatinga pode ser realizado por meio de dados multitemporais como o do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) que através do produto MOD13Q1 disponibiliza séries temporais de composição de imagens de 16 dias, a partir das quais foi produzido o *Enhanced Vegetation Index* - EVI (INPE, 2003).

O uso desses dados tornou-se crescente para monitoramento da cobertura vegetal e do uso das terras (RUDORFF et al., 2007).

Para SANO (2015) o "uso de séries temporais do sensor MODIS pode ser considerado de grande valia para a detecção rápida de desmatamentos". Assim, através das séries temporais de índices de vegetação torna-se possível monitorar a dinâmica da vegetação a partir da extração de assinaturas espectro-temporais específicas para classes de uso e cobertura vegetal.

Neste âmbito, surgem estratégias de monitoramento e análise da dinâmica do uso e cobertura do solo. Um dos principais projetos é o Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS) que de forma rápida e atualizada quantifica e qualifica os processos e alterações dos biomas brasileiros, através da geração de mapas temáticos anuais (MAPBIOMAS, 2019). O objetivo deste trabalho consistiu em analisar o comportamento espectro-temporal de classes representativas da cobertura vegetal e uso das terras no município de Euclides da Cunha-BA. A partir das séries temporais espera-se caracterizar as diferentes classes naturais e antrópicas entre os anos de 2001 a 2017, bem como associar tais dados com os mapas temáticos produzidos pelo MAPBIOMAS.

2. Materiais e Métodos

O município de Euclides da Cunha localiza-se no nordeste do estado da Bahia (Figura 1), possui área de 2.028,421 km² (IBGE, 2010) e está inserido no bioma Caatinga. A tipologia climática predominante no município é BSwh' segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e invernos que variam de quentes a frios e com precipitação mínima (KÖPPEN, 1948). A precipitação anual varia positivamente de oeste para leste, entre 650 e 750 mm, com temperatura média anual em torno de 24,5ºC (PEIXOTO, et al., 2001).

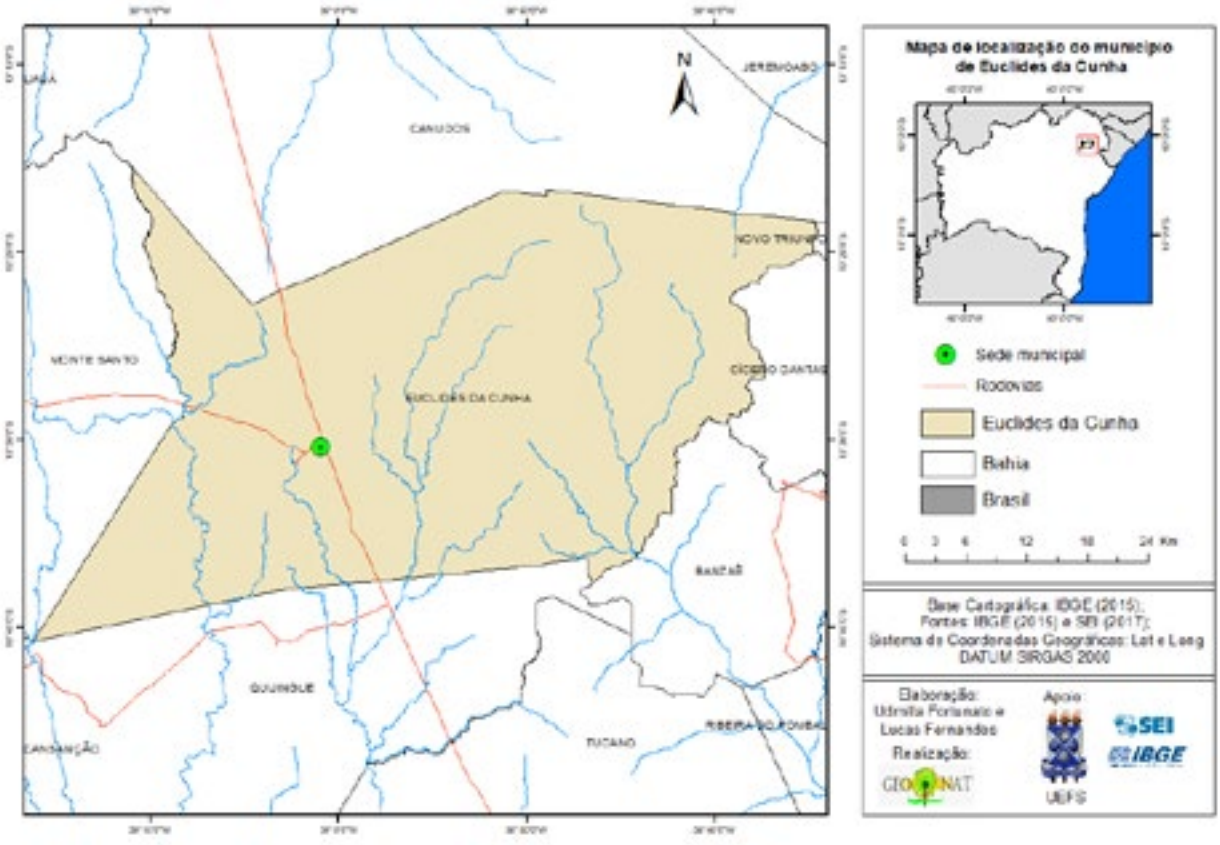


Figura 1 – Mapa de localização do município de Euclides da Cunha-BA.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizada a revisão bibliográfica acerca dos principais conceitos para embasar o referencial teórico-metodológico, são eles: sensor MODIS, uso do solo e cobertura das terras, séries temporais e índice de vegetação, Filtros temporais.

Adquiriram-se imagens MODIS/Terra do produto MOD13Q1 (Vegetation Index 16-Day L3 Global 250 m) que contém o índice de vegetação EVI, através do sítio eletrônico (http://www.modis.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home), desenvolvido pela Embrapa com o objetivo de facilitar o acesso público aos dados do sensor MODIS. As principais características dos dados são: resolução espacial de 250 m e temporal de 16 dias, Datum WGS-84, formato Geotiff. Foram adquiridas 391 imagens para um período

compreendido entre os anos de 2001 e 2017, sendo 23 imagens por ano. Esses dados foram recortados no software ENVI conforme o limite da área de estudo e organizados cronologicamente para compor a série temporal.

A série temporal foi filtrada no programa TIMESAT (EKLUNDH e JÖNSSON, 2015) que objetiva principalmente analisar séries temporais. A suavização de séries temporais consiste em uma etapa necessária, pois geralmente são contaminadas por ruídos, o que implica no uso de filtros para removê-los ou minimizá-los (SANTANA et al, 2010).

O método de filtragem utilizado foi o *Savitzky-Golay* que realiza a suavização da curva ao utilizar ajuste linear de mínimos quadrados através de sucessivas equações polinomiais (SATVeg, 2018). Esse método é baseado em média móvel, cujo valor da janela é pré-estabelecido conforme a natureza do ruído, sendo considerado mais flexível, em relação à suavização dos espectros temporais, quando comparado aos demais filtros implementados no Timesat (SANO, et, al., 2015).

Também foram utilizados mapas temáticos provenientes do projeto Mapbiomas para o período de 2001-2017 derivados de um mosaico de imagens dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, cuja resolução espacial foi de 30 m. As classes de uso e cobertura das terras identificadas foram, Formação Florestal, Formação Savânica, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Infraestrutura Urbana e Outra área não vegetada (Figura 2). Os mapas temáticos correspondentes foram importados para o software *TerrSet* 18.31.

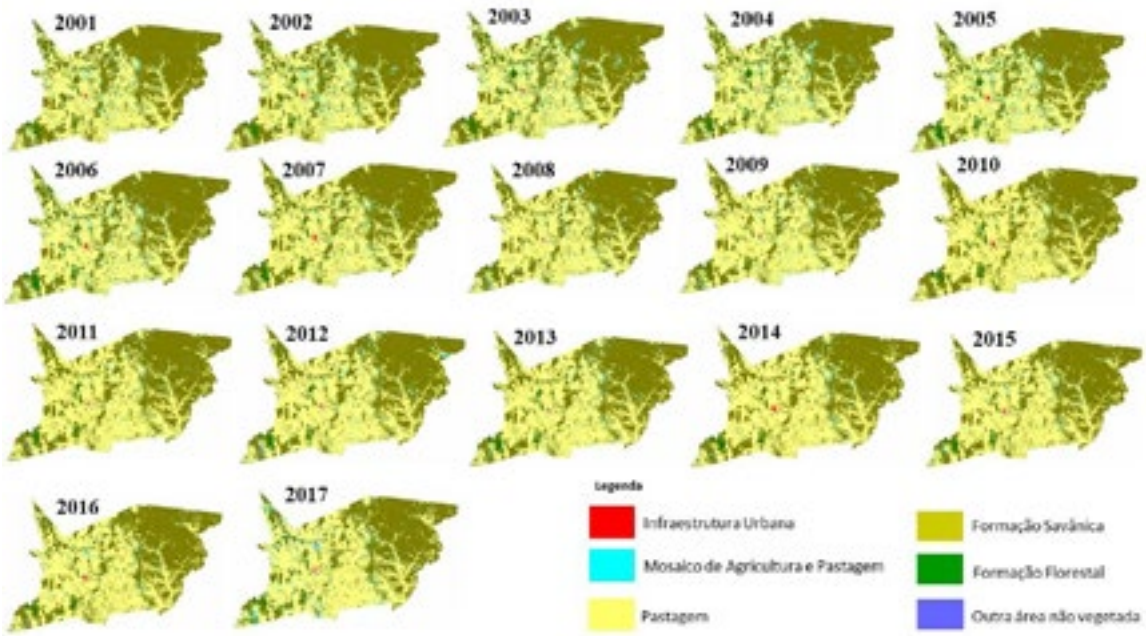


Figura 2 – Mapas temáticos do projeto Mapbiomas do município de Euclides da Cunha para os anos de 2001 a 2017.

Foram coletados pontos (pares de coordenadas), para cada categoria de uso e cobertura vegetal, exceto para a classe “Outra área não vegetada”. Estes foram importados para o ENVI e sobrepostos a série temporal de EVI a fim de extrair a assinatura espectro-temporal do pixel correspondente ao ponto, obtendo assim a identificação dos espectro-temporais correspondentes. Para facilitar o entendimento da metodologia adotada nesta pesquisa o fluxograma apresentado na Figura 3 ilustra as principais etapas utilizadas.

Figura 3 – Fluxograma dos principais procedimentos metodológicos utilizados.

3. Resultados e Discussões

As assinaturas espectro-temporais correspondem a 391 valores de EVI da série do sensor MODIS adquiridos entre os anos 2001 a 2017. Essas curvas apresentam movimentos cíclicos correspondentes a sazonalidade presente em cada fitofisionomia ou classe de uso, associadas aos fatores do clima, relevo e uso do solo, tornando possível detectar tendências e mudanças na dinâmica da cobertura vegetal.

As análises dos espectros demonstraram ruídos nos valores brutos de EVI, geralmente causados pelas limitações oriundas de cobertura de nuvens e/ou por ângulos de incidência relativamente elevados do sensor (COUTO, et al., 2013; BORGES, et al., 2014). Assim como recomendam Shao et al. (2016), para diminuir o efeito dos ruídos, aplicam-se técnicas de filtragem para suavização das séries temporais.

Neste estudo, aplicou-se o filtro Savitzky-Golay, indicado como o mais eficiente para minimizar ou eliminar ruídos sem modificar o padrão da assinatura espectro-temporal do

índice de vegetação (Adami, 2010; Arvor et al., 2011; Chaves et al.; 2017). Na comparação entre assinaturas de pixels filtrados e não filtrados nota-se de maneira geral o desempenho do filtro na suavização de valores excessivamente altos e baixos (Figura 3).

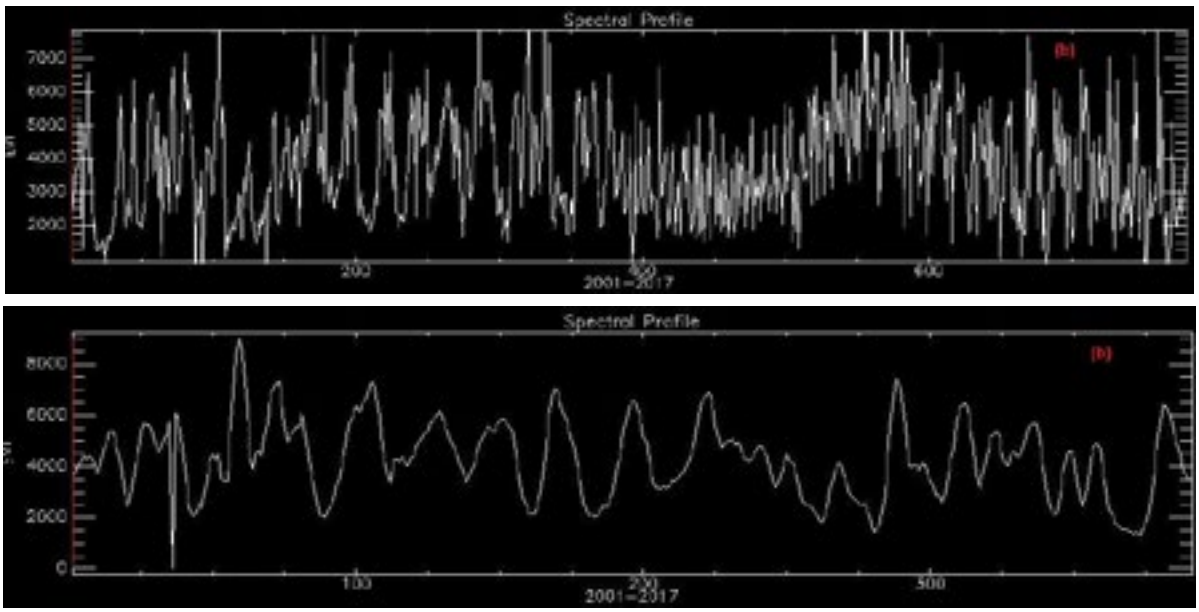


Figura 3. Assinaturas espectro-temporais de pixels não filtrado (a) e filtrado (b).

A Figura 4 mostra a série temporal correspondente à formação florestal, nessa observa-se que a classe alcança um padrão acentuado nos valores de EVI, com valor máximo de 0,8. Porém, ressalta-se que a classe está inserida no bioma Caatinga, assim existindo interferência da sazonalidade climática, especialmente da pluviosidade, possibilitando que a fitofisionomia também apresente valores mínimos, tal como, 0,08, o que indica baixa atividade fotossintética (ARAI, et. al., 2009).

Analogamente estudo feito por Sano (2015) no bioma Cerrado no município de São Miguel do Araguaia, a mesma classe apresentou valores médios de EVI de 0,24, que pode ser explicado pela densidade da cobertura vegetal, decorrente de sazonalidade climática regular, diferentemente da Caatinga.

Figura 4. Assinatura espectro-temporal da classe Formação Florestal.

A Figura 5 representa a série temporal da classe Infraestrutura Urbana, nota-se que apesar de não possuir valores de EVI elevados, quando comparada às demais classes identificadas, a partir de 2012 há redução abrupta destes, variando do máximo de 0,33 a mínimo de 0,11, indicando a substituição de outra classe, mais especificamente, aumento das áreas edificadas e redução de remanescentes de vegetação nas áreas consideradas urbanas.

Figura 6. Assinatura espectro-temporal da classe Infraestrutura Urbana.

A classe Formação Savânica, representada na Figura 7, apresentou alterações consideráveis nos valores de EVI, principalmente a partir do ano 2012, as quais podem estar relacionadas às alterações da vegetação como também a alguma interferência climática devido aos efeitos da sazonalidade. O valor mais elevado de EVI encontrado foi de 0,65 no ano 2017

e o valor mínimo foi 0,08. Enquanto no bioma Cerrado a formação savânica apresentou valores médios de EVI variando de 0,26 a 0,38 (Borges et al., 2014).

Figura 7. Assinatura espectro-temporal da classe Formação Savânica.

A assinatura de Pastagem, representada na Figura 8, apresentou valores de EVI não muito elevados quando comparada às demais assinaturas espectrais. Essa classe apresentou valor máximo de 0,55 em 2013 e valor mínimo de 0,08, sendo que a partir de 2011 é perceptível na assinatura espectro-temporal redução nos valores de EVI, tendo possivelmente ocorrido processos de degradação que podem ocasionar a diminuição gradativa da vegetação no município.

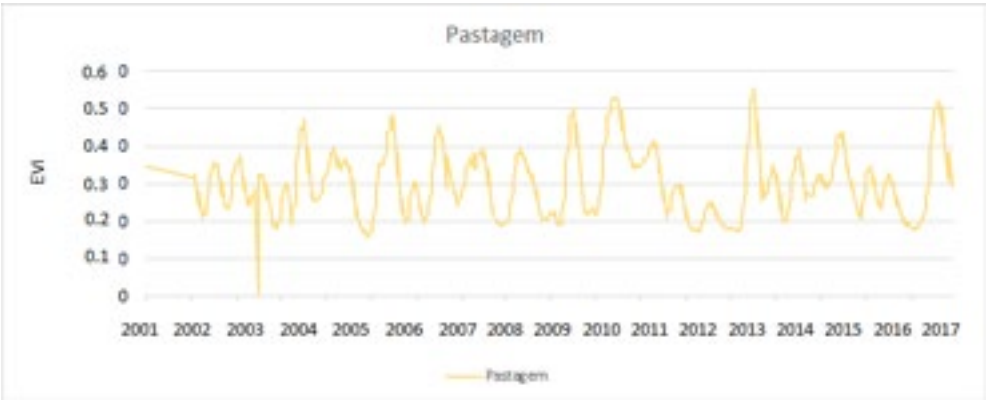


Figura 8. Assinatura espectro-temporal da classe Pastagem.

A figura 9 representa a assinatura espectro-temporal da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem, a qual apresentou fortes variações ao longo da série temporal. A assinatura acompanhou a sazonalidade da região, o que demonstra que as atividades praticadas são dependentes das condições meteorológicas, como a agricultura de sequeiro. Os valores mais elevados de EVI foram encontrados nos meses de estação chuvosa, apresentando comportamento ascendente no início do ciclo. Todavia, o EVI apresentou sensibilidade hídrica no período de baixos índices pluviométricos no município, principalmente no ano de 2012, no qual ocorreu intenso período de seca na região (SANTOS, et al., 2012).

Figura 9. Assinatura espectro-temporal da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem.

Na Figura 10 pôde-se realizar um comparativo entre as assinaturas espectro-temporais das classes estudadas. Nota-se que a Formação Florestal alcança os valores mais elevados de EVI, corroborando o que foi apresentado na Figura 4, seguida pela classe Mosaico de Agricultura e Pastagem que em períodos chuvosos alcançou valores elevados próximos ao padrão da formação florestal. Em contrapartida, a infraestrutura urbana é a única classe que apresenta um padrão de valores baixos.

Figura 10. Assinaturas espectro-temporais das classes utilizadas na pesquisa.

4. Considerações Finais

As assinaturas espectro-temporais entre os anos de 2001 e 2017 permitiram discriminar e caracterizar as diferentes classes de cobertura vegetal e uso de terras no município de Euclides da Cunha. As análises de séries temporais de EVI e dos mapas temáticos do MAPBIOMAS demonstram que é possível utilizar assinaturas espectro-temporais para discriminação das classes de cobertura vegetal e do uso de terras no bioma Caatinga, assim como, é viável identificar as principais mudanças associadas aos padrões das fitofisionomias. Recomenda-se o uso das séries temporais e de assinaturas espectro-temporais para caracterização de outras classes, assim como para outros biomas.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M. **Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens MODIS.** 2010. 163p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

ARAI, Egídio, et al. Análise de séries temporais MODIS e TRMM nas áreas de caatinga, cerrado e floresta. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p.5081-5088, 25 abr. 2009.

ARVOR, D.; Jonathan, M.; Meirelles, M.S.P.; Dubreuil, V.; Durieux, L. **Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil**. International Journal of Remote Sensing, v. 32, n. 22, p. 7847–7871, 2011.

BORGES, E. F.; SANO, E. E.; MEDRADO E. **"Radiometric quality and performance of TIMESAT for smoothing moderate resolution imaging spectroradiometer enhanced vegetation index time series from western Bahia State, Brazil**." Journal of Applied Remote Sensing 8 (2014), Paper 083580-1.

COUTO Jr., A. F.; CARVALHO Jr., O. A; MARTINS, E. S. Séries temporais de NDVI, EVI e NDWI do sensor MODIS para caracterização fenológica do algodão. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 65(1), p. 199-210, 2013

EKLUNDH, L.; JÖNSSON, P. Timesat 3.2: **Software Manual**. Lund University and Malmö University, Suécia, 82 p., 2015

INPE. **Sensor Modis: Uma abordagem geral**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2003.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 23/12/2018.

MAPBIOMAS. "Projeto Mapbiomas – **"Coleção 3 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil"**, Acessado em 10 de janeiro 2019 através do link: http://mapbiomas.org. Acesso em: 10 de jan. 2019.

PEIXOTO, Sérgio Elísio Araújo Alves et al. **Sistemas Agrícolas dos Pequenos Produtores do Município de Euclides da Cunha-BA.** Petrolina: Embrapa, 2001. 63 p.

RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil.** São José dos Campos: Parêntese, 2007. 423 p

SANO, E.E.; BAYMA, P.A.; **Séries temporais de índices de vegetação (ndvi e evi) do sensor modis para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado.** Boletim de Ciências Geodésicas - On-Line version, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 4, p.797-813, out-dez, 2015.

SANTOS, E. et al. A seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-ce. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 1, n. 5, p.819-830, 2012.

SHAO, Y.; LUNETTA, R. S.; WHEELER, B.; IIAMES, J. S.; CAMPBELL, J. B. **An evaluation of time-series smoothing algorithms for land-cover classifications using MODIS-NDVI multi-temporal data**. Remote Sensing of Environment, v. 174. pp. 258-265, 2016.

SATVeg - **Sistema de Análise Temporal da Vegetação**. Disponível em: Acesso em: 01 jan. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SALDO DE RADIAÇÃO INSTANTÂNEO EM BACIA HIDROGRÁFICA DA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Elvis Bergue Mariz Moreira [(a)], Eberson Pessoa Ribeiro [(b)], Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley [(c)], Henrique dos Santos Ferreira [(d)]

[(a)] Centro das Humanidades, Universidade Federal do Oeste da Bahia, elvis.moreira@ufob.edu.br

[(b)] Instituto Federal de Pernambuco/ Campus Recife, eberson_pessoa@yahoo.com.br

[(c)] Instituto Federal de Alagoas/ Campus Penedo, lucassaw.13@gmail.com

[(d)] Universidade Federal de Pernambuco/Campus Recife, henriquehsf86@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A quantificação da radiação disponível na superfície, saldo de radiação (Rn) proporciona o entendimento do particionamento em estudos do balanço de energia na baixa troposfera, destacando relevância no monitoramento do clima, culturas agrícolas, hidrologia e cobertura verde. Essa pesquisa objetivou anlisar a distribuição espacial do saldo de radiação instantâneo na bacia hidrográfica do rio de Ondas – BA. Foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 8 OLI/TIR nas datas 30/07/2016 e 20/10/2017 e técnicas de sensoriamento remoto. Os valores encontrados apresentaram variação do (Rn) entre (< 371) a (> 572 W . m^{-2}), as áreas onde há o intenso uso do solo destinado a agricultura e pecuária destacaram os menores intervalos, enquanto as feições com presença de vegetação nativa, corpos hídricos e áreas irrigadas com pivôs, destacaram maior participação nos valores do Rn. Os diferentes tipos de coberturas modularam a distribuição espacial dos valores na bacia em ambos os anos.

Palavras chave: Uso do solo, Fluxos de radiação, Áreas agrícolas

1. Introdução

A quantificação da radiação disponível na superfície, saldo de radiação (Rn) proporciona o entendimento do particionamento em estudos do balanço de energia na baixa troposfera (Bastiaanssen et al., 2005; Allen et al., 2007; Silva et al., 2012), destacando relevância no monitoramento do clima, culturas agrícolas, hidrologia e cobertura verde. Nesse sentido, o saldo de radiação (Rn) é o principal responsável no aquecimento do solo, ar e evapotranspiração de vegetação nativa (OLIVEIRA et al., 2014).

A obtenção do (Rn) pode ser realizado através do saldo radiômetro empregados em estações meteorológias convencionais e automáticas, que realizam o cômputo dos fluxo de radiação de entrada e saída, em áreas com representação espacial pequena, portanto, realizam medições pontuais com elevada precisão. No entanto, são limitados em estudos regionais ou em áreas heterogêneas, além de possuirem custos elevados (GOMES et al., 2009; DI PACE et al., 2008). Diante disso, medições do saldo de radiação que representem os valores instantêos espacializados em diversos tipos de coberturas são realizados através de sensores orbitais e técnicas de sensoriamento remoto que podem ser realizados com imagens de satélites obtidas gratuitamente.

A bacia hidrográfica do Rio de Ondas, localizada na região do oeste da Bahia, destaca-se com alto potencial hídrico e importante polo agropecuário em escala nacional, entretanto ao longo dos anos tem apresentado importantes modificações no uso e ocupação do solo, podendo assim influenciar na redução dos valores de radiação disponível na superfície.

Neste sentido, este trabalho objetivou analisar a influência do uso do solo na distribuição espacial do saldo de radiação instantâneo na bacia hidrográfica do rio de Ondas – BA, através dos sensores orbitais OLI/TIR do satélite Landsat 8.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas – BA situada na região Oeste do Estado da Bahia, entre as coordenadas 11°55’ e 12°34’ de latitude sul e 46°23’ e 45°0’ de longitude oeste, (Figura 1). O limite da bacia compreende os municípios de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães, regiões em destaque no cenário nacional no setor do agropecuário e importante polos econômicos.

A região da bacia apresenta clima com variação de úmido a sub–úmido e de seco a sub–úmido, conforme classificação (AYOADE, 2007), com estações chuvosa concentrando–se entre os meses de outubro a abril e volumes de precipitações anuais entre 600mm a 1200mm, destacando a região oeste da bacia com os maiores volumes acumulados.

O período seco inicia entres os meses de abril a outubro onde o o registro de precipitação fica próximo de 0,0 mm. O período da aquição das imagens para estimativa não contemplou acumulado de precipitação, assim como nos três últimos meses que correspondem a data da passagem do satélite na região.

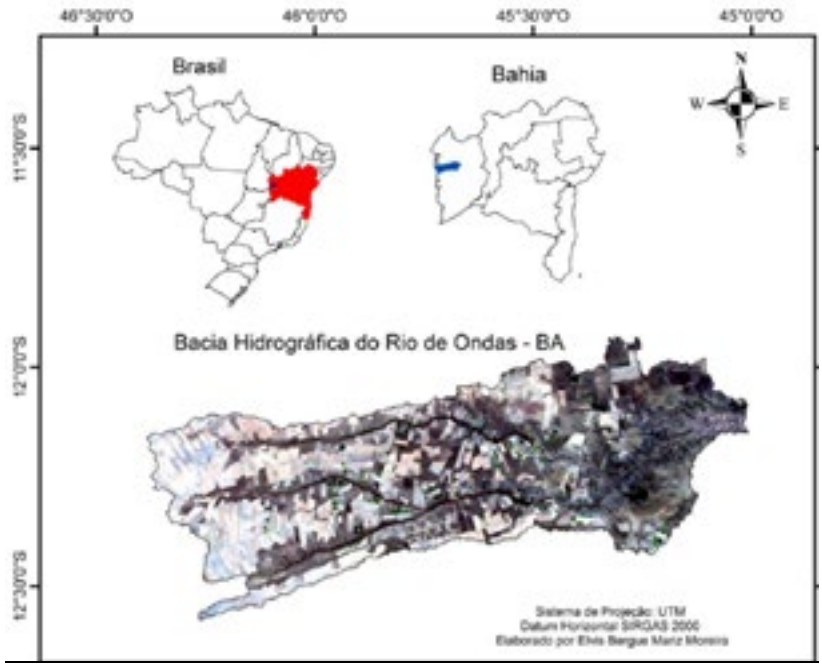


Figura 1. Imagem Landsat 8 (4,3,1), destacando a localização da Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas – B.

2.1 Processamento das imagens

Foram utilizadas duas imagens digitais gerada pelo sensores OLI/TIR abordo do satélite Landsat 8, nos dias sequenciais do ano 211/2016 correspondendo a 30 de julho de 2016 e 294/2017 em 21 de outubro de 2017. Essas imagens passaram por etapas de empilhamento, reprojeção e mosaico, posteriorente iniciou-se a calibração e estimativa do balanço de radiação. O proessamento dessses

parâmetros foram realizados utilizando os softwares Erdas Imagine versão 9.3, já a elaboração dos mapas ocorreu no ArcGis versão 10.3.

Imagens da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) foram utilizadas para delimitação do limite da bacia, assim como nas etapas de calibração para estimativa do albedo da superfície. Os dadoss do satélite Landat 8 e SRTMs foram obtidas gratuitamente no site da *United States Geological Survey* (USGS).

A seleção das imagens baseou-se na disponibilidade da cobertura espacial da área e no menor percentual de nebulosidade. Não foi registrada precipitação nas datas escolhidas, assim como nos três meses que antecederam a passagem do satélite na área em estudo.

O saldo de radiação Rn é uma variável fundamental para o cômputo do balanço de energia e que envolve a calibração radiométrica, cálculo da reflectância, albedo, índices de vegetação, emissividade e temperatura da superfície (SILVA et al., 2011), sendo calculado através da seguinte equação:

$$Rn = R_{S\downarrow}(1-\lambda) + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (1)$$

em que $R_{S\downarrow}$ é a radiação de onda curta incidente em cada pixel, calclulada através da equação:

$$R_{S\downarrow} = S.\cos\theta.\mathrm{d_r}.\tau_{sw} \quad (2)$$

onde S é a constante solar (1367 W m^{-2}); d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra – Sol (em unidade astronômica - UA), dada por Iqbal (1983):

$$\mathrm{d_r} = 1 + 0{,}033\cos\left(\frac{2\pi}{365}DSA\right) \quad (3)$$

em que *DSA* é o dia sequencial do ano

τ_{sw} é a transmissividade atmosférica, que para as condições de céu claro é calculada em função da pressão atmosférica e da água precipitável (ASCE-EWRI, 2005; ALLEN *et al.,* 2007a; GOMES *et al.,* 2009; SILVA *et al.,* 2011), sendo dada por:

$$\tau_{sw} = 0{,}35 + 0{,}627 \exp\left(\frac{-0{,}00146P}{K_t \cos Z} - 0{,}075 \left(\frac{W}{\cos Z}\right)^{0{,}4}\right) \quad (4)$$

A pressão atmosférica foi calculada por:

$$P = 101{,}3\left(\frac{T_a - 0{,}0065z}{T_a}\right)^{5{,}26} \quad (5)$$

em que: T_a (K) é a temperatura do ar, Z é a altitude da superfície que foi representada através do MDE (Modelo Digital de Elevação) local (m).

$$W = 0{,}14 * e_a P + 2 \quad (6)$$

λ é o albedo corrigido de cada pixel, é a radiação de onda longa emitida da atmosfera para superfície, é a radiação de onda longa emitida por cada pixel e ε_0 é a emissividade de cada pixel da cena estudada.

O albedo da superfície corrigido para os efeitos atmosféricos foi obtido através da equação:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (7)$$

sendo α_{toa} o albedo planetário, α_{ρ}, é a radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04.

A radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção da superfície – $R_{L\downarrow}$ -foi calculada pela equação de Stefan-Boltmann, em função da emissividade atmosférica - ε_a e da temperatura do ar - T_a obtida na estação meteorológica na área de estudo:

$$R_{L\downarrow} = \varepsilon_a \sigma T_a^4 \quad (8)$$

Onde ε_a é a emissividade do ar, calculada pelo modelo de Bastiaanssen (1995), calibrado por Allen *et al*. (2002):

$$\varepsilon_a = 0{,}85.\left(\ln \tau_{sw}\right)^{0.09} \quad (9)$$

O terceiro termo do balanço de radiação é representado pela radiação de onda longa emitida pela superfície – $R_{L\uparrow}$ obtida conforme a seguinte equação:

$$R_{L\uparrow} = \varepsilon_0 \, \sigma \, T_s^4 \quad (10)$$

em que σ é a constante de Boltzmann ($5{,}67 \times 10^{-8}$ W $m^{-2}K^{-4}$), T_s é a temperatura da superfície, ε_0 é a emissividade de cada *pixel* calculada em função do IAF e SAVI. Essas etapas são encontradas em Moreira (2014).

3. Resultados e discussões

A Figura 2, apresenta os valores istantâneos do (Rn) à supefície em imagens do OLI/TIR – Landsat 8, para os dias 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente. Os valores encontrados apresentaram variação de (< 371) a (> 572 W . m^{-2}). Os valores médios encontrados foram 438 e 479 W . m^{-2}, em 2016 e 2017, respectivamente, e com variação em torno da média de 43 W . m^{-2} em 2016 e 44 W . m^{-2} , 2017 respectivamente, e mínimo de 302 e 330 W . m^{-2} . Oliveira et al (2014), utilizando metodologia semelhante em imagens do MODIS, para Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá – PE , encontrou variação do Rn entre 400 a 700 W. m^{-2} .

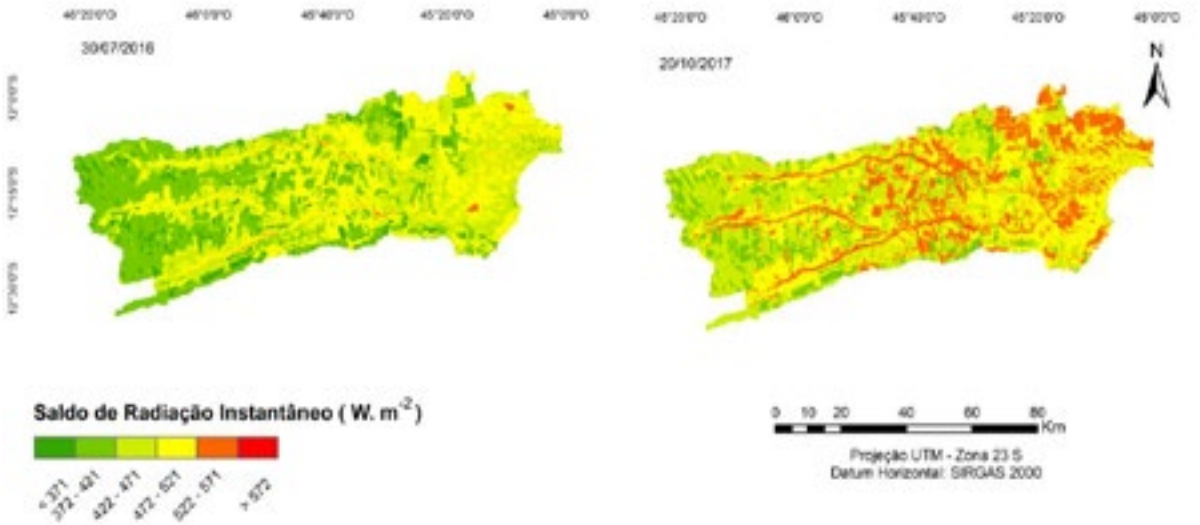


Figura 2. Imagens da distriuição espacial do (Rn) na bacia hidrográfica do rio de Ondas – BA em 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente

As feições com presença de vegetação nativa, corpos hídricos e superfícies irrigadas, representadas nas classes em cor laranja e vermelho, valores elevados de radiação disponível para aquecimento da superfície e baixos de radiação refletida, destacaram interevalos situados entre 522 a 571 W. m^{-2} e > 572 W . m^{-2}, respectivamente. Cavalvante et al. (2016), utilizando a mesma metodologia encontraram 731,8 e 797,14 W. m^{-2} em corpos hídricos.

Os valores intermediários, foram encontrados nas áreas onde há o predomínio de cobertura verde de baixo porte e/ou agricultura sem uso de irrigação com pivôs, apreentaram inrtervalos entre 472 a 521 W. m^{-2} , situados na classe amarela. As áreas onde o solo apresenta intensa ocupação destinado para agricultura de sequeiro ou nas feições com baixo percentual de vegetação, apresentou variação de 348 a 395 W. m^{-2} .

A Figura 3 apresenta os percentuais das classes de pixels do Rn nos respectivos anos. A classe que apresentou os maiores intervalos (> 572 W. m^{-2}) não houve representação significativa, verificou-se aumento de 20% de pixels do Rn situados na classe com elevada presença de cobertura verde e áreas irrigadas, intervalos de 522 – 571 W. m^{-2} no ano de 2017. No ano de 2016 a classe com maior representação do Rn, 472 – 521 W. m^{-2} elucidou 39% do total dos pixels da imagem.

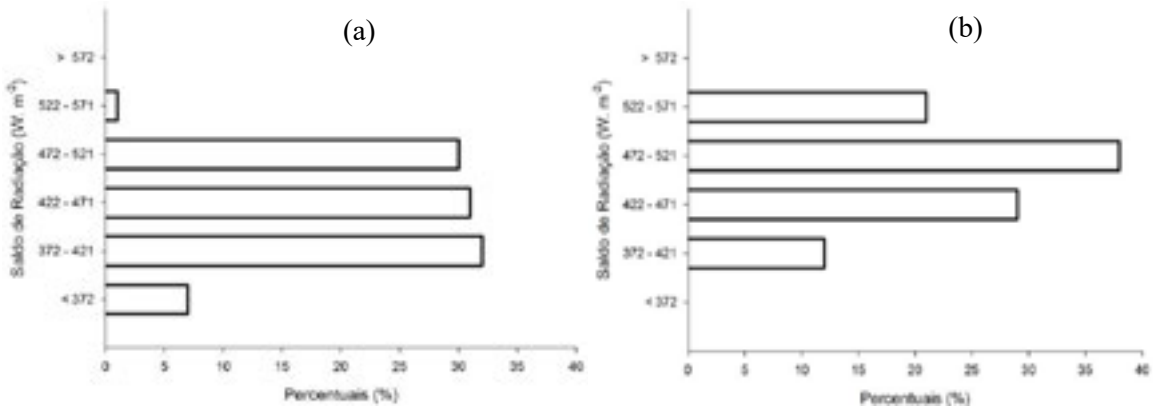
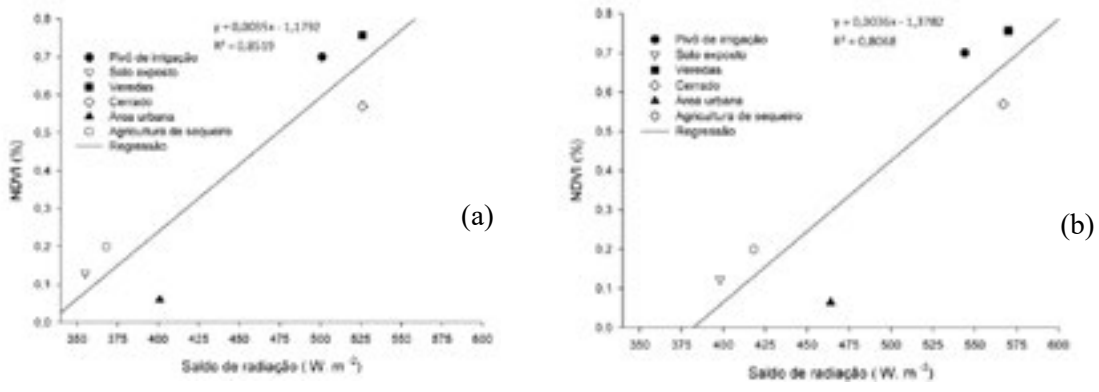


Figura 3. Percentual das classes de pixels do Rn em 20/07/2016 (a) e 20/10/2017 (b), respectivamente.

Nas feições onde ocorre intenso usdo do solo com elevada supressão da cobertura verde, apresentaram redeução do total de pixels em já o intervalo onde ocorre intenso uso do solo os menores valores (< 321 W. m^{-2}) apresentaram 7% dos pixels do Rn em 2016, e sem representação no ano de 2017. Eivdenciou aumento de 8% na classe 472 – 521 W. m^{-2} no ano de 2017 e, redução de 20% nos intervalos 372 – 421 W. m^{-2}.

Foram selecionados e correlacionados (R^2) os valores do Rn e NDVI nos seguintes alvos: Pivô de irrigação, Solo exposto, Veredas, Cerrado, Área urbana e Agricultura de sequeiro nos 2016 e 2017, conforme Figura abaixo. Os alvos representados pelas Veredas e Cerrado, apresentaram Rn superiores a 500 W. m^{-2} e com NDVI > 0,5, enquanto no alvo árrea urbana foi encontrado o menor valor do Rn com 400 W. m^{-2} e 460 W. m^{-2}, 2016 e 2017, respectivamente. Nesse alvo o valor do NDVI ficou próximo de 0,0 %, seguido dos alvos Agricultura de sequeiro e Solo exposto, com NDVI < 0,2%. O Rn nesses alvos no ano de 2016 foi < 375 W. m^{-2} , já em 2017 os valores apresentaram um aumento de 42 W. m^{-2}. Esses resultados apresentaram uma forte corrrelação entre os maiores valores do NDVI que impulsionou altos valores de Rn nos dois períodos analisados, destacando (R^2) 0,8519 (30/07/2016) e 0,8068 (20/10/2017). Esse fato ocorre devido a resposta espectral da vegetação possuir características de absorção de radiação, ocasionando menor alberto e maior concentração de radiação disponível para o Rn.



(a) (b)

Figura 4. Correlação de alvos do (Rn) e NDVI em 30/07/2016 (a) e 20/10/2017(b)

A Figura 5 apresenta os valores médios do (Rn) e albedo da superfície em seis alvos distintos. As áeas que apresentam os menores percentuais de radiação refletida, na distribuição espacial do Rn, rea relação entre os valores médios dos pixels do (Rn) e Albedo da superfície em seis alvos no período analisado foi representado na Figura 5.

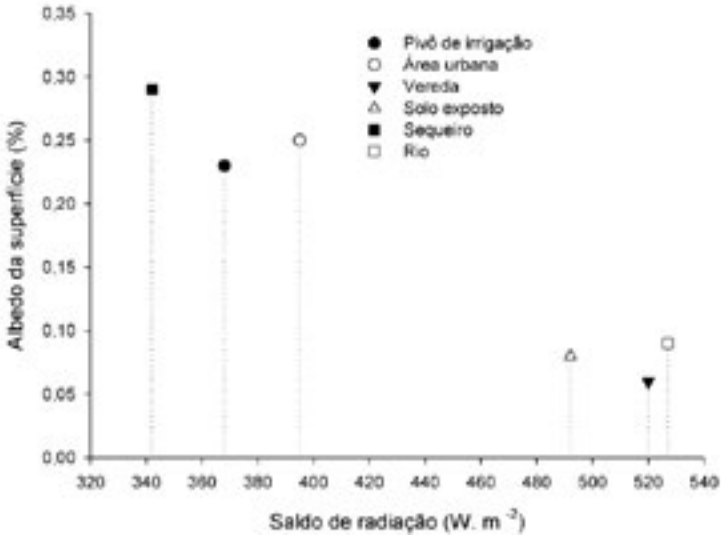


Figura 5. Valores médios de pixels do Rn e Albedo da superfície em seis feições do uso do solo

As feições com valores do Rn superior a 490 W. m^{-2} apresentaram albedo < 0,9% , comportanto esperado para alvos com alta absorção de radiação e baixo percentual de radiação refletida. Já os alvos, com valores do Rn < 400 W. m^{-2}, destacarm albedo > 0,23. Nesses alvos o maior percentual de radiação é refletido para atmosfera, favorecendo assim a menor quantidade de radiação na superfície, esse baixo percentual modula o comportamento do saldo.

4. Considerações Finais

O saldo de radiação instantâneo na bacia hidrográfica do rio de Ondas, estimado por imagens Landsat 8, representou satisfatoriamente a distribuição espacial dos diversos tipos de coberturas,

possibilitando relacionar o comportamento da radiação disponível na superfície com os diferentes usos do solo. As áreas onde há o intenso uso do solo destinado a agricultura e pecuária apresentaram os menores valores, enquanto as feições com presença de vegetação nativa, corpos hídricos e superfícies irrigadas com pivôs, a maior participação nos valores do Rn. Os diferentes tipos de coberturas modularam a distribuição espacial dos valores na bacia em ambos os anos.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R., TASUMI, M., TREZZA, R. Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). Advanced training and Users Manual. Idaho implementation, version 1.0, 2002. 98p.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.133, p. 380-394, 2007a.

ASCE-EWRI - American Society of Civil Engineers - Environmental and Water Resources Institute. ASCE-EWRI Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee Rep., ASCE, 2005.

AYOADE, J. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Tradução de Maria Juraci Zani dos santos, 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 322p. 2007.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; NOORDMAN, E. J. M.; PELGRUM, H.; DAVIDS, G.; THORESON, B. P.; ALLEN, R. G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.131, p.85–89, 2000.

CAVALCANTE, L. BARBOSA.; INÁCIO, A. S.; BARROS, G. H.; JIMÉNEZ, R. M. N. Cálculo do Saldo de Radiação Pelo Algoritmo Sebal na Porção do Baixo-Médio São Francisco, Brasil, Utilizando Um Software de Código Livre. Revista Brasileira de Cartografia (2016), No 68/8: 1515-1529.

DI PACE, F. T.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R.; SILVA, S. T. A. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.385-392, 2008.

GOMES, H. F.; SILVA, B. B.; CAVALCANTI, E. P.; ROCHA, H. R. Balanço de radiação em diferentes biomas no estado de São Paulo mediante imagens Landsat 5. Geociências, v. 28, n. 2, p. 153-164, 2009.

IQBAL, M. An Introduction to Solar Radiation. Toronto: Academic Press Canada, 1983. 390 p.

MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S.; SILVA, B. B. da.; RIBEIRO, E. P. O modelo SEBAL para estudos de clima intraurbano: aplicação em Recife, Pernambuco, Raega, v. 39, p.247–265, 2017.

OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B. da.; ANTONINO, A. C. D.; Moura, A. E. S. S. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos MODIS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.18, n.10, p.1039–1046, 2014., 2002. 24 p.

SILVA, B. B da., BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. Revista Caatinga, v.24, n.3, p.145-152, 2011.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PRODUTORES DE FRUTAS E HORTALIÇAS POR UNIDADES DE RELEVO NO MUNICÍPIO DE NOVA ESPERANÇA DO SUL, RS

Ricardo Vieira da Silva (a), Romario Trentin (b), Lucas Krein Rademann (c), Alessandro Carvalho Miola (d), Jonatas Giovani Silva Aimon(e)

(a) Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, ric.sveira@gmail.com

(b) Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, romario.trentin@gmail.com

(c) Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, lucasrademann@yahoo.com

(d) Colégio Politécnico da UFSM, Universidade Federal de Santa Maria, alessandro@politecnico.ufsm.br

(e) Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, jonatasaimon@gmail.com

Eixo:

Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A ocupação do espaço geográfico ocorre essencialmente em razão das condições geomorfológicas, sendo esta formadora do relevo relacionada às características litológicas, pedológicas, hidrológicas e climáticas. Ao analizar o relevo sobre a ótica da ocupação humana e das atividades ali desenvolvidas, percebe-se claramente a limitação que o mesmo impõe. O presente trabalho teve como objetivo a definição de unidades de relevo e sua correlação com a atividade hortifrutícola no Município de Nova Esperança do Sul RS, através das técnicas de geoprocessamento. Verificou-se uma predominância na ocupação por parte dos produtores pelas unidades colinas leves onduladas e onduladas, as quais representam 92,005 km² de área, ou seja, mais de 80% do território do município e concentrapraticamente 50% dos produtoes

Palavras chave: Unidades de relevo, geomorfologia, geoprocessamento, hortifruticultura

1. Introdução

A ocupação do espaço geográfico ocorre essencialmente em razão das condições geomorfológicas, sendo esta formadora do relevo relacionada às características litológicas, pedológicas, hidrológicas e climáticas. Essas relações intrínsecas são essenciais nos estudos socioambientais e principalmente no ordenamento e gestão territorial. Ao estabelecer as relações entre homem e natureza tornam-se possível sua correta caracterização, pois os mesmos fornecem elementos que auxiliam na tomada de decisão, visto que a ação antrópica impõe a paisagem graus diferentes de degradação ambiental CHRISTOFOLETTI et al (1993).Para Guerra & Cunha (1998, pág. 24), o relevo configura-se como principal elo de ligaçãoentre o homem e a natureza, em que as atividades humanas se estabelecem, fornecendo elementos essências ao desenvolvimento como por exemplo: cidades, assentamentos rurais, construção de rodovias, agricultura, etc.

Diante disso, estudos geomorfológicos tem despertado o interesse da comunidade científica abordando as relações relevo/natureza, em especial os conduzidos pelo Laboratório de Geologia Ambiental-LAGEOLAM da Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, entre eles. (TRENTIN, R. 2004, 2007 2012; DE NARDIN & ROBAINA, 2005; TRENTIN & ROBAINA, 2006; ROBAINA et al , 2010). Tais trabalhos desenvolvidos utilizavam como pré-requisitos os parâmetros altimétricos, declividade, forma das encostas e suas relaçõesintrínsecas, para então definir as unidades de relevo. Para tal, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas- SIG se torna fundamental na extração de tais atributos, uma vez que os mesmos fornecem algoritmos eficientes, pois combinam agilidade e precisão IWAHASHI & PIKE (2007).

A produção hortifrutícola em grande parte dos municípios brasileiros é praticada por pequenos produtores, sendo que para alguns, a mesma é sua atividade principal, a atividade tem um enorme potencial produtivo, contribuindo para a geração de renda, fixação do homem no campo, geração de divisas etc. Colocando-a como um importante mecanismo de desenvolvimento rural. Por outro lado a produção oriunda dessas propriedades situa-

se próximo à zona urbana, principalmente a olericultura em relação à fruticultura, o que favorece o abastecimento do mercado local. Dessa forma, o presente trabalho propõe uma correlação entre as unidades de relevo e sua simultaneidade geomorfológica com os produtores de frutas e hortaliças.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo compreende o município de Nova Esperança do Sul, RS, situado no noroeste do estado, entre as coordenadas geográficas 29° 19' 37" S e 54° 45' 2" W (Figura 1). Limitando-se ao norte com os municípios de Santiago, ao sul com São Francisco de Assis e Jaguari, a leste com Jaguari e a oeste com São Francisco de Assis. Possui uma população de 4.671 hab, tendo sua maioria vivendo na area rural, densidade demografica de 24,46 hab/km² conforme o IBGE (2010). Sua altitude é de 318 metros e extensão territorial de 191 km², clima Subtropical úmido e mediamente úmido, com ocorrencia de verões quentes e invernos frios, sem estações secas com precipitação entre 1500 mm a 1800 mm/a, temperatura média anual entre 17º C a 26º C de acordo com Rossato (2011). Encontra-se distante 440 km de Porto Alegre a capital do Estado, sendo que o acesso ao mesmo ocorre pelas BRs 287 e 377 situadas a leste e oeste, bem como pela VRS 325. O mesmo é integrante do Conselho de Desenvolvimento do Vale Do Jaguri, RS confome a (SEPALG, 2016) criado oficialmente pela Lei 10.283, de 17 de outubro de 1994. O Corede Vale do Jaguari compreende uma regionalização estadual, onde as questões de desenvolvimento regionais são sua maior expressão, face às políticas públicas empreendidas. Seu objetivo maior a promoção do desenvolvimento regional sustentável, sendo que para isso os municípios foram agrupados de acordo com suas características sociais e econômicas, LUIS; P. et al (2011).

Quanto à geologia e a geomorfologia do município este apresenta duas unidades, sendo a Depressão Central e o Planalto Meridional. A depressão central se desolve em porções no sentido nordeste - sudoeste onde predomina rochas sedimentares diversificadas, em relevos de coxilhas variando de ondulado a suve ondulado. Já o Planalo Meridional

ISBN: 978-85-7282-778-2

é formado por rochas basálticas decorrentes de um grande derrame de lavas ocorrido na era Mesozóica, abragendo porções de noroeste – sudeste. Nesse sentido a Geologia e a Geomorfologia possuem estreitos laços colaborativos e são ciências que dão importantes contribuições para o fortalecimento das geociências de modo geral, suas contribuições têm ainda maior importância quando o assunto é ciências humanas, tendo em vista que a geologia e a geomorfologia constituem o suporte das relações/interações naturais e sociais (CASSETI, 2008). Para tal utilizou-se dados espacias do limite municipal, MDE (Modelo Digital de Elevação) folha 29S555, proveniente do Radar SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), com 30 (trinta) metros de resolução espacial, tendo suas depressões corrigidas pelo TopoData do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais- INPE representando suas altitutes. Na definição das unidades de relevo aplicou-se uma serie de procedimentos na folha 29S555 utilizando-seo aplicativo ArcGIS v.10.2.2, extraindo-se vários atributos geométricos/geomorfológicos.

Figura 1- Mapa de localização

ISBN: 978-85-7282-778-2

Na definição das unidades geomorfológicas utilizaram-se os atributos referentes à declividade, altitude, amplitude e comprimento de rampa, conforme fluxograma da (Figura 2). utilizando de algoritmos disponíveis no Arctoolbox do ArcGIS.

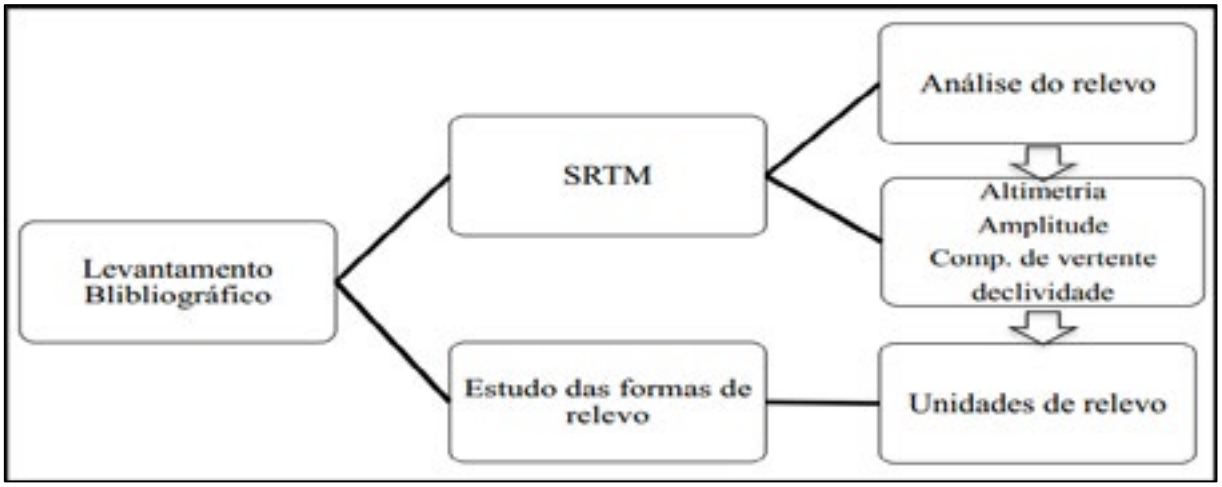


Figura 2- Fluxograma de definição de unidades de relevo

Para a elaboração do mapa de declividade utilisou-se a ferramenta "slope", definindo e três limites, resultando em quatro classes: < 2%; 2 a 5%; 5 a 15% e > 15%, sendo estas adaptadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo (IPT, 1981). Na elaboraçao da hipsométria, foram definidas classes, através de quebras no relevo, transformando-os de dados contínuos para categórico ou discreto, utilizando o algortimo "Reclass by ASCII File" contendo as regras, ficando assim defnidas: 0-100m, 100-200m, 200-300m, 300-400m, 400-500m. Na definição dos comprimentos de rampa recorreu-se ao "Focal Statistc" utilizando uma janela de 3 x 3 definindo a área ao redor de cada celula, em seguida definiu-se os parâmetros estatisticos através do "Range" que calcula o intervalo (diferença entre o maior e o menor valor) das células na vizinhança. Toda a descrição metodologica pode ser consultada em (SANTOS et al, 2017).

3. Resultados e discussões

ISBN: 978-85-7282-778-2

A atividade hortifrutícola no Município de Nova Esperança do Sul, RS é praticada por 25 hortifruticultores que produzem fruitas e hortalição em diferentes localidades. As análises morfométricas do município de Nova Esperança do Sul, RS permitiram estabelecer classes de relevo associadas a diferentes graus de declividade (Figura 3). Percebe-se uma clara distinção das formas de relevo presente, entre as quais se verifica claramente no mapa altimétrico. Já as classes de declividades mais acentuadas ocorrem entre a transição do planaltomeredional e a depreção central.

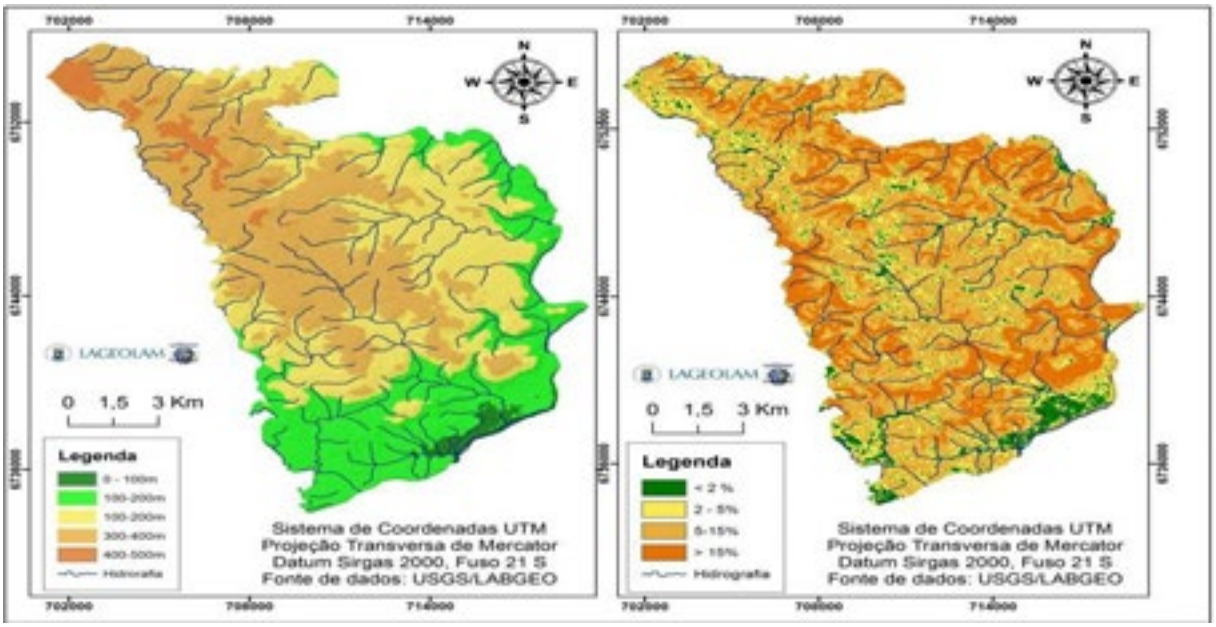


Figura 3- Mapa de altimetria e declividade

As altitudes predominantes estão situadas entre as classes 200-400m perfazendo 182,011 km² (Tabela I), ocupando 94,89% da área. Destacam-se nessas áreas a fruticultura e a olericultura totalizando 25 produtores.

Tabela I – Resultados das classes de altitudes e sua distribuição espacial por hortifruticultores

Classes	Classes	Área (km²)	%	Nº de Produtores	Atividade predominante
1	0-100m	3,337	1,74	-	-
2	100-200m	48,980	25,54	3	Olericultura
3	200-300m	64,780	33,77	11	Fruticultura
4	300-400	68,251	35,58	11	Fruticultura
5	>500m	6,466	3,37	-	-
Total	Total	191,8	100,00	25	-

Fonte: Autores

Já as menores altitudes esta na classe de 0-100, com apenas 3,33km² ou 1,74% da área onde se verifica a transição entre o planalto meridional e a depreção central na qual é margeada a leste pelo rio jaguarizinho afluente do jaguari, enquanto que as maiores altitude situam-se na classe de 500m com respectivamente 6,466 km² ou 3,37% da área.As análises das declividades (figura 3 e tabela II) revelaram que tanto a olericultura como a fruticultura se desenvolve em todas as classes. A classe de 0-2% com área de 14,181km² ou 7,39% representam apenas dois produtores que cultivam tando olericultura como fruticultura. As classes 2- 5% e 5-15% ambas com 130,487 km² e 68% de área constatase a predominância absoluta de hortifruticultores correspondendo a 80%. E finalmente a classe maior que 15% com 47,127 km² ou 24,57% concentram-se apenas três hortifruticultores sendo a fruticultura a atividade predomiante. Como podemos observar tanto a fruticultura como a olericultura se desenvolve em todas as classes de declividade, porém há uma predominancia entre as classes 2-5% e 5-15%, ora em função dos condicionantes geomorfologicas que limita a existencia de uma agricultura mecanizada, ora em razão dessas atividades serem exercidades por pequenos agricultores, sendo aproximadamente 80% conforme (RAIMUNDO, 2016).

Tabela II – Resultados das classes de declividade e sua distribuição espacial por hortifruticultores

ISBN: 978-85-7282-778-2

Classes	Limite inferior	Limite superior	Área (km²)	%	Nº de Produtores	Atividade predominante
1	0%	2%	14,181	7,39	2	Olericultura/Fruticultura
2	2%	5%	40,295	21,01	11	Fruticultura
3	5%	15%	90,192	47,03	9	Fruticultura
4	15%	-	47,127	24,57	3	Fruticultura
Total	-	-	191,8	100	25	-

Fonte: Autores

A distribuição espacial dos produtores por unidades e relevo resultou em quatro unidades, conforme demostrado na (figura 4 e tabela III), assim descritas: unidade áreas planas apresentadas por declividades menores que 2%, associadas a baixas altitudes. Esta unidade compreende a menor área com 12,857 km² ou 6,73% e somente um produtor que desenvolve a fruticultura. Já a segunda unidade denominada de colinas onduladas representa 39,377 km², ou 20,58% de área, sendo esta associada a declividades de 2-5%%, onde 40% dos produtores desenvolvem a fruticultura.

Tabela III – Distribuição espacial dos hortifriticultores por unidades de relevo

Unidades de relevo	Nº de Produtores	Atividade predominante	%	Área (km²)	%
Associação de Morros e Morrotes	2	Fruticultura/Olericultura	8,0	46,981	24,57
Colinas Leves Onduladas	12	Fruticultura	48,0	92,005	48,12
Colinas Onduladas	10	Fruticultura	40,0	39,337	20,58
Áreas Planas	1	Fruticultura	4,0	12,857	6,73
Total	25		100,0	191,180	100

Fonte: Autores

ISBN: 978-85-7282-778-2

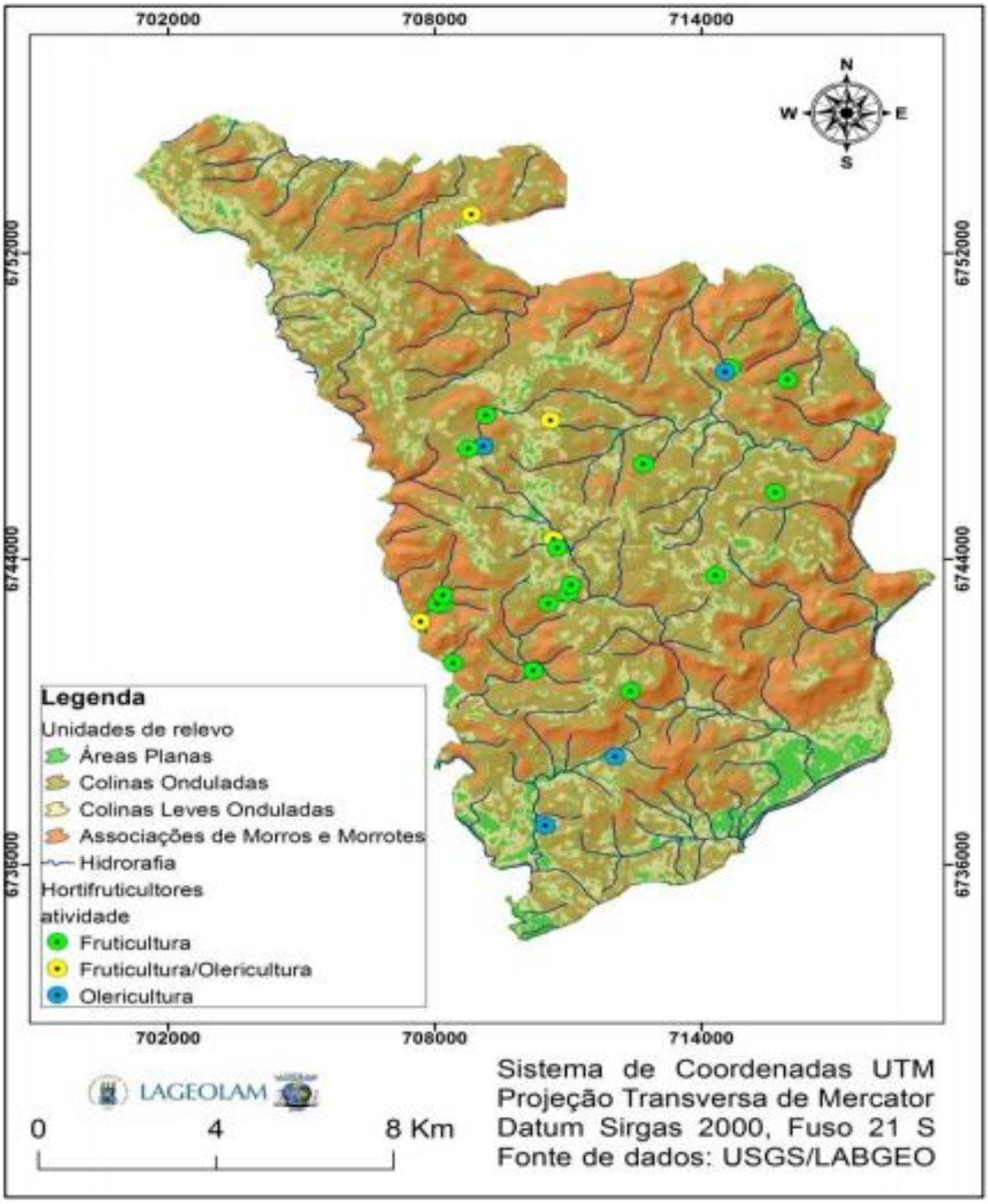


Figura 4- Mapa das unidades de relevo

ISBN: 978-85-7282-778-2

A terceira unidade é representada por colinas leves onduladas, associada a declividades entre 5-15%, perfazendo 48,12% ou 92,005 km² da área. Sendo esta a maior de todas, concentrando 12 produtores que desenvolve a fruticultura. Ou seja, estas duas unidades colinas onduladas e leves onduladas representam mais de 80% do território do munípio e concentram praticamente 50% dos produtoes. A quarta e última unidade denominada de associação de morros e morrotes tem a segunda maior área com respectivamente 46,981 km², e detém 24,57%, e esta associada a declividades maiores que 15% com apenas dois protutores, sendo que ambos desenvolvem tanto a fruticultura como a olericultura. A referida unidade marca a transição entre o planalto meridional e a depreção central, caracterizada com altitudes entre 160m e maiores que 400m.

4. Considerações finais

As definições das unidades de relevo do municipio de Nova Esperança do Sul, RS permitiram observar espacialmente quais e quantos hortifruticultores ocupam uma dada unidade de relevo e as atividades ali praticadas. Portando, podemos afimar que a dispersão geográfica das propriedades rurais olerícolas e frutícolas desenvolve-se no espaço sob forte influência das formas de relevo que limitam ou potencializam as atividades atreladas à localização das propriedas rurais, sendo estas agentes destes arranjos produtivos.

5. Referências Bibliográficas

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1979.CASSETI, V. Geomorfologia. Disponível em: http://www.funape.org.br/geomorfologia/.Acesso em: 02 Dez 2018.

DE NARDIN, D. Zoneamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas. Porto Alegre: UFRGS/PPGEA, 2009.

LUIS; P. et al. CONSELHOS REGIONAIS DE DESENVOLVIMENTO (COREDES) RS: ARTICULAÇÕES REGIONAIS, REFERENCIAIS ESTRATÉGICOS E CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS. DRd – Desenvolvimento Regional em debate, Canoinhas - Santa Catarina, n.1, dez 2011.

MIRACATÚ. OESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada – 05 a 09 de setembro de 2005 – USP.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B.(org). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Cidades. Nova Esperança do Sul. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/nova-esperanca-dosul/panorama> Acesso em: 14 de dez.2018.

IPT. Mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. Escala 1:500.000. (IPT - publicações, 1183) 1981.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. Geomorphology86(3-4): 409-440, 2007.

ROBAINA, L. E. S. et al. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO IBICUÍ, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL: PROPOSTA DE

CLASSIFICAÇÃO. Revista Brasileira de Geomorfologia - v. 11, nº 2 (2010).

ROSSATO, M. S. Os Climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, Tendências e Tipologia. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011, 253p.

SECRETARIA PLANEJAMENTO, GOVERNANÇA E GESTÃO DO RIO GRANDE DO SUL. Atlas Socioeconômica do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: SEPLAG, 1994. (Edição eletrônica). Disponível em:<https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial em: Acesso em: 01 dezembro de 2018.

SANTOS, V. et al. Definição das Unidades de Relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari – Oeste do RS. Geografia. Ensino & Pesquisa, v. 21, n. 2, p.194-204, Santa Maria, RS, 2017.

TRENTIN, R. Definição de unidades geoambientais na bacia hidrográfica do rio Itu – oeste do RS. Santa Maria: UFSM/PPGEO, 2007. 110 f. (Dissertação de Mestrado). TRENTIN, R. Mapeamento de Unidades de Relevo: Bacia Hidrográfica do Rio Itu/RS. 2004. 74 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2004.

TRENTIN, R; SANTOS, L.J.C; ROBAINA, L.E.S. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil. Soc. & Nat., Uberlândia, ano 24 n. 1, 127-142, jan/abr. 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS NO ESTADO DO PIAUÍ ESTIMADA POR DADOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

Iago Raniel de Mesquita Silva [(a)], Reurysson Chagas de Sousa Morais [(b)]

[(a)] Instituto Federal do Piauí - Campus Teresina Central, iago-raniel@hotmail.com
[(b)] Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia, Instituto Federal do Piauí, reurysson@ifpi.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A erosividade é a capacidade das chuvas de ocasionar erosão hídrica no solo. O mapeamento da erosividade da chuva é instrumento prático e indispensável para o planejamento do uso do solo em escalas regionalizadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a distribuição espacial do potencial erosivo das chuvas para o estado do Piauí. Para isso foram utilizados dados de precipitação estimados por satélite disponibilizados pelo *Goddard Earth Sciences Data And Information Services Center* (GES DISC) da Agência Espacial Americana (NASA). Na espacialização do potencial erosivo procedeu-se à interpolação dos valores de erosividade pelo método de Krigagem Ordinária. A erosividade do estado variou de 2.567 a 10.810 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}. Observou-se o aumento da erosividade na região norte e sudoeste do estado do Piauí. Portanto o uso dessas áreas deve ser ponderado para reduzir a erosão.

Palavras-chaves: Erosividade. Geoestatística. Krigagem.

1. Introdução

A erosão é um processo dinâmico que modela a superfície terrestre. Trata-se de processo natural causado por diversos fatores, dentre eles a chuva, tendo seu processo acelerado pelas formas de uso e ocupação das terras. Fundamentalmente, o processo de erosão hídrica ocorre por diversos fatores, tais como: características das chuvas, dos solos, topografia, tipo de

cobertura das terras, manejo e práticas conservacionistas de suporte (HUDSON,1977 *apud* COGO, 2003).

No Brasil, a erosão hídrica é uma das principais causas da degradação do solo. Ela se processa por meio da desagregação que é ocasionada tanto pelo impacto direto das gotas de chuva quanto pelas águas que escorrem na superfície. Em ambos os casos é resultante da energia cinética (LEPSCH, 2002).

Este tipo de erosão ocorre particularmente em áreas de clima tropical, onde há maiores taxas de precipitação, quando comparadas às demais regiões do globo. O processo erosivo consiste, basicamente, em três eventos sequenciais: desprendimento, arraste e deposição de partículas do solo. O desprendimento é definido como a liberação de partículas de agregados, e uma vez desprendidas, elas podem permanecer próximas ao agregado ou serem transportadas até um local de deposição (CARVALHO et al., 2002). A erosão é, portanto, o resultado do processo de desgaste da superfície do planeta por agentes erosivos.

No estado do Piauí, os estudos de erosividade apresentam, geralmente, abrangência local ou regional. Considerando os diferentes regimes de precipitações que ocorrem em seu território, julga-se importante conhecer o potencial erosivo das chuvas. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a distribuição espaço-temporal da erosividade no Piauí a partir de dados de precipitação estimados por satélite, referente ao período de 1998 a 2017.

2. Material e Métodos

2.1. Localização da área de estudo

O estado do Piauí localiza-se na região nordeste do Brasil. Com uma área de 251.529 km², limita-se com cinco estados: Ceará e Pernambuco a leste, Bahia a sul e sudeste, Tocantins a Sudoeste e Maranhão a oeste. O Piauí é dividido por 4 mesorregiões e 15 microrregiões geográficas e composto por 224 municípios, tendo como capital a cidade de Teresina.

Segundo a classificação apresentada por Andrade Júnior et al. (2005), o estado do Piauí apresenta regiões de clima do tipo árido, semiárido, sub-úmido seco, sub-úmido úmido e úmido,

com valores extremos de precipitação acumulada anual da ordem de 400 a 600 mm, registrada na região sudeste (região semiárida), e acima de 1800 mm registradas no extremo norte e sudoeste do estado (ANDRADE JÚNIOR et al., 2004).

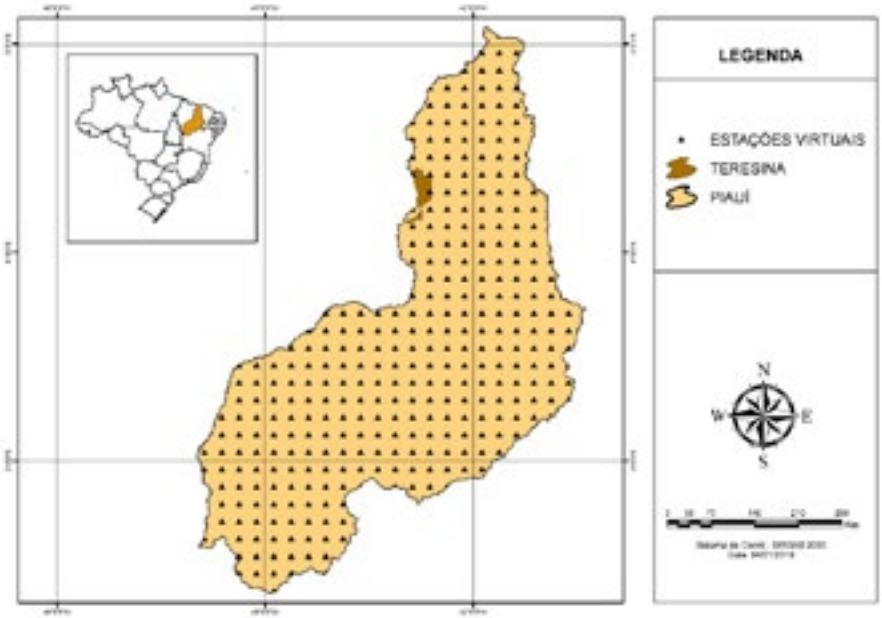


Figura 1. Localização do estado do Piauí e distribuição espacial das estações virtuais de análise climática.
Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

2.1. Base de dados

Para o cálculo da erosividade faz-se necessário a obtenção de registros pluviométricos da intensidade da chuva. No entanto, registros de pluviométricos fornecido pelas bases de dados oficiais (Agência Nacional das Águas - ANA e Instituto Nacional de Meteorologia - INMET) são escassos ou apresentam falhas de registro para diversas regiões do estado. Sendo assim, optou-se por utilizar dados de precipitação estimados pelos satélites da *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) disponibilizados pelo *Goddard Earth Sciences Data And Information Services Center* (GES DISC) da Agência Espacial Americana (NASA) por meio da plataforma *on-line* GIOVANNI (https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/).

A análise da erosividade da chuva foi elaborada pelo Sistema de Informação Geográfica (SIG) ArcGIS versão 10.6, onde realizou-se a extração dos valores de precipitação de cada mês para uma malha de pontos regularmente distribuída sobre toda zona de interesse, com espaçamento de 0.25° x 0,25°, obedecendo a resolução original dos dados (Figura 1).

Ainda no ambiente SIG, procedeu-se a interpolação de cada valor de erosividade através do método geoestatístico *Krigagem*.

2.2. Cálculo do índice de erosividade da chuva

O cálculo do fator de erosividade (Fator R) foi obtido pela soma dos valores médios mensais dos índices de erosão (EI) calculados com base na equação proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999) (Equação 1). Calculou-se, inicialmente, a média entre as precipitações acumuladas mensais, assim como os dos dados de precipitação acumulada anual, no período de 1998 a 2017.

$$EI=67{,}355(r^2/p)^{0{,}85} \quad (1)$$

Onde: EI = média mensal do Índice de Erosão (EI), em $MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}$; r = precipitação média mensal em milímetros; P = precipitação média anual em milímetros.

Para a aplicação do método krigagem ordinária procedeu-se à análise estrutural dos dados, visando quantificar o grau de dependência espacial dos dados, por meio da obtenção de semivariograma experimentais, estimado pela Equação 2, e posterior ajuste do semivariograma com base do modelo teórico exponencial, de acordo com a metodologia descrita por Yamamoto e Landim (2013).

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n}\sum_{i=1}^{n}[Z(x+h) - Z(x)]^2 \quad (2)$$

Em que: γ (h)= Semivariograma estimado para uma dada distância; n = número de pares de valores medidos; Z(x) e Z(x+h) = valores dos coeficientes medidos nos locais correspondentes.

3. Resultados e Discussão

A variação sazonal da precipitação no estado do Piauí é caracterizada por uma estação chuvosa, que na maioria das localidades compreende os meses de dezembro a maio, e por uma estação seca, que corresponde geralmente ao período de junho a novembro. A Tabela 1 apresenta a precipitação média mensal e o índice de erosão para o estado do Piauí.

Tabela 1. Distribuição dos valores médios mensais de precipitação e índice de erosão para o estado do Piauí.

Mês	Precipitação média mensal		Índice de Erosão	
	(mm)	%	MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}.	%
Janeiro	170,07	16,43	170,07	18,83
Fevereiro	175,56	16,45	175,56	18,54
Março	196,65	17,96	196,65	21,67
Abril	160,72	14,30	160,72	15,26
Maio	82,30	6,87	82,30	4,91
Junho	29,92	6,96	29,92	1,20
Julho	17,67	3,34	17,67	0,58
Agosto	8,12	0,78	8,12	0,21
Setembro	11,74	1,10	11,74	0,24
Outubro	36,94	3,61	36,94	1,79
Novembro	79,60	7,82	79,60	6,84
Dezembro	105,38	10,49	105,38	9,88

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se que a variação da erosividade média mensal acompanhou a variação da precipitação média mensal. As áreas de maior pluviosidade média anual do Piauí (1000 a 2.300 mm/ano) correspondem a aproximadamente 15% da área do estado e situam-se predominantemente na faixa litorânea, no Baixo Parnaíba Piauiense e, em menor grau, na região sudoeste do estado. Já as menores médias anuais de precipitação e erosividade ocorre na poção leste do estado.

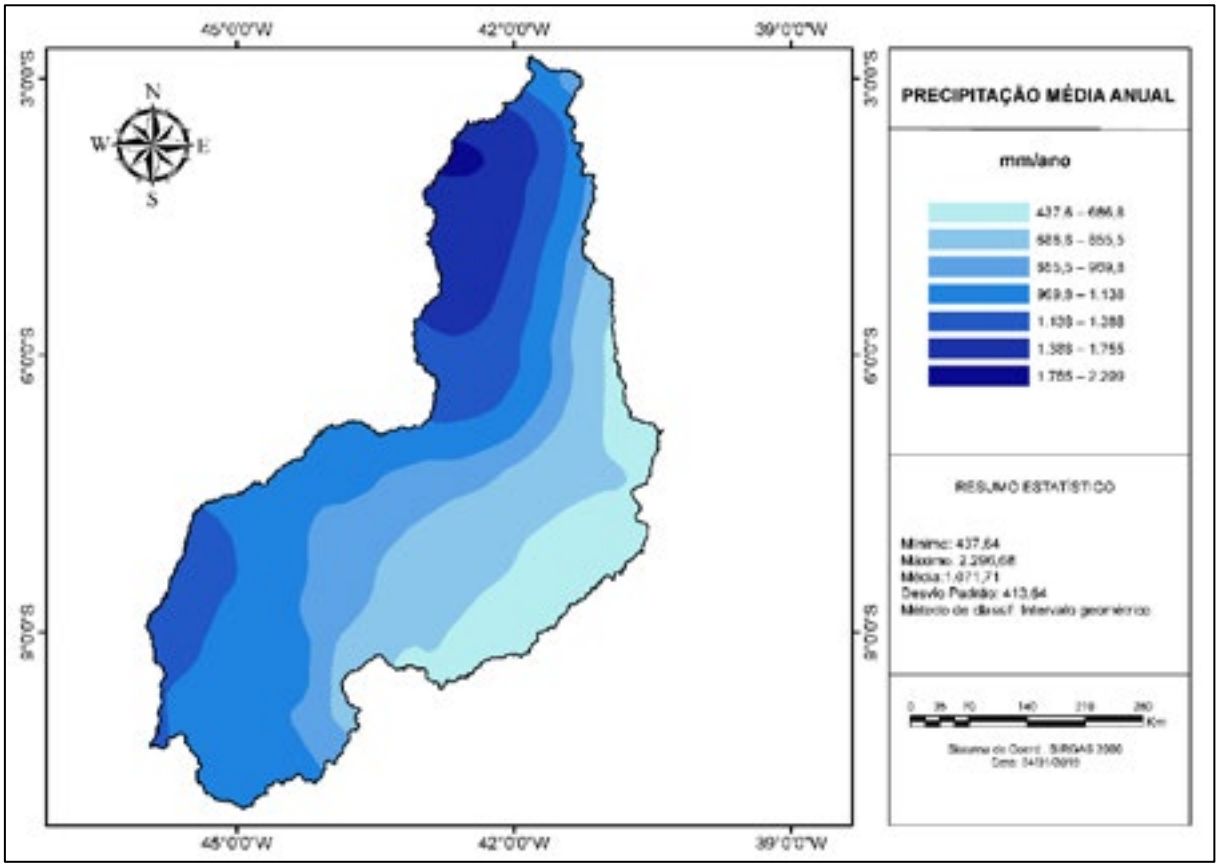


Figura 2. Precipitação média anual do ano de 1998 a 2017
Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Os mapas mensais do Índice de Erosão (Figura 3) retratam uma grande variabilidade do índice de erosão ao longo dos meses do ano. Entre janeiro e abril, observa-se a erosividade média mensal aproximada, variando de 1.050 a 1.428 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.mês^{-1}. O que corresponde cerca de 74,3 % da erosividade. No entanto, à diminuição da erosividade entre o mês de maio a outubro, que corresponde cerca de 8,93 % do total, ocorre de forma muito mais acentuada devido a redução da precipitação, o que está associado ao período de estiagem. Ao se analisar o mês de novembro e dezembro em comparação com os meses acima citados, a erosividade mensal praticamente dobra em alguns casos, devido a variação da precipitação.

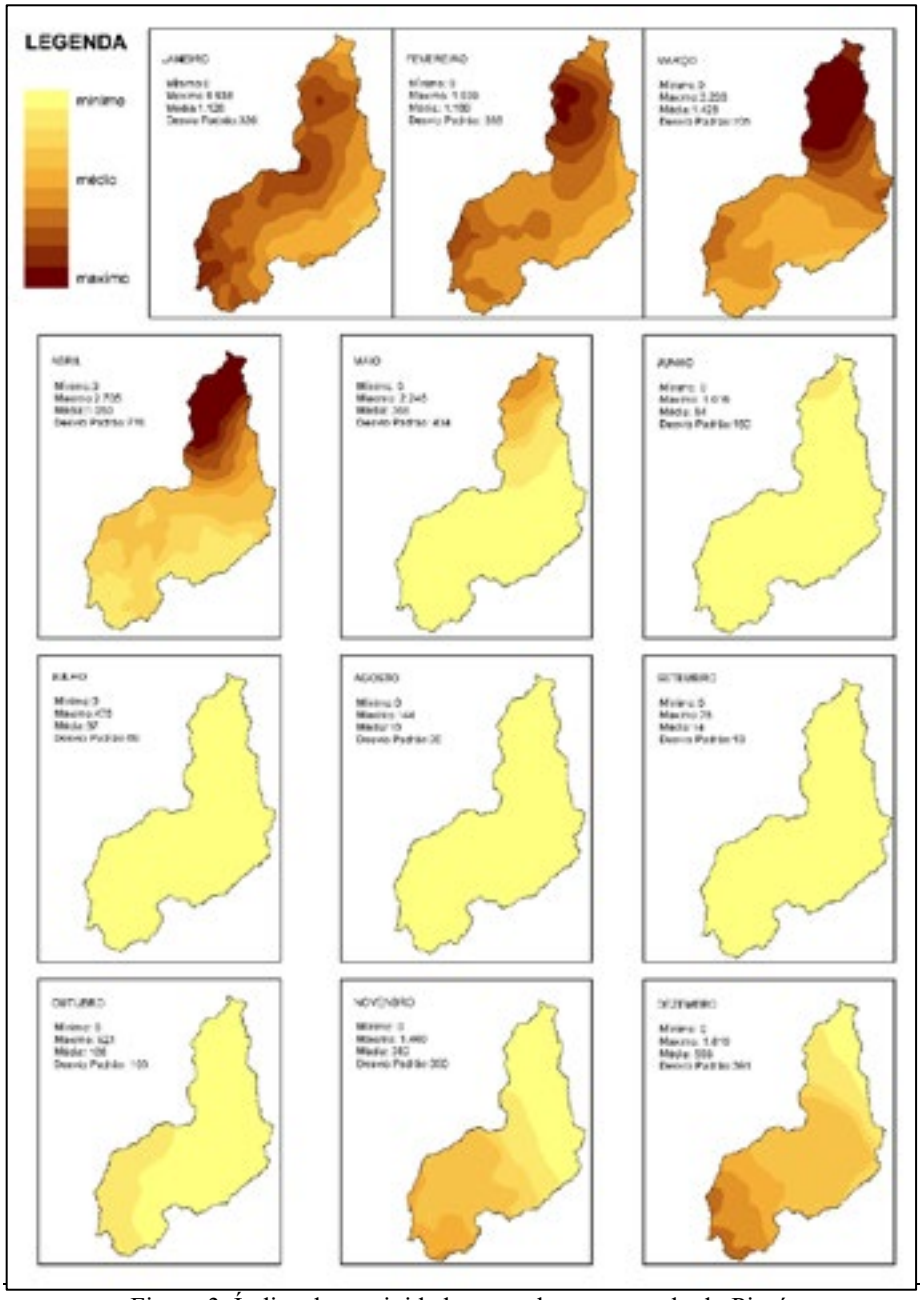


Figura 3. Índice de erosividade mensal para o estado do Piauí.

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

A erosividade no Piauí variou de 2.567 a 10.810 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}, com total anual de precipitação oscilando entre 437,6 e 2.300 mm/ano. Quanto à distribuição espacial da

erosividade anual, verificou-se que a região norte, registrou-se os maiores valores de erosividade, em alguns casos, superiores a 10.000 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}.

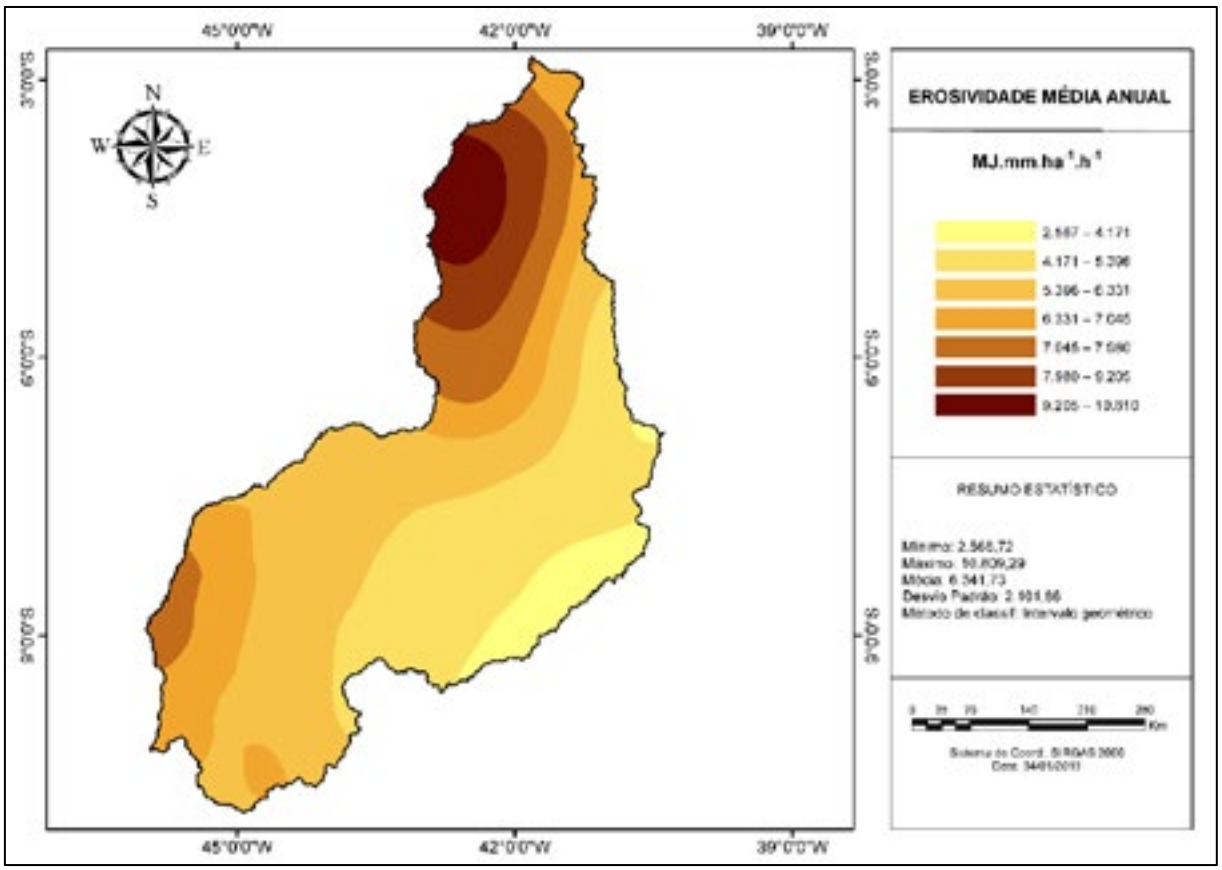


Figura 4. Mapa da erosividade média anual do estado do Piauí.

Fonte: Elaborada pelo autor (2019).

Os valores de erosividade calculados para o Piauí assemelham-se àqueles obtidos para diferentes recortes espaciais dentro do estado, como os trabalhos desenvolvidos por Barros (2018) no município de Picos; Santos (2017) no município de Castelo do Piauí. Ressalta-se que as pequenas variações observadas entre os valores apresentados pelos autores e àqueles apresentados neste trabalho, se deve ao uso de diferentes bases de dados, conforme explicitado por Morais e Sales (2016).

4. Conclusão

O conhecimento do processo erosivo e de seus condicionantes é fundamental para a conservação dos solos e corpos hídricos. Assim, a variação espaço-temporal do potencial erosivo das chuvas para o estado do Piauí representa uma informação importante para diferentes atores sociais. Quer sejam eles ligados ao setor produtivo, que usam o solo como recurso, ou mesmo ligado a atividade de planejamento e fiscalização ambiental.

Com base no índice da erosividade conclui-se que a região norte e sudoeste são mais susceptíveis ao desencadeamento de processos erosivos conduzido pelas chuvas. Portanto, essas áreas precisam ser supervisionadas, de modo a compatibilizar as categorias de uso dos recursos naturais, especialmente os solos, às características físico-ambientais.

Referências Bibliográficas

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. **Atlas Climatológico do Estado do PiauíEmbrapa Meio-Norte**: Documentos. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/885291/1/atlas.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2015.

ANDRADE JÚNIOR, A. S. et al. Classificação climática e regionalização do semi-árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, CE, v. 36, n. 2, p. 143–151, 2005.

BARROS, D. K. **Erosividade das chuvas no município de Picos**. 2017. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação dos solos**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

CARVALHO, D. F. et al. Perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 385-389, 2002. Disponível em: <https://goo.gl/CtgxEf>. Acessos em:12 fev. 2019.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Rev.**

Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003. Disponível em: <https://goo.gl/Eb5FX1>. Acessos em: 13 fev. 2019.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação do Solo**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

MORAIS, R. C. S.; SALES, M. C. L. Estimativa do Potencial Natural de Erosão dos Solos da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí-Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 27, n. 1, p. 84-105, 2017. Disponível em: <https://goo.gl/xQyHvP>. Acesso em: 13 fev. 2019.

SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S. Suscetibilidade erosiva em área suscetível à desertificação, no estado do Piauí: subsídios ao planejamento ambiental. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 19-28, 2017. Disponível em: <https://goo.gl/pQRRWt>. Acesso em: 12 fev. 2019.

DESENVOLVIMENTO DE ROTINA EM AMBIENTE SIG COMO AUXÍLIO NA DELIMITAÇÃO DA CARACTERÍSTICA DO VALE – MÉDIO E ALO CURSO DA BACIA DO RIO MACAÉ

Pedro Ferreira Chagas Araújo [(a)], Mônica dos Santos Marçal [(b)] , Helton dos Santos de Souza[(c)], Francisco de Assis Dourado da Silva[(d)]

[(a)] Departamento de Geografia, IGEO, UFRJ, pftchagas@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, IGEO, UFRJ, monicamarcal@gmail.com

[(c)] Departamento de Geografia, PROF ÁGUA, heltongeo83@gmail.com

[(d)] Departamento de Geologia Aplicada, UERJ, franciscodourado1975@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A presente pesquisa se propõe a construção de uma ferramenta customizada de geoprocessamento com a finalidade de auxiliar na medição do grau de confinamento do vale, e características físicas associadas, dos trechos de drenagem da bacia hidrográfica do Médio e Alto curso do Rio Macaé. O dado de entrada da rotina é o modelo digital de elevação (MDE) e o resultado obtido é o *shapefile* da rede de drenagem onde cada trecho está associado em sua tabela de atributos às informações de: grau de confinamento, sinuosidade do canal, variação altimétrica, declividade e unidades de relevo. Além da apresentação destes resultados foi discutido a aplicabilidade da rotina para outras áreas de estudo.

Palavras chave: : geoprocessamento, MDE, bacia hidrográfica, ferramenta customizada, python

1. Introdução

No âmbito da Geotecnologia não tem sido incomum a presença de pesquisas que se empenham na construção de extensões no ArcGIS para atingir algum objetivo específico (Almeida e Moreira 2013/2014; Meisles *et al*. 1995; Gilbert *et al.* 2016; Olivera *et al.* 2006, dentre outros). A motivação destes trabalhos em sua maior parte está relacionada à praticidade,

acurácia e replicabilidade que a ferramenta ou modelo é capaz de atingir após sua confecção. Dentro deste contexto e tendo em vista a necessidade de utilizar da contribuição da Geomorfologia Fluvial para o estudo e manejo dos Recursos Hídricos (Guerra, 2003; Moroz, 2010), este trabalho se propõe a construção de uma ferramenta customizada de geoprocessamento com a finalidade de auxiliar a medição do grau de confinamento do vale (**Confinado, Parcialmente Confinado e Lateralmente não confinado**), e características físicas associadas, dos trechos de drenagem da bacia hidrográfica do Médio e Alto curso do Rio Macaé. A rotina foi criada a partir da janela *Python* e *ModelBuilder,* ambos ambientes presentes no software *ArcGIS*, e funciona a partir do fornecimento do modelo digital de elevação (MDE) com dado de entrada. Através do encadeamento de operações de geoprocessamento, o produto final obtido é o *shapefile* da rede de drenagem onde cada trecho está associado em sua tabela de atributos às informações de: grau de confinamento, sinuosidade do canal, variação altimétrica, declividade e unidades de relevo. Além da apresentação destes resultados foi discutida a aplicabilidade da rotina gerada para outras áreas de estudo.

2. Materiais e Métodos

O Médio e Alto curso da Bacia do Rio Macaé se localiza na região norte do Estado do Rio de Janeiro, a bacia como um todo possui aproximadamente 1.765 km2, (Marçal *et al.* 2003) e o recorte dest e estudo representa 866,5 km2, cerca de 49% da área total da bacia.

O grau de confinamento se refere à capacidade de ajuste lateral que um segmento da drenagem tem seguindo três classes: **Confinado** - >90% do canal vai de encontro à margem do fundo do vale, **Parcialmente-confinado** - 10-90% do canal vai de encontro à margem do fundo do vale e **Lateralmente não confinado** - <10% vai de encontro à margem do fundo do vale (Brierley e Fryirs, 2005). Para definir o valor de confinamento para cada trecho foi necessário calcular 3 parâmetros principais quando se trata da influência do relevo no rio, sendo eles: a sinuosidade do canal, a declividade e as unidades de relevo. Tais características articuladas e interpretadas juntamente com a vista da forma em planta do canal foram utilizadas para se identificar devidamente a classe de cada segmento.

A sinuosidade foi obtida pela divisão do comprimento do canal com menor distância do ponto inicial ao ponto final do trecho, e segue a classificação de Mueller

(1968) SI <1.05: quase reto (*almost straight*) 1.05 ≤ SI <1.25: enrolado (*winding*) 1.25 ≤ SI <1.50: torcido (*twisty*) 1.50 ≤ SI: meandrante (*meandering*). Esta é um indicativo do quanto de "liberdade" o rio tem para se desenvolver lateralmente. A variação altimétrica foi calculada através da subtração do valor de altitude do início de um trecho até a próxima confluência e representa o quão íngreme ou relativamente plano o segmento é. Por fim, foi utilizada a classificação de compartimentação do relevo de Lima e Marçal (2013) com a rede de drenagem da bacia para se identificar quais formas de relevo estão relacionadas a cada ponto.

Todos os procedimentos para a obtenção de cada uma dessas informações foram encadeados e consolidados em forma de código *Python* e depois abertos na interface *ModelBuilder* para visualização gráfica e exportação da rotina como caixa de ferramenta personalizada. Em termos de teste e refino foi utilizada uma gama de modelos digitais de elevação de fontes diferentes: projeto TOPODATA 30m de precisão, satélite Japonês ALOS PALSAR 12,5m de precisão e; produto da interpolação através da ferramenta *Topo to raster* para gera um MDE hidrologicamente consistente, 5m de precisão.

As informações geográficas são provenientes da base IBGE 1:25.000 do estado do Rio de Janeiro e foi utilizado o software ArcGis 10.4 para a confecção dos mapas.

3. Resultados e Discussões

Foi possível criar a ferramenta de extração e espacialização dos principais parâmetros ligados ao confinamento de vale restando ao analista a interpretação final da classificação correta (figuras 1, 2 e 3).

Figura 1 – Mapa de Grau de confinamento para a bacia do médio e alto curso do Rio Macaé.

Uma medição completamente automática não é viável uma vez que a análise da forma em planta do canal cumpre um papel fundamental na metodologia. Quanto ao grau de precisão notou-se uma maior incidência de erros por parte dos resultados com os modelos digitais de elevação da TOPODATA (30m) e ALOS PALSAR (12,5m) por conta de apresentarem nível de abstração maior na geração da rede de drenagem. O MDE feito através de interpolação (5m) foi capaz de gerar uma drenagem mais próxima da realidade e permitiu uma obtenção mais confiável das características físicas. Foram encadeadas, ao todo, 53 operações de geoprocessamento em forma de código *Python* (figura 2).

Figura 2 e 3 – Parte inicial do código escrito da rotina / Tabela de atributos gerada pela rotina e trecho parcialmente confinado – basemap do ArcGIS

4. Considerações Finais

A ferramenta se encontra pronta para ser utilizada em quaisquer recorte espacial, apenas com restrições em relação à precisão do MDE de entrada para garantir resultados consistentes, a preferência de utilização de um MDE hidrologicamente consistente. Esta se encontra disponível para download em forma de *toolbox* e código *Python* no seguinte link https://github.com/PedroChagas/conf_extract e pode ser aberta em versões do ArcGIS

ISBN: 978-85-7282-778-2

superiores a 10.2.

A rotina representa uma contribuição direta a classificação do **River Styles Framework** – Metodologia de Classificação dos Estilos Fluviais – que é aplicada em bacias hidrográficas e exige conhecimento físico profundo para criar uma análise evolutiva e/ou restauração de uma área de estudo.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, W. A. e MOREIRA, C. M. 2013. **Desenvolvimento de extensões no ArcGIS para obtenção automática de estatísticas a montante de pontos.** XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos

ALMEIRDA, W. A. e MOREIRA, C. M. 2014. **Desenvolvimento de extensões no ArcGIS para o pós-processamento e validação de Modelos Digitais de Elevação.** XLIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola.

FRYIRS, K. A., WHEATON, J. M. e BRIERLEY, G. J. 2016. **An approach for measuring confinement and assessing the influence of valley setting on river forms and processes**. Earth Surface Processes and Landforms. 41, 701-710.

BRIERLEY G. J., FRYIRS, K. A. 2005. **Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework.** ISBN: 978-1-405-11516-2

GILBERT, J., MACFARLANE, W. W. e WHEATON, J. M. 2016. **The Valley Bottom Extraction Tool (V-BET): A GIS tool for delineating valley bottoms across entire drainage networks.** Computers and Geosciences, http://dx.doi.org/10.1016/j.cageo.2016.07.014.

GUERRA, A. T. 2003. **A contribuição da geomorfologia no estudo dos recursos hídricos.** BAHIA ANÁLISE & DADOS Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 385-389, 2003

LIMA, R.N.S. e MARÇAL, M.S. 2013. **Avaliação da Condição Geomorfológica da bacia do rio Macaé – RJ a partir da metodologia de Classificação dos Estilos Fluviais.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.14, n.2, (Abr-Jun) p.171-179.

MEISELS, A., RAIZMAN, S. e KARNIELI, A. 1995. **Skeletonizing a DEM into a drainage network.** Computers & Geosciences Volume 21, Issue 1, February 1995, Pages 187-196.

MOROZ, I.C. 2010. **A contribuição dos estudos de Geomorfologia Fluvial e Recursos Hídricos para planos de manejo de Unidades de Conservação.** Tese de Doutorado

OLIVERA, F., VALENZUELA, M., SRINIVASAN, R., CHOI, J., CHO, H., KOKA, S., AGRAWAL, A. 2006. **ArcGIS-SWAT: A Geodata Model and GIS Interface for SWAT.** JAWRA Journal of the American Water Resources Association.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Disposição de biossólidos residuários de estações de tratamento de esgoto: um estudo de áreas com potencial aplicação na mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense-RS

Henrique Noguez da Cunha[(a)], Viviane Spiering[(b)], Rodrigo de Oliveira Siqueira[(b)], Adalberto Koiti Miura [(c)], Bernardo Sayão Penna e Souza[(a)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria-UFSM, henriquencunha@gmail.com/bernardosps@yahoo.com.br

[(b)]Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pelotas-UFPel, spieringv9@gmail.com/ rodrigogeo2009@yahoo.com.br

[(c)]Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, adalberto.miura@embrapa.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A quantidade de resíduos sólidos gerados pelo crescente número de estações de tratamento de esgotos exige procedimentos adequados de disposição no ambiente, resultando na necessidade de avaliação de áreas potenciaisà reciclagem desse lodo. Por meio de técnicas em ambiente SIG aplicado aos critérios normativos que limitam o uso de lodo de esgoto em determinadas áreas, foi realizada a caracterização dao potencial de aplicação em áreas da mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense. Foram observados, a partir da sobreposição de temas restritivos, que a mesorregião possui 72% de sua área com restrição ao uso de biossólido. Por outro lado, o montante de 28% de áreas potenciais vai ao encontro de resultados encontrados por autores que também objetivaram seus estudos nessa análise em outras regiões do Brasil. A eficiência do modelo é direcionada ao processo de tomada de decisões em escala regional, necessitando de uma investigação mais detalhada para aplicação local.

Palavras chave: Geoprocessamento, Lodo de esgoto, Restrição ambiental.

1. Introdução

A eficiência, a qualidade e a universalidade dos serviços de saneamento básico são fundamentais para a qualidade de vida da população em todo o mundo. A adequada destinação final do lodo originário das estações de tratamento de esgoto é de responsabilidade social, tendo impactos diretos sobre a saúde pública, o meio ambiente e o desenvolvimento econômico de um país (BITTENCOURT et al, 2009).

As estações de tratamento de esgotos (ETEs), ao conduzirem a água residuária a processos que tornam possível a disposição desta no ambiente, geram um resíduo denominado "lodo de estação de tratamento de esgoto" (LETE), ocasionando outro problema relacionado à destinação deste resíduo (QUINTANA et al., 2011).

A grande quantidade de resíduos sólidos gerados pelo crescente número de ETEs em operação exige procedimentos adequados de disposição no ambiente, resultando na necessidade da avaliação temporal e ambiental deste processo. Contudo, a avaliação de alternativas para a disposição final do lodo de esgoto é complexa por abarcar fatores técnicos, econômicos, ambientais e legais, que ultrapassam os limites das estações de tratamento.

Por outro lado, a reciclagem agrícola desses resíduos, neutralizados sob forma de biossólidos, possui potencial aplicação como insumo para agricultura. O uso agrícola de biossólido pode ser uma alternativa sustentável, econômica, ambiental e socialmente adequada, em consonância com a legislação (CONAMA 375 e Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS).

Entretanto, muitos projetos de tratamento de esgotos não consideram o destino final do lodo gerado, anulando em parte, os potenciais benefícios proporcionados pelo uso dos resíduos de saneamento. Assim, é imprescindível o desenvolvimento de opções factíveis e estáveis, para a avaliação do potencial das terras ao uso seguro de biossólidos, evitando a geração de novos problemas ambientais.

No Rio Grande do Sul, o município de Santa Maria é considerado um exemplo no sistema de saneamento básico, pois, realiza o tratamento de 50% do seu esgoto. Estão previstos

investimentos em saneamento, capazes de ampliar rapidamente o percentual de esgoto tratado, podendo atingir 70%, superando em grande proporção a média nacional (CORSAN, 2012).

Alguns autores têm avaliado as potencialidades de reciclagem agrícola de lodo de esgoto, como os estudos de Souza et al (1994; 2008) e Andreoli et al (2000) que sugerem o desenvolvimento de um sistema de classificação de terras para disposição final do lodo de esgoto e a aptidão das terras do Estado do Paraná, Lima (2014), no perímetro de irrigação Jaíba-MG, Taques (2015) que avaliou as áreas potenciais do Estado do Espírito Santo para aplicação do lodo de esgoto na agricultura e Urban e Isaac (2016), tendo como estudo de caso a Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí.

O presente estudo tem por objetivo delinear as áreas sem restrições ambientais para a destinação agrícola de biossólidos advindos de ETE's na mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense, a qual contempla o município de Santa Maria.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado para a mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense, utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) até o ano de 2017 (Figura 01).

ISBN: 978-85-7282-778-2

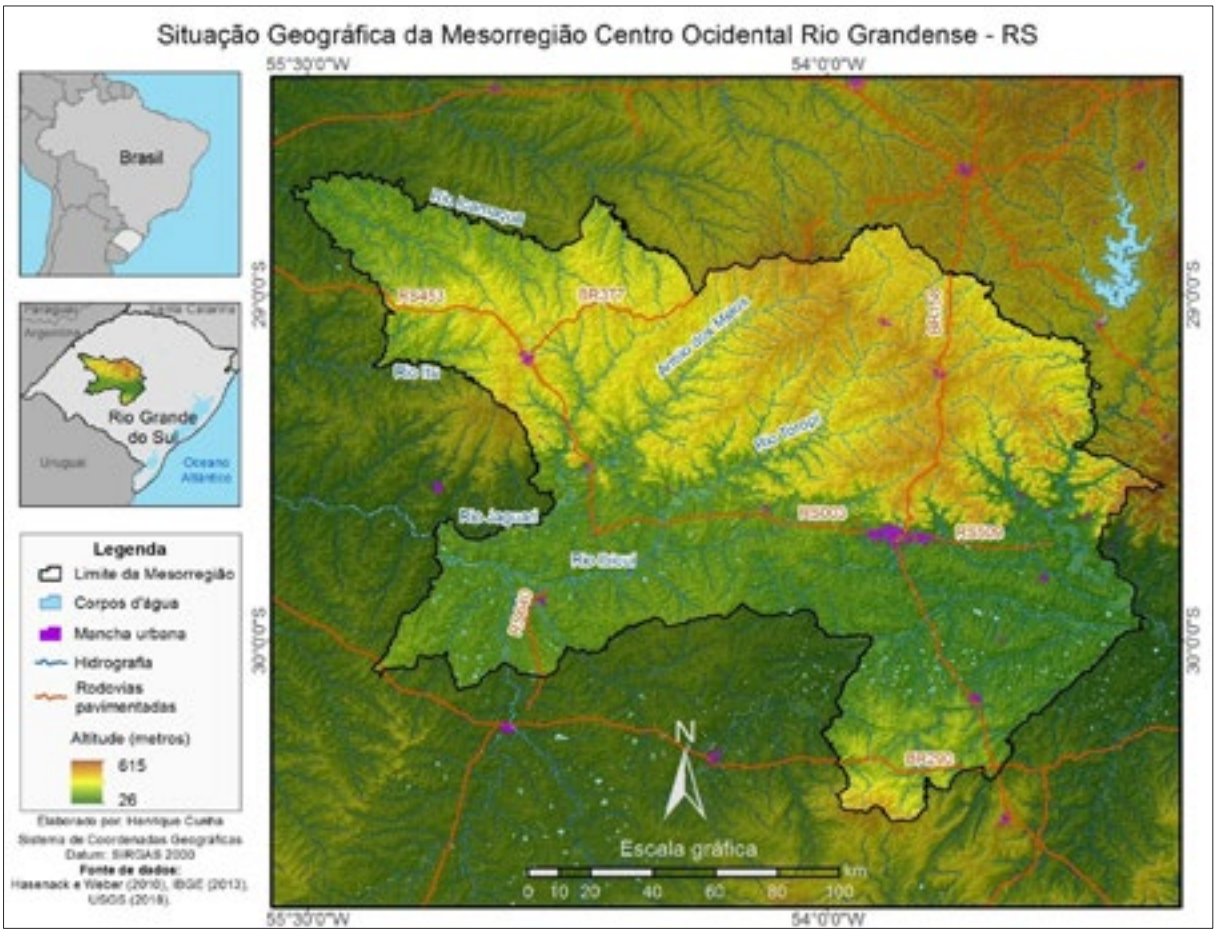


Figura 1. Mapa de situação geográfica da Mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense, RS.

A mesorregião Centro Ocidental Rio-Grandense compõe uma das sete mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul. Formada por 31 municípios que também subdivide esta em três microrregiões nomeadas com os principais municípios, Restinga Seca, Santa Maria e Santiago (Figura 2).

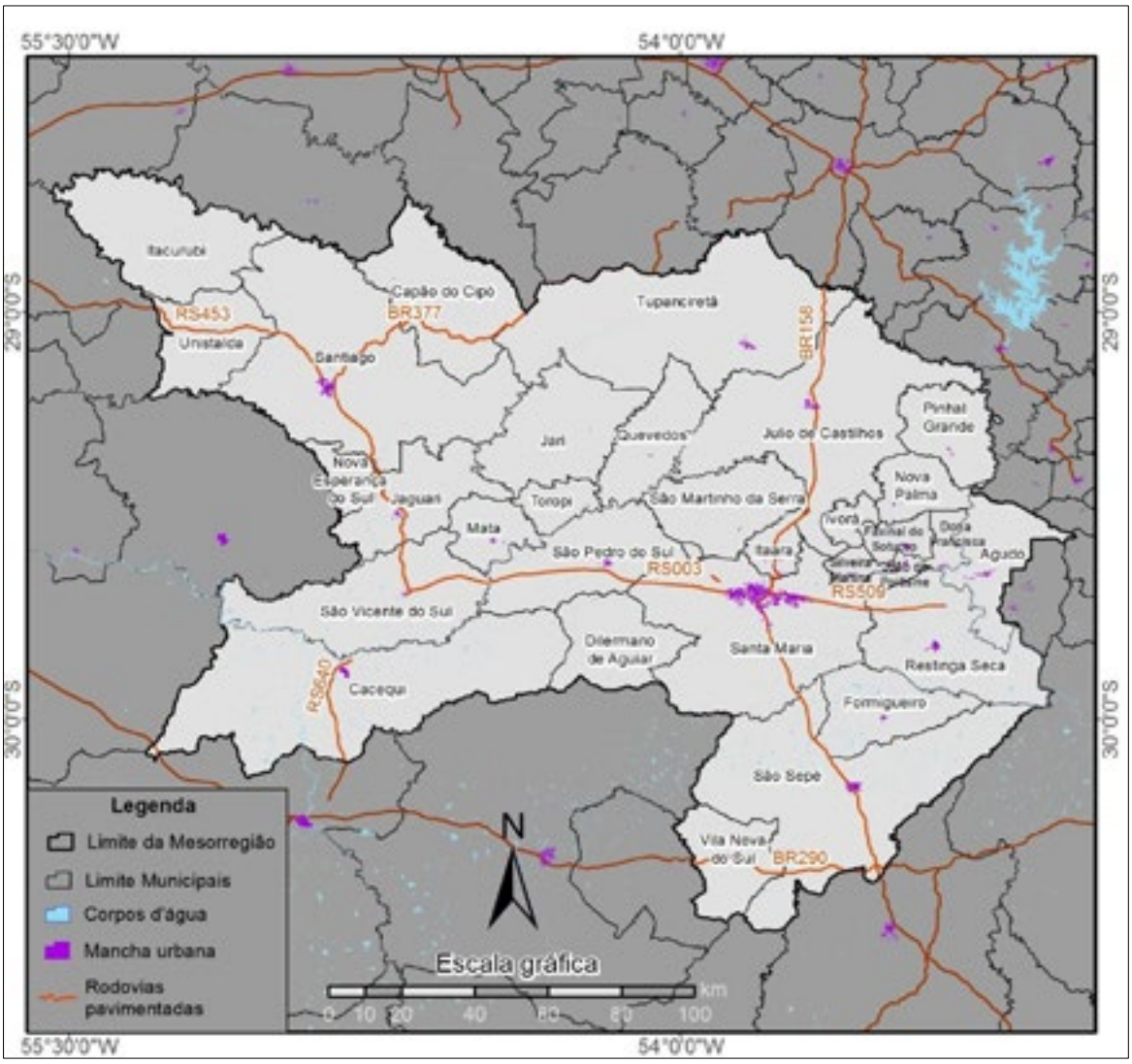


Figura 2. Municípios da Mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense, RS.

2.2 Procedimentos metodológicos

Para este estudo foram utilizados os planos de informações (PIs) SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço – NASA (USGS, 2018), assim como os PIs vetoriais pontos cotados, hidrografia, curvas de nível e sistema viário disponíveis em versão digital em Hasenack e Weber (2010) baseadas nas cartas topográficas

do exército. Também se utilizaram dados pedológicos em escala 1:250.000, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2012), assim como os dados de uso e cobertura da terra (IBGE, 2013) e mapeamento de solos e uso e cobertura para a mesorregião Centro Ocidental Rio Grandense em escala 1:100.000 (IBGE, 2016). Os procedimentos metodológicos foram realizados em ambiente SIG ArcGIS 10.2.2 (ESRI, 2014).

Na figura 3 são descritas as restrições da aptidão do solo das áreas de aplicação, segundo Gomes et al. (2001); CONAMA 375 (2006); e Taques (2011), com adaptações. Assim como o fluxograma de criação do banco de dados geográficos e os procedimentos metodológicos.

Inicialmente foi realizada a revisão bibliográfica com base normativa e metodológica sobre os parâmetros a serem considerados em um zoneamento de áreas aptas em Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

Os planos de informações geográficas foram inserido em um banco de dados geográficos em ambiente SIG ArcMAP (ESRI, 2014).

Sequencialmente os planos de informações foram classificados de acordo com os parâmetros de restrições ambientais presentes na figura 3 e submetidos a integração por meio do método de *overlay*. Essa integração resulta em um plano de informações de restrições locacionais.

Para o delineamento das áreas com potencial ao recebimento de biossólido foi realizada uma operação matemática em SIG, onde foram selecionadas as áreas da mesorregião não pertencente/intersectando com as áreas de restrição (Figura 3).

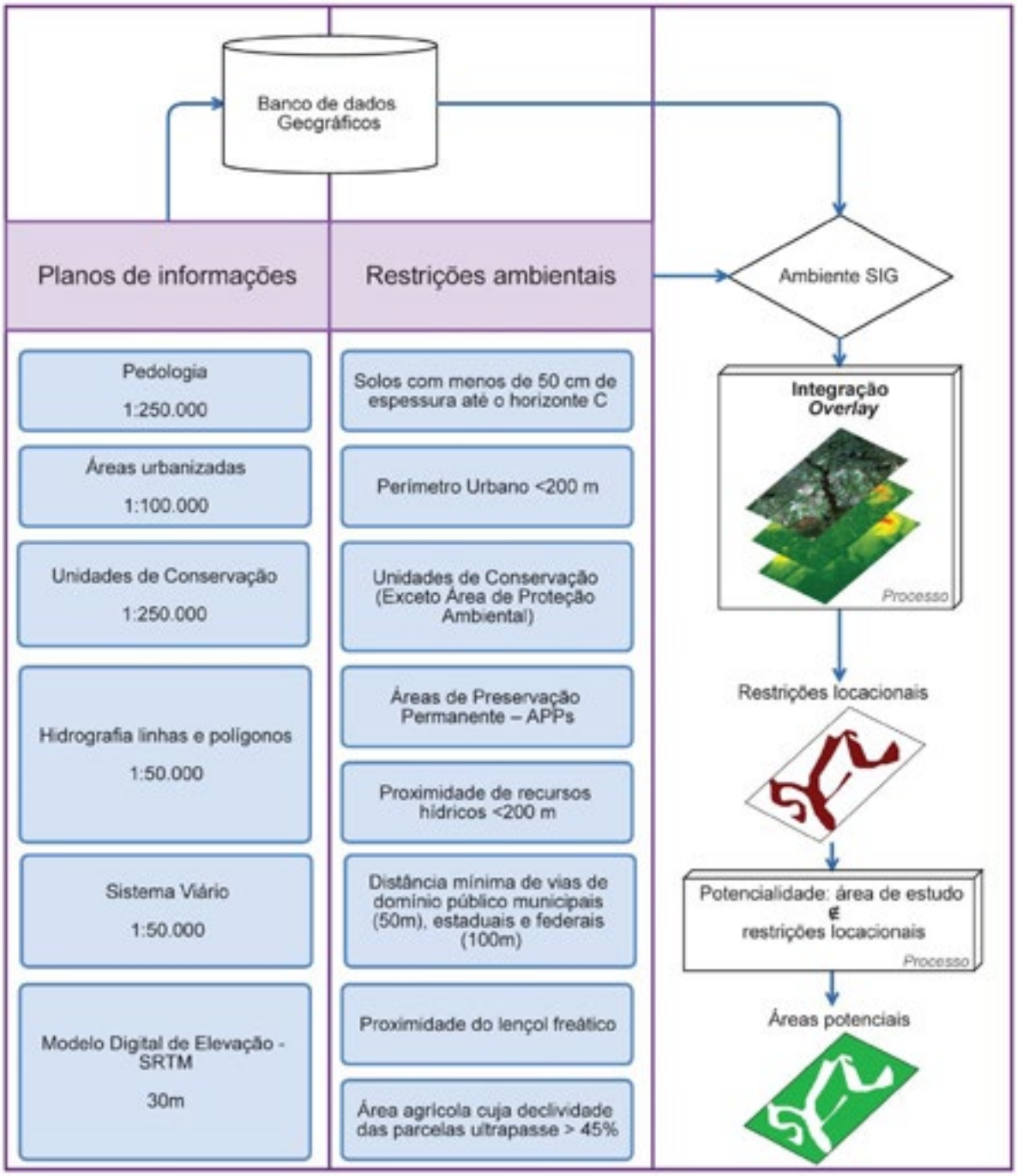


Figura 3. Fluxograma metodológico na identificação das restrições locacionais para aplicação de biossólidos segundo Gomes et al. (2001); CONAMA 375 (2006); e Taques (2011), com adaptações.

3 Resultados e discussões

As seis categorias de restrições ambientais para a aplicação de biossólido em reciclagem agrícola estão representadas na figura 4.

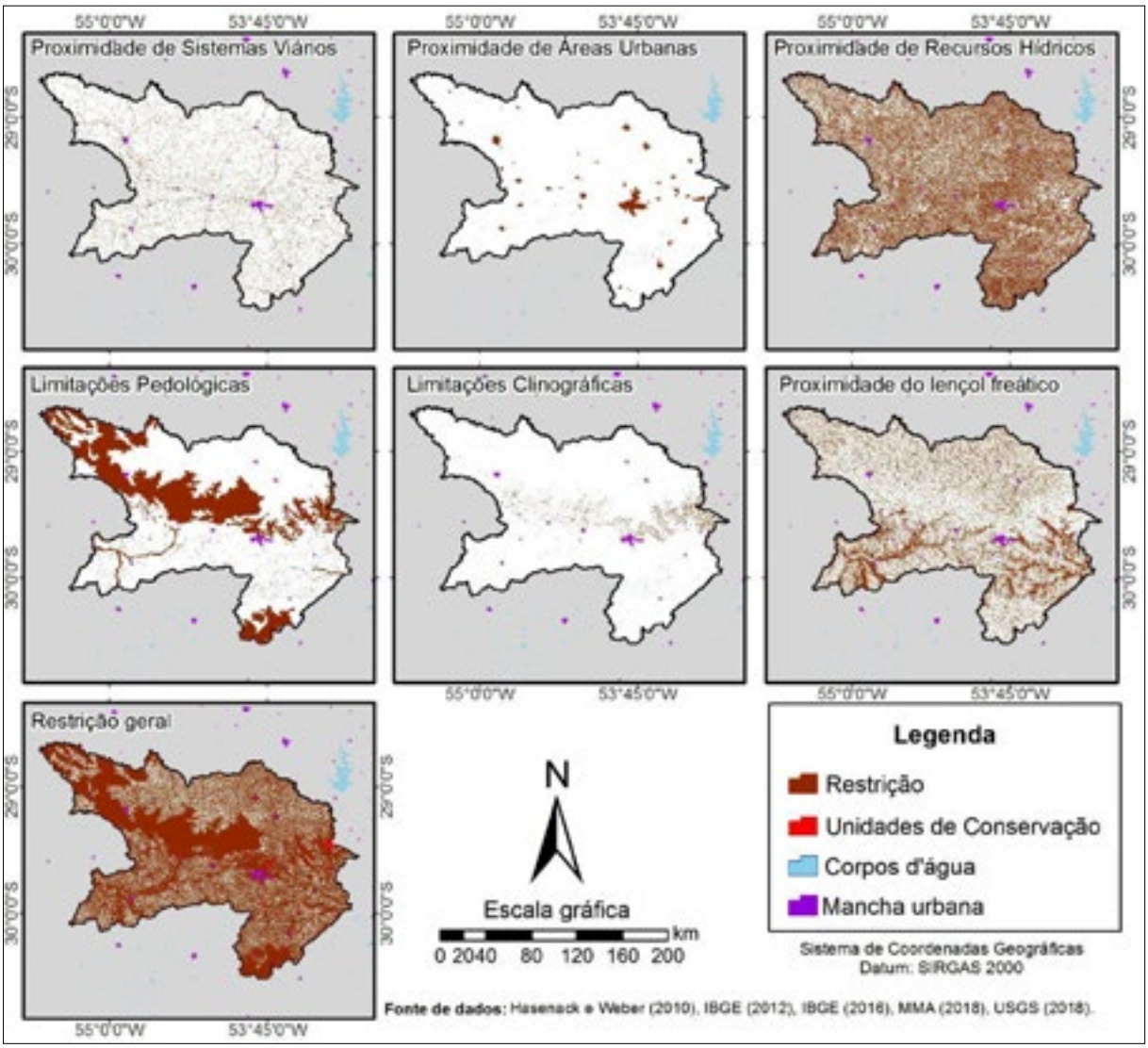


Figura 4. Distribuição das restrições locacionais por categoria e a apresentação da restrição geral para a aplicação de biossólidos.

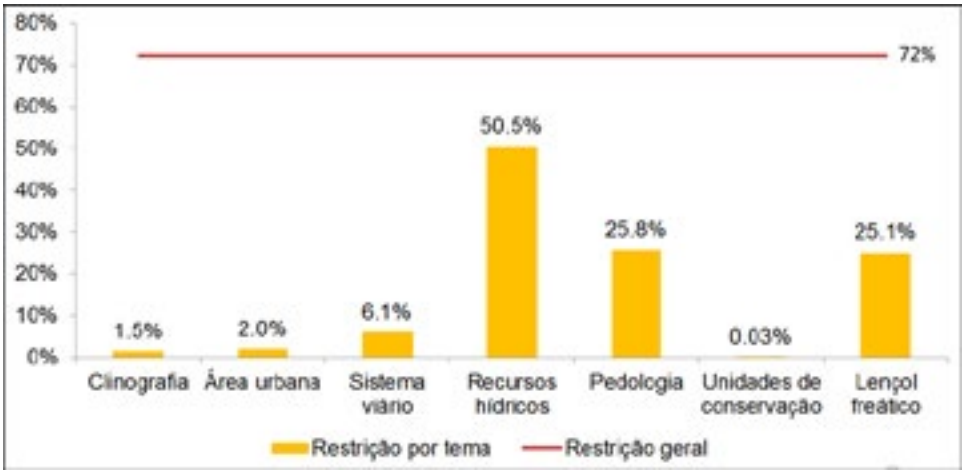


Figura 5. Mapa de áreas potenciais para a aplicação de biossólidos.

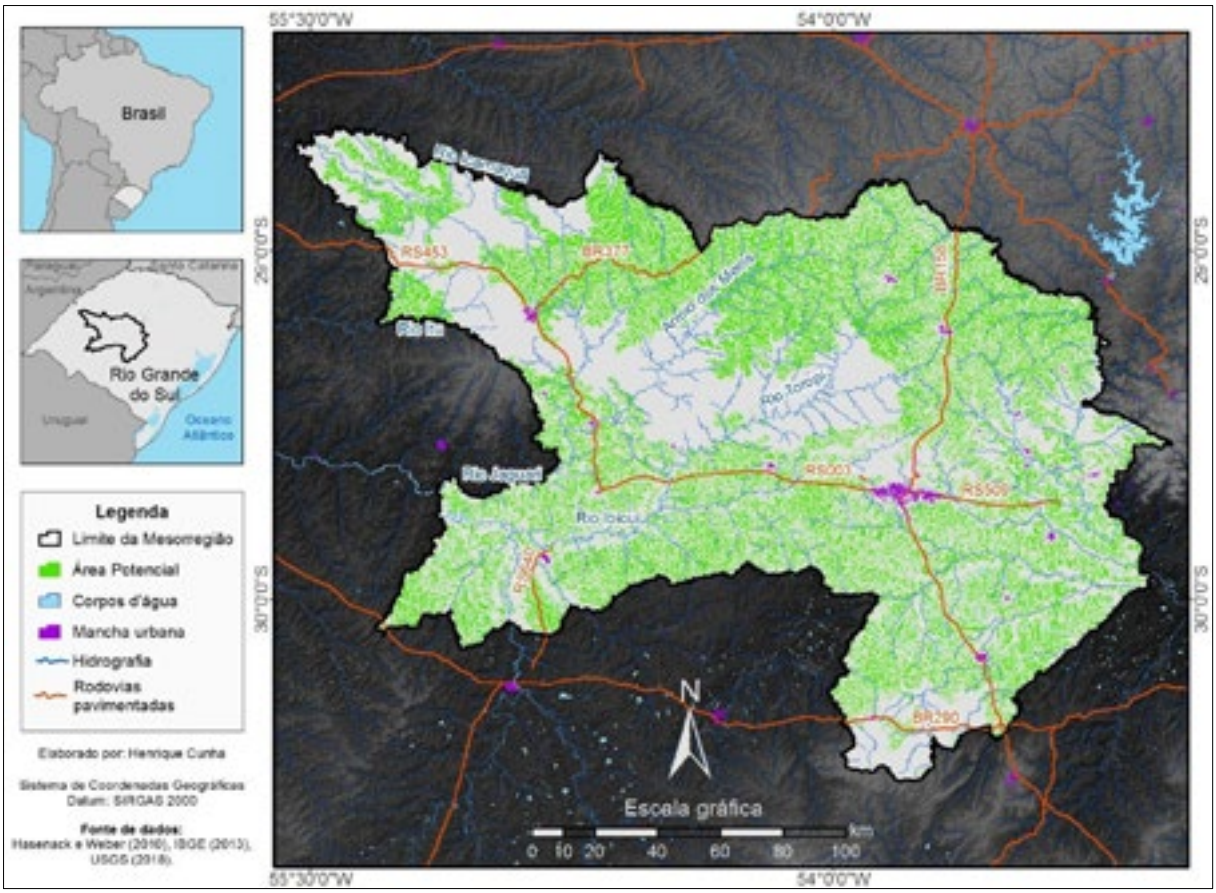


Figura 6. Mapa de áreas potenciais para a aplicação de biossólidos.

A partir das figuras 5 e 6, é possível observar que os temas de restrições relacionados à proximidade de recursos hídricos, pedologia e lençol freático se destacam, com valores superiores a 50% e 25% na mesorregião. As demais classes variam entre 0.03% e 6.1%, com pouca representação no zoneamento. No geral, após a sobreposição de todos os temas de restrições, a mesorregião contempla o total de 72% de seu território com áreas restritas. Nesse sentido, os demais 28% possuem potencialidade para a aplicação de lodo em forma de biossólido. Esse resultado corrobora a quantificação estimada com os trabalhos de Taques (2015), o qual determinou as áreas de alto potencial entre 2% e 17% a partir das microrregiões do Estado do Espírito Santo, e Urban e Isaac (2016), que quantificaram 17% deáreas potenciais para a Bacia dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. No entanto, o resultado se mostrou aquém ao encontrado por Lima (2014), que verifica 78% das áreas aptas à aplicação de lodo de esgoto no Setor C2 do Projeto Jaíba.

4 Considerações finais

Os temas hídricos e de solos se mostram responsáveis por aproximadamente 90% das áreas restritas à aplicação de lodo de esgoto.

A proximidade dos núcleos urbanos às áreas potenciais favorece a utilização de biossólido não somente na agricultura, mas também em indústrias cerâmicas e cimentíceas.

O modelo gerado apresenta as aptidões em escala regional como subsídios ao processo de tomada de decisões, sendo necessária a validação e análise para aplicação em uma escala local.

5 Agradecimentos

À Embrapa Clima Temperado e à Universidade Federal de Santa Maria.

3. Referências Bibliográficas

ANDREOLI, C. V. PEGORINI, E. S.; FREGADOLLI, P.; CASTRO, L. D. Diagnóstico do potencial dos solos da região de Maringá para disposição final do lodo gerado pelos sistemas de tratamento de esgoto do município. **Revista Técnica da SANEPAR**, v. 13, n. 13, p. 40-50, 2000.

BITTENCOURT, S.; VITÓRIO ANDREOLI, C.; ALCEU MOCHIDA, G.; MARIN DE SOUZA, L. M. K.Uso agrícola de lodo de esgoto, estudo de caso da Região Metropolitana de Curitiba. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: investigación, desarrollo y práctica**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2009.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 375/2006**, de 29/8/2006.Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf> Acesso em 02 set. 2018.

CORSAN.**RS Mais Saneamento aborda a universalização da água e duplicação do esgoto tratado**. 2015. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/node/844>. Acesso em 25 ago. 2018.

ENVIROMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS Desktop 10.2.2 Redlands (CA)**, 2014.1 CD-ROM.

GOMES, L. P.; COELHO, O. W.; ERBA, D.A.; VERONEZ, M. Critérios de seleção de áreas para disposição final de resíduos sólidos. In: ANDREOLI, C. (Org.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: RiMa: ABES, 2001. p. 145-164. (Projeto PROSAB).

HASENACK, H.; WEBER, E. (org.) **Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS/Centro de Ecologia. 2010.1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

IBGE. **Mapeamento topográfico**. 2016. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/geociencias. Acesso em: 2 nov. 2018.

IBGE. **Cobertura e uso da terra do Estado do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Escala: 1:250.000. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/uso_da_terra/cartas_escala_250mil/estaduais/RS/. Acesso em: 23 ago. 2018.

IBGE. **Mapa Exploratório de Solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Escala: 1:250.000. Disponível em: < IBGE. ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/cartas_escala_250mil/> Acesso em: 20 ago. 2018.

LIMA, F. A. **Determinação de áreas potenciais à aplicação de lodo de esgoto como insumo agrícola utilizando geoprocessamento**. 2014.Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais.

QUINTANA, N. R. G.; CARMO, M. S. do; MELO, W. J. de. Lodo de esgoto como fertilizante: produtividade agrícola e rentabilidade econômica. **Nucleus**, v.8, n.1, 2011.

SOUZA, M. D. P.; RIBEIRO, A. N.; ANDREOLI, C. V.; SOUZA, L. C. P.; BITTENCOURT, S. Aptidão das terras do Estado do Paraná para a disposição final de lodo de esgoto. **Revista DAE**, v. 177, p. 20-29, 2008.

SOUZA, M. L. P.; ANDREOLI, C. V.; PAULETTI, V. et al. Desenvolvimento de um sistema de classificação de terras para disposição final do lodo de esgoto. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (4: 1994: Florianópolis). **Anais...** Florianópolis: ABES/APRH. V. 1, p. 403 – 419, 1994.

TAQUES, Renato Corrêa. **Áreas potenciais do Estado do Espírito Santo para aplicação do lodo de esgoto na agricultura**. 2015.

URBAN, R C.; ISAAC, R. de L. Land feasibility map for sewage sludge application: watershed of the Piracicaba, Capivari and Jundiaí Rivers-Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 125-134, 2016.

USGS, 2018.**USGS Global Visualization Viewer**. Disponível em: >http://glovis.usgs.gov < Acesso em: 15 out. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EMPREGO DE SEGMENTAÇÃO MULTIRESOLUCIONAL NO MAPEAMENTO DE PADRÕES DE FORMAS DE RELEVO - PORÇÃO NO LESTE DO ESTADO DO PARANÁ

Willian Bortolini [(a)], Claudinei Taborda da Silveira [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Email: willianbortolini@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, Email: claudineits@yahoo.com.br

Eixo 9: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O mapeamento de padrões de formas de relevo do Paraná foi executado a partir de técnicas geomorfométricas baseadas na análise orientada ao pixel. Os resultados mostraram-se fidedignos a realidade de campo, entretanto necessitaram da aplicação de filtros de generalização e correções por interpretação visual. Estas limitações estão associadas a análise orientada ao pixel, sendo ruídos e o efeito de borda. A aplicação de segmentação multiresolucional, que se baseaia na segmentação de objetos que são posteriormente classificados, visou a redução destas limitações. Para a segmentação dos objetos, foram utilizados atributos topográficos derivados de MDE, como a declividade, amplitude altimétrica, relevo sombreado e índice de rugosidade do terreno. Para a classificação, fora utilzados valores médios por objeto da ampltitude altimétrica e média da declividade. Os resultados minimizaram as limitações presentes na análise orientada ao pixel, apresentando objetos mais generalizados e melhor representando as descontinuidades do relevo.

Palavras chave: MDE; geomorfometria; mapeamento geomorfológico; segmentação multiresolucional;

1. Introdução

Baseado em técnicas de modelagem digital do relevo, o projeto de mapeamento geomorfológico do estado do Paraná vem mapeando os padrões de formas de relevo, adequados ao 4º nível taxonômico da proposta de Ross (1992), na escala 1:100.000. Este trabalho deu continuidade ao mapeamento publicado no ano de 2006, em uma parceria entre a Universidade Federal do Paraná e a MINEROPAR, que mapeou os três primeiros níveis taxonômicos na escala 1:250.000 (OKA-FIORI *et al.*, 2006).

A técnica aplicada no mapeamento dos padrões de formas de relevo fez uso de quatro atributos topográficos: declividade e índice de posição topográfico (IPT), para o mapeamento das planícies fluviais; e amplitude altimétrica e média declividade, para o mapeamento dos demais padrões de formas de relevo. A técnica foi testada, antes de ser aplicada a todo o estado, em algumas áreas (BORTOLINI *et al*., 2017; GOMES *et al*., 2018). Os resultados obtidos se apresentaram fidedignos com a realidade de campo, além de serem obtidos de maneira mais otimizada se comparado as técnicas tradicionais.

Entretanto, os resultados apresentaram algumas limitações. Estes se apresentaram difusos, sendo corrigidos por meio de filtro de generalização. Além disso, apresentaram efeito de borda, que cria classes de transição entre duas classes distintas, que não corresponde com a realidade de campo. Esta última inconsistência teve de ser corrigida por meio de ajustes baseados na interpretação visual do relevo sombreado (BORTOLINI *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2018).

Neste contexto, o uso do algoritmo de segmentação multiresolucional (BAATZ; SCHAPE, 2000) surge como uma opção viável para minimizar as limitações encontradas nas classificações orientadas ao pixel. Este algoritmo se baseaia na criação de objetos, que correspodem a um agrupamento de pixels adjacentes que possuem características espacias e espectrais homogêneas, formando objetos discretas e homogêneos (VERHAGEN; DRAGUT, 2011). O processo de agregação dos pixels e criação dos objetos leva em consideração três critérios: fator de escala, cor e forma (dividida em compacidade e suavidade). Em seguida, os

ISBN: 978-85-7282-778-2

objetos criados são classificados segundo critérios morfométricos ou texturiais (CAMARGO *et al.*, 2009). Alguns trabalhos, como de Dragut e Blaschke (2006), Asselen e Seijmonsbergen (2006), Camargo *et al.* (2009), Dragut e Eisank (2012), Eisank *et al.* (2014) e Dekavalla e Argialas (2017), fizeram uso deste algoritmo para o mapeamento de formas de relevo nas mais variadas escalas.

Deste modo, este trabalho tem por objetivo o emprego de segmentação multiresolucional para o mapeamento de padrões de formas de relevo adequados ao 4º táxon da classificação de Ross (1992). O resultado deste mapeamento foi comparado com o Mapeamento Geomorfológico do Paraná, efetuado a partir de uma classificação orientada ao pixel. Isto visa identificar as potencialidades e limitações da segmentação multiresolucional se comparado a técnicas de mapeamento de formas de relevo orientadas ao pixel. A área de estudo foi a porção da subunidade morfoescultural Planalto Dissecado de Tunas do Paraná pertencente a carta Curitiba (MI 2842) (Figura 1), localizada na região leste do Paraná, no chamado 1º Planalto, abrangenda a porção centro-norte da Região Metropolitana de Curitiba, em uma área de 1018,77 km^2.

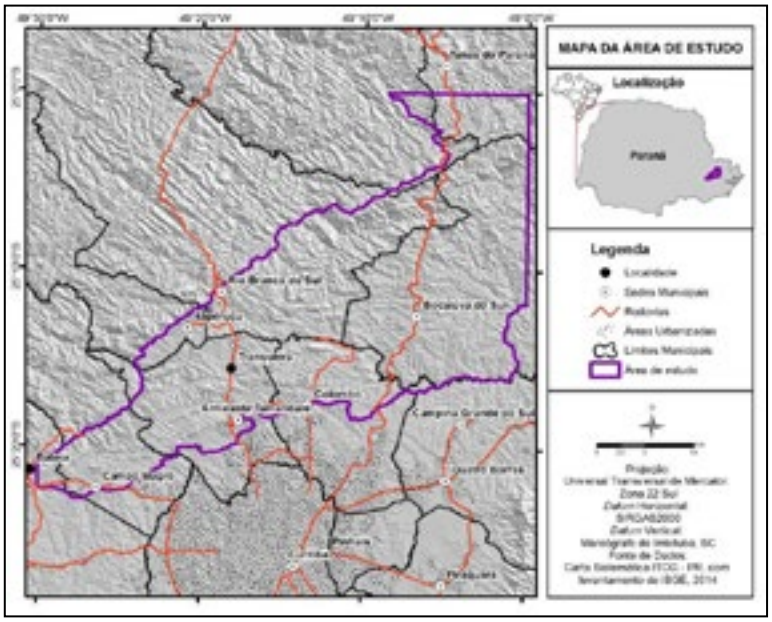


Figura 1 - Área de estudo.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e Métodos

A execução do trabalho foi composta por quatro etapas. Para isso, foram utilizados os seguintes softwares: ArcGIS 10.1 (*ESRI*) e SAGA GIS (2.1.2), para o calculo dos atributos topográficos, e eCognition (*TRIMBLE*), para os processos de segmentação e classificação.

A primeira etapa foi a aquisição do MDE. O modelo utilizado foi gerado a partir de dados planialtimétricos (pontos cotados, curvas de nível e hidrografia) na escala 1:50.000, provindas da base de dados topográfica do Departamento de Serviço Geográfico (DSG) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O algorítmo utilizado para a interpolação dos dados foi o ANUDEM (HUTCHINSON, 1988), e a resolução espacial é de 20 metros, calculada pelo método de *complexidade do relevo* (HENGL, 2006), que calculada a resolução espacial em função da relação entre as curvas de nível a área.

Na segunda etapa foram calculados os seguintes atributos topográficos: *ampltitude altimétrica*, a partir da aplicação de um raio de análise de vizinhança circular de 400 metros, correspondente ao comprimento médio das vertentes na área de estudo (BORTOLINI *et al.*, 2018); *declividade*, calculado a partir de uma janela móvel *3x3 pixels*, utilizando o algoritmo proposto por Horn (1981); média da declividade, calculado a partir da aplicação do calculo da média sobre a declividade em um raio de análise de vizinhança circular de 400 metros, que foi definido da mesma maneira do raio utilizado no cálculo da amplitude altimétrica; *relevo sombreado*, com azimutes de 45º e 315º, e altitude de 45º, calculado a partir de uma janela móvel *3x3 pixels*, utilizando o algoritmo proposto por Horn (1981); e o *índice de rugosidade do terreno* (IRT), calculado a partir da proposta de Riley et al. (1999).

Na terceira etapa, a segmentação foi executada a partir do uso dos seguintes atributos topográficos e seus respectivos pesos: amplitude altimétrica (2), declividade (2), IRT (2), relevo sombreado com azimute de 45º (1) e relevo sombreado com azimute de 315º (1). Os três primeiros atributos representam critérios referentes a rugosidade do relevo, e os dois ultimos a forma. O uso dos dois valores de azimute para os relevos sombreados se deve ao fato de que representam as duas principais direções de orientação das formas de relevo locais,

NW-SE e NE-SW. Foi dado peso menor aos relevos sombreados pois são dois atributos que se complemenam, e quando somados adquirem o mesmo peso dos demais atributos topográficos.

Os critérios de segmentaçao utilizados foram: fator de escala 120; cor 0,5 forma 0,5 (compacidade 0,5 e suavidade 0,5) (Figura 2). Estes valores foram selecionados a partir de uma série de testes de combinações de critérios, sendo estes o que melhor segmentaram objetos que representassem as formas de relevo da área.

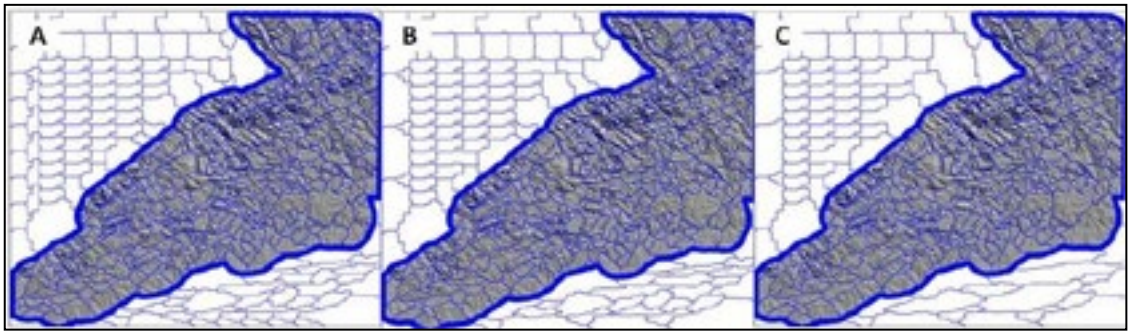


Figura 2 - Objetos segmentados com os fatores de escala: A: 100; B: 120 (utilizado no trabalho); C: 140.

A quarta etapa foi a classificação dos objetos segmentados. Para esta etapa, foram utilizados os valores da média da ampltitude altimétrica e média da média da declividade, ambos calculados por objeto segmentado. Foram utilizados os intervalos de valores para cada padrão de relevo empregados por Bortolini *et al.* (2018) e no mapeamento geomorfológico do Paraná para esta subunidade morfoescultural (Tabela I).

Tabela I - Critérios para a classificação dos padrões de formas de relevo

Padrão de forma de relevo	Intervalos de valores de média da amplitude altimétrica	Intervalos de valores de média da média da declividade
Colinas	<50 m	<8%
	50 a 70 m	<8%
	70 a 100 m	<8%
Colinas onduladas	<50 m	8 a 30%
	<50 m	>30%
	50 a 70 m	8 a 30%
Morrotes	50 a 70 m	>30%
	70 a 100 m	8 a 30%
	70 a 100 m	> 30%
Morros	100 a 200 m	<30%
Morros dissecados	100 a 200 m	>30%
Morros elevados	>200 m	Qualquer

3. Resultados e Discussões

O resultado da aplicação da técnica de segmentação multiresolucional para o mapeamento de padrões de formas de relevo é apresentado na Figura 3. Foram mapeados os mesmos seis padrões de formas de relevo do Projeto de Mapeamento do estado do Paraná, sendo eles: colinas, colinas onduladas, morrotes, morros, morros dissecados e morros elevados.

ISBN: 978-85-7282-778-2

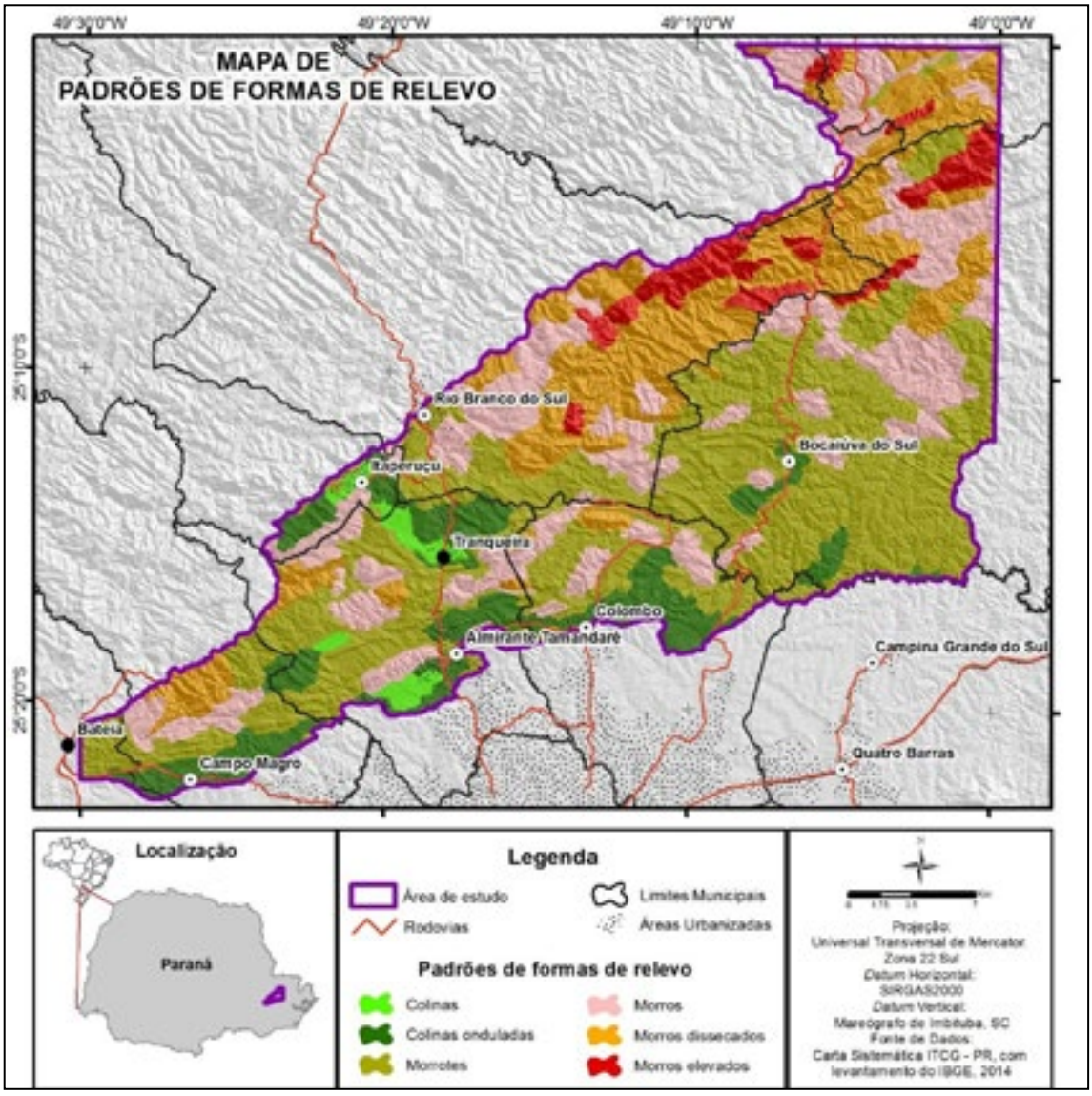


Figura 3 - Mapa de padrões de formas de relevo.

Comparando através de matriz de confusão o mapeamento a partir de análise orientada ao pixel, executado no âmbito do projeto de mapeamento geomorfológico do estado do Paraná, com o mapeamento a partir de análise orientada ao objeto executado neste trabalho, foi constatado uma concordância de aproximadamente 71% (Figura 4C). Este valor de discordância era esperado, pois previamente se acreditava em algumas significativas

ISBN: 978-85-7282-778-2

mudanças no mapeamento devido a minimização das limitações apresentadas na classificação pixel-a-pixel. Como observado na Figura 4, a grande maioria das porções de cada padrão de formas de relevo apresentam correspondência entre os mapas (Figuras 4A e 4B). Nas poucas porções onde não houve correspondência, isto ocorreu pois os valores de média da amplitude altimétrica e da média da média da declividade se apresentaram muito próximos aos valores limites dos intervalos dos critérios de classificação do padrão de forma de relevo. Provavelmente são área de difícil classificação do padrão de forma de relevo, onde é necessário verificação de campo. Dos nove pontos de campo visitados durante o projeto de mapeamento geomorfológico do Paraná nesta área, apenas um não apresentou descrição totalmente correspondente com os resultados.

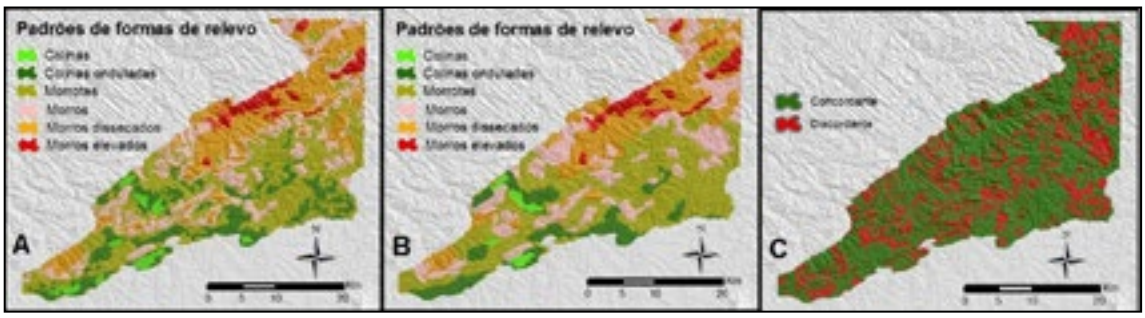


Figura 4 - Mapa de padrões de formas de relevo por análise orientada ao pixel; B: Mapa de padrões de formas de relevo por análise orientada ao objeto; C: Matriz de confusão entre os dois mapas.

Quanto ao emprego da técnica, a aplicação de segmentação multiresolucional minimizou algumas das limitações apresentadas no mapeamento a partir de analise orientada ao pixel (Figura 5). A primeira limitação minimizada foi o efeito "sal e pimenta", que se caracteriza pela presença de pixels ruidosos, ou seja, os resultados apresentados pela classificação acabam sendo difusos. Este quadro exige a aplicação de filtros de generalização para o tratamento destes ruídos. A Figura 5A1 apresenta o resultado da classificação orientada ao pixel, que mesmo após a aplicação de filtro de generalização apresenta uma distribuição difusa das classes de padrões de formas de relevo. Por sua vez, na figura 5A2, a partir do emprego de segmentação multiresolucional, objetos segmentados, que englobam um

agrupamento de pixels adjacentes com certa homogeneidade, não permitem que o resultado final da classificação apresente pequenos agrupamento ruidosos de uma classe em meio a área de outra classe.

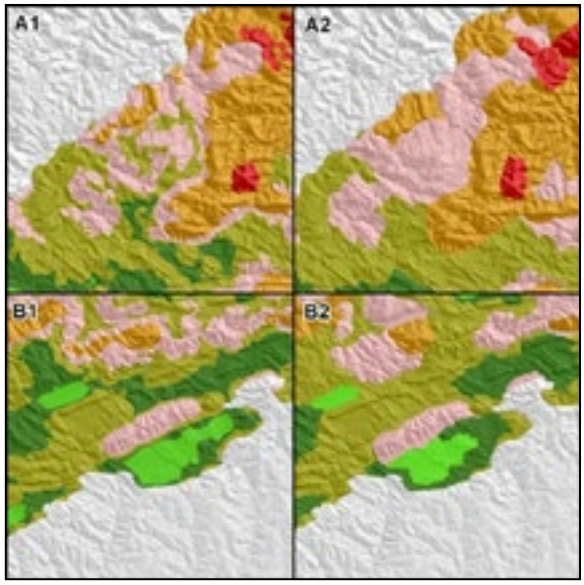


Figura 5 - A1 e B1: Padrões de formas de relevo mapeados a partir de análise orientada ao pixel. A2 e B2: Padrões de formas de relevo mapeados a partir de análise orientado ao objeto.

A segunda limitação minimizada é referente ao efeito de borda, que cria uma classe de transição entre duas classes distintas, que não corresponde com a realidade de campo (Figuras 5A1 e 5B1). Esta limitação está associada ao uso de raios de análise de vizinhança no cálculo de atributos topográficos como amplitude altimétrica e média da declividade, que foram utilizados de forma direta para a classificação orientada ao pixel (BORTOLINI *et al.*, 2017; BORTOLINI *et al.*, 2018). Entretanto, o emprego de segmentação multiresolucional cria objetos a partir da agregação de pixels que apresentam certa homogeneidade, separando-os de agrupamento de pixels adjacentes com características diferentes. Deste modo, os objetos conseguem representar as descontinuidades do relevo, principalmente em áreas onde o relevo apresenta formas muito distintas entre si (Figura A2 e B2).

O emprego de segmentação multiresolucional possibilita a minimização das limitações acima citadas sem a necessidade de aplicação de filtros de generalização ou a

execução de ajustes por interpretação visual. Desta maneira, elimina a subjetividade que está associada a estes dois procedimentos, além de otimizar o processo de mapeamento dos padrões de formas de relevo.

4. Considerações Finais

O emprego de segmentação multiresolucional apresentou potencialidade na minimização das limitações apresentadas no mapeamento de padrões de formas de relevo do Projeto de Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná, que fez o emprego de análise orientada ao pixel.

Os resultados obtidos abrem a possibilidade de estudos visando o emprego de segmentação multiresolucional no mapeamento de padrões de formas de relevo em outras áreas de estudo, aperfeiçoando os já consistentes produtos cartográficos gerados a partir dos trabalhos do projeto de mapeamento do estado do Paraná. Também abrem a possibilidade do uso desta técnica no mapeamento de formas de relevo em outros níveis taxonômicos da proposta de Ross (1992).

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de fomento em nível de mestrado concedida para o desenvolvimento da pesquisa; ao Laboratório de Pesquisas em Geomorfologia e Geotecnologias (LAGEO) da UFPR; e ao Laboratório de Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens do Departamento de Geomática da UFPR pela licença do software eCognition..

Referências Bibliográficas

ASSELEN, S.; SEIJMONSBERGEN, A. C. Expert-driven semi-automated geomorfphological mapping for a mountains area using a laser DTM. **Geomorphology.** v. 78. p. 309-310. 2006.

BAATZ, M.; SCHAPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: Strobl, J., Blaschke, T.,Griesebner, G. (Eds.), **Angewandte Geographische Informationsverarbeitung**, vol. XII. Wichmann, Heidelberg, pp. 12–23. 2000.

BORTOLINI, W.; SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Emprego de técnicas geomorfométricas na identificação de padrões de relevo. **Revista Raega - O Espaço Geográfico em Análise**. v. 41 Temático Geomorfologia. p. 131-150. 2017.

CAMARGO, F. F.; FLORENZANO, T. G.; ALMEIDA, C. M.; OLIVEIRA, C. G. Abordagens cognitivas para a identificação de unidades geomorfológicas por meio de dados ATER/Terra. **Revista Brasileira de Geociências.** v. 39. n. 2. p. 276-288. 2009.

DEKAVALLA, M.; ARGIALAS, D. Object-based classification of global undersea topography and geomorphological features from the SRTM30_PLUS data. **Geomorphology.** v. 288. p. 66-82. 2017.

DRAGUT, L.; BLASCHKE, T. Automated classification of landform elements using object-based analysis. Geomorphometry. v. 81. p. 330-344. 2006.

DRAGUT, L.; EISANK, C. Object representations at multiple scales from digital elevation models. **Geomorphology.** v. 129. p. 183-189. 2011.

EISANK, C.; SMITH, M.; HILLIER, J. Assessment of multiresolution segmentation for delimiting drumlins in digital elevations models. **Geomophology.** v. 214. p. 452-464. 2014.

HENGL, T. Finding the right pixel size. **Computers & Geosciences**. 32, 1283-1298, 2006.

HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n. 69, v.01, p. 14-47, 1981.

HUTCHINSON, M. F. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. **Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney,** Australia, 1988.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2. ed. - Rio de Janeiro, 2009.

OKA-FIORI, C., SANTOS, L.J.C., CANALI, N.E., FIORI, A.P., SILVEIRA, C.T., SILVA, J.M.F., ROSS, J.L.S. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná: Escala base 1:250.000 modelos reduzidos 1:500.000.** Curitiba, Minerais do Paraná SA. - MINEROPAR; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 59p. Disponível em: http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/2_Geral/Geomorfologia/Atlas_Geomorforlogico_Parana_2006.pdf

ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**. São Paulo, IG-USP, 1992.

VERHAGEN, P.; DRAGUT, L. Object-based landform delieation and classification from DEMs for archeological predictive mapping. **Journal of Archaeological Science.** v. 30. p. 698-703. 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESPACIALIZAÇÃO DA TEMPERATURA SUPERFICIALTERRESTRE (TST) DA CIDADE DE SÃO LUÍS – MA, UTILIZANDO SENSOR TIRS/LANDSAT- 8

Filipe Salomão de Sousa Ferreira [(a)], Matheus Prudencio Ericeira [(b)], Paulo Roberto Mendes Pereira [(c)]

[(a)] Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPA, Universidade Federal do Maranhão - UFMA, salomao.filipe2@gmail.com

[(b)] Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPA, Universidade Federal do Maranhão - UFMA, m.ericeira17@gmail.com

[(c)] Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais – NEPA, Universidade Federal do Maranhão - UFMA, p.roberto18@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão. Estudar e planejar o espaço requer bastante conhecimento em várias áreas o que dificulta o sucesso dessa atividade, a visualização das diferenças socioeconômicas encontrada nele torna o planejamento falho. Sendo assim conhecer a configuração espacial do objeto de estudo é um requisito fundamental para o sucesso do planejamento. Objetivando analisar a situação do município de São Luís com relação a sua temperatura superficial, devido suas áreas possuírem diferentes formas de ocupação, utilizou-se uma imagem orbital Landsat 8, sensor Tirs correspondente à faixa do infravermelho termal. Foi possível notar a influência da urbanização sobre a TST do muncípio, que teve suas áreas de vegeração suprimidas e ipermeabilializadas posteriormente.

Palavras chave: Geotecnologias, TST, São Luís

1. Introdução

As geotecnologias são compostas por soluções em hardware, software e peopleware que juntas constituem poderosas ferramentas para tomada de decisão (ROSA, 2011). Sendo extremamente importantes para se planejar o espaço seja ele urbano ou rural, promovendo o uso ordenado do espaço e dessa forma conduzir a estruturação de uma cidade ou mesmo de uma fazenda, oferecendo melhor qualidade de vida para sua população. E com toda a problemática socioambiental vivenciada hoje, a aplicação do geoprocessamento pode ser uma técnica para reduzir esses problemas (LEITE e ROSA, 2006).

Estudar e planejar o espaço requer bastante conhecimento em várias áreas o que dificulta o sucesso dessa atividade, a visualização das diferenças socioeconômicas encontrada nele torna o planejamento falho. Sendo assim conhecer a configuração espacial do objeto de estudo é um requisito fundamental para o sucesso do planejamento (LEITE e ROSA, 2006).

Além da compreensão sobre as problemáticas do espaço através do geoprocessamento, Reschke, Eloi e Silva (2011, p.46) afirmam que o conhecimento do tipo climático de uma região também um é importante subsídio para o planejamento de diversas atividades humanas. Feitosa (1996, p. 56) destaca que os estudos climáticos relativos ao território maranhense inserem-se, sempre, em uma abordagem mais ampla, incorporada a estudos realizados em todo Brasil ou nas regiões Norte e Nordeste, embora via de regra tais estudos reportem à área de influência dos ventos alísios de nordeste e da atuação convergente das massas de ar Equatorial atlântica e Equatorial continental que se deslocam em direção ao sul, que lhe garantem uma relativa estabilidade sazonal.

Objetivando analisar a situação do município de São Luís com relação a sua temperatura superficial, devido suas áreas possuírem diferentes formas de ocupação, utilizou-se uma imagem orbital Landsat 8, sensor Tirs correspondente à faixa do infravermelho termal.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e Métodos

A análise da temperatura de superfície do município de São Luís foi elaborado a partir dos procedimentos descritos em NASA (2015), para tanto se realizou um conjunto de etapas, sendo estas: aquisição de material bibliográfico que abordam as características de informações de temperatura do ar, humidade, direção e velocidade dos ventos, na data de passagem do satélite (INMET/BDMEP, 2017); aquisição de imagem orbital Landsat 8 sensor Tirs correspondente à faixa do infravermelho termal (10.6 - 11.19 μm - micrometro), com resolução espacial de 30 metros, orbita 221, ponto 62, com data de passagem 27/09/2017 e horário central 13:11 h. (USGS, 2017)

Após o processo de aquisição se realizou etapas de tratamento do dado raster sendo estes: o recorte da imagem na área de estudo. Após foi realiza a conversão de valores de niveis de cinza da imagem (NC) para radiância, fundamentado na equação $L\lambda = ML*Qcal+AL$, Onde: $L\lambda$ representa radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m2 sr μm); Ml é o Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 0.000334; Qcal corresponde ao fator de redimensionamento aditivo especifica da banda 10 = 0.10000; AL é o Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10 (USGS, 2014)

Posteriormente foi feita a aplicação da formula $T=K2/Log(K1/L\lambda+1$ com de transformar os valores adquiridos em Temperatura de Kelvin, que se aproximam dos valores que são constantemente usados para representar os valores das Temperaturas Superficiais, onde T é a temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K1 representa a constante de calibração 1 que corresponde a 774.89; K2 constante de calibração 2 que corresponde a 1321.08; $L\lambda$ representa radiância espectral Por fim, os valores totais obtidos em Kelvin foram submetidos a uma subtração de 273,15 que criou uma camada raster com TST em Celsius (°C), sendo feita a validação do produto com os dados de temperatura do ar, umidade, direção e velocidade do vento disponibilizado na estação meteorológica de São Luís na presente dada da imagem. Ainda que a temperatura do Ar não apresente relação direta com a Temperatura

ISBN: 978-85-7282-778-2

Superficial, as temperaturas registradas pela estação meteorológica localizadas no P.A Ambiental do Itapiracó no mesmo dia de aquisição da imagem, mostram semelhanças entre a Temperatura do Ar (Tabela I) e a Radiação Eletromagnética (REM) (Figura 3) dos alvos localizados

Tabela I - Dados Obtidos INMET/BDMEP na data de 27/09/2017.

Datas	Temperatura do Ar	Umidade (%)	Direção do Vento	Velocidade (km/h)
27/09/2017 (min)	29.3	74	Nordeste	6
27/09/2017 (max)	32.4	65	Nordeste	1

Isso se deve ao fato de São Luís apresentar regularidade térmica durante o ano por inteiro, contendo duas estações estabelecidas pelo regime pluviométrico, período chuvoso (dezembro a junho), compreendido entre o verão e outono, e outro seco, entre o inverno e a primavera (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007). Esse regime pluviométrico está ligado a Zona de Convergência Intertropical do Atlântico (ZCIT), que é o sistema atmosférico mais influente relacionado às precipitações nos continentes Sul-Americano, Africano e Asiático (CAVALCANTI et al, 2009).

2.1. Localização da Área

A capital do estado do Maranhão é um dos municípios que compõem a 3ª Região de Planejamento (IMESC, 2009) e ocupa cerca de 59% da Ilha do Maranhão (Figura 1), com 1.412,2 km² e uma população estimada em 1.014.837 habitantes, cuja densidade demográfica é de aproximadamente 1.215,69 hab./km² (IBGE, 2010). Limita-se com os municípios de São José de Ribamar, Alcântara e Icatu e com as Baías de São Marcos, São José e Oceano Atlântico, separado do continente pelo Estreito dos Mosquitos. Embora também estejam localizados na ilha e façam parte da região metropolitana, os municípios de Paço do Lumiar e Raposa não se limitam a São Luís.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 1 – Mapa de localização de São Luís.

3. Resultados e Discurssão

O processo de urbanização constitui uma das formas espaciais concebidas pela sociedade humana que mais alteram a paisagem, principalmente pela falta de planejamento adequado da ocupação onde ocorre supressão das áreas verdes e substituição da superfície do solo por asfalto, concreto, entre outros, resultando em um aumento geral da temperatura, tendo seus efeitos sentidos pela população através da alteração do conforto térmico, da qualidade do ar, além de outras manifestações, deteriorando a qualidade de vida dos habitantes (COELHO, 2003 e MONTEIRO, 1976).

A cidade de São Luís possuía grandes áreas de manguezais e vegetação arbustiva de pequeno e grande porte, típico de regiões de transição de Biomas, porém o crescimento urbano acabou por suprimir essa vegetação e provocaram mudanças significativas na cidade, principalmente assoreamento de nascentes e desmatamento de grandes áreas de manguezais e outras áreas (Figura 02).

ISBN: 978-85-7282-778-2

A partir de 1970 se destaca o processo de espansão urbana sem o devido planejamento associado principalmente a criação de um polo industrial, como destaca Ferreira (2007), este fator ocasionou a o crescimento de áreas perifericas e grandes conjuntos habitaçionais, onde não houve a preocupação em criar áreas arborizadas, visto que as árvores possuem a capacidade de criar microclimas e favorecem o conforto termico nos horarios onde os raios solares atingem com maior facilidade o solo, conforme Gomes e Amorim (2003) a vegetação atua como regulador térmico que proporcionou menores valores de temperatura criando melhores condições de conforto à população que desfrutava desses espaços.

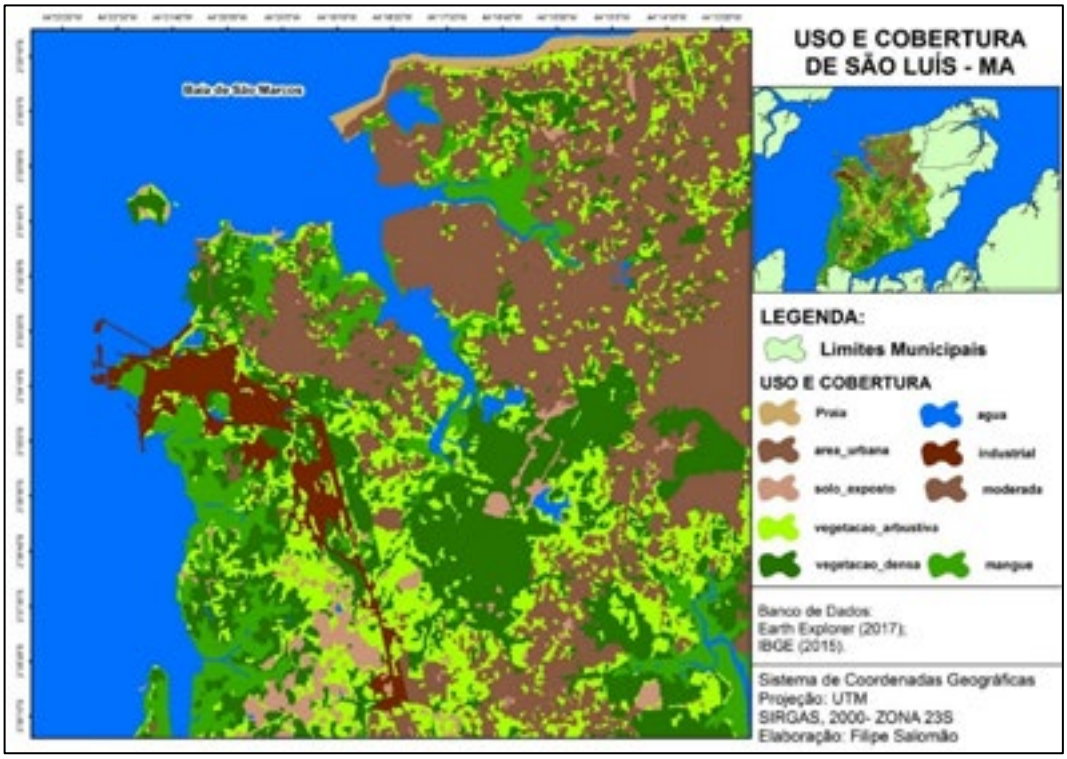


Figura 2 – Uso e Cobertura da Cidade de São Luís

Em análises de temperatura de superfície, a utilização do sensoriamento remoto a partir de imagens de satélites tem sido evidenciada em diversos trabalhos acadêmicos devido à sua funcionalidade e praticidade metodológica, sendo assim, as perspectivas de análise podem estar voltadas para vários aspectos do cotidiano das cidades, como, a variação da

temperatura em determinados pontos do perímetro urbano. O crescimento e modificação da cobertura da superfície tem alterado as condições de temperatura do ambiente, com destaque para retirada da cobertura vegetal e crescimento urbano a partir das imagens termais, sendo associado a mudança de cobertura da terra já analisados no subitem anterior.

Ressalta-se que as temperaturas levantadas com o uso do sensor TIR do Landsat 8 (oito) estão relacionadas às temperaturas dos materiais ou substâncias da superfície terrestre, diferentemente da temperatura do ar registrada nos sensores das estações meteorológicas A figura 3 apresenta as condições de temperatura de superficie pra São Luis no ano de 2018

Ao se avaliar a temperatura de superfície do município, observou-se variação de temperatura superficial de aproximadamente 15º C, com mínimas em torno de 25º C, onde se destaca ambientes com elevada densidade demográfica, com resposta espectral de com 40°C, que pode ser explicada pela existência fragmentada de locais arborizados e elevada concentração de camada asfáltica aliado ao grande fluxo de automóveis.

As maiores temperaturas se concentram na parte histórica da cidade, nos setores onde predominam grandes conjuntos habitacionais como a Cohab e Cidade Operária (Figura 3), nas faixas continua da BR-135 região que se caracteriza por ser o setor industrial da cidade com TST variando entre 27 e 40°C. Todas essas áreas possuem características associadas à baixa concentração de vegetação, grandes vias com canteiros mal arborizados, elevado fluxo de automóveis e concentração de imóveis tornando essas áreas sujeitas a desconfortos térmicos, fatos que influenciam diretamente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, contribuindo para o aumento da Temperatura Superficial, demonstrando que o espalhamento em áreas bastante urbanizadas com pouca cobertura vegetal, colabora para o aumento das máximas (ALMEIDA, 2016).

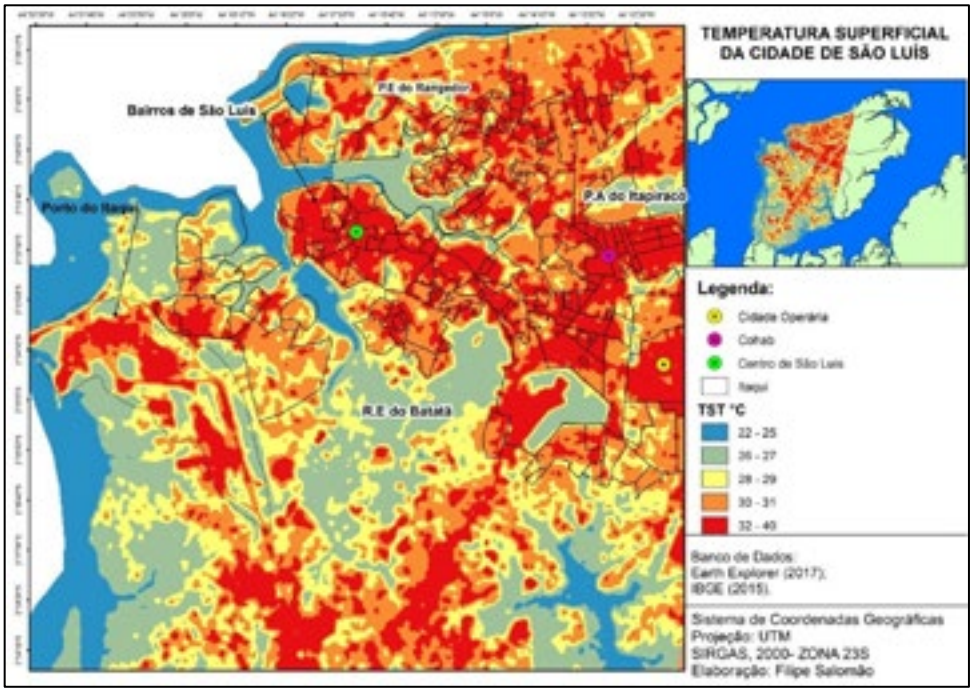


Figura 3 – Temperatura Superficial de São Luís

Diferentes das áreas urbanas a ambiência das algumas áreas periféricas do município onde os processos de ocupação foram tardios em comparação a parte central, a existência de sítios, chácaras e fazenda, propriedades que preservam em seus limites áreas com vegetação densa e arbustiva que tornam a TST bem agradável, justamente são as áreas mostradas na figura 3 com as temperaturas menos elevada, e nas áreas urbanas onde a ocupação foi planejada e houve a preocupação em manter as áreas com vegetação é possível uma leve melhoria na TST, como é o caso das áreas adjacentes ao PA do Itapiracó, Reserva Estadual do Batatã e Parque Estadual do Sitio do Rangedor onde as temperaturas são mais amenas e contribuem para a melhoria da ambiência nas áreas próximas.

Conforme Mascaró, (1990) a vegetação atua na atmosfera intra-urbana, funcionando como termoregulador, modificando o albedo das superfícies, já que interfere na radiação recebida durante o dia e sobre diversos aspectos: amenizar a radiação solar na

ISBN: 978-85-7282-778-2

estação quente e modificar a temperatura e a umidade relativa do ar do recinto, através do sombreamento que reduz a carga térmica recebida pelos edifícios, veículos e pedestres; modifica a velocidade e direção dos ventos; interferir, quando em grande quantidade, na frequência das chuvas; através da fotossíntese e da respiração reduzindo a poluição do ar (MASCARÓ, 1990).

Outra análise mostra claramente a interferência de componentes antrópicos na temperatura superficial. Dentro dos perfis gerados as maiores temperaturas estão localizadas na área industrial (Figura 04, cerca de 35 graus no ponto 6250), pois a poluição oriunda de processos realizados nesse local gera calor através da queima de combustíveis fósseis, áreas impermeabilizadas por camadas asfáltica (SANTANDER & BALDASSO, 2014).

Em seguida a zona urbana apresenta comportamento semelhante (Figura 05, cerca de 32 graus no ponto 5450), devido à proximidade com a zona industrial e ainda a crescente frota automobilística que está aliada a ampliação da camada asfáltica e edificações elevando dessa forma o potencial da absorção do calor. Dentro da zona urbana existem áreas verdes (Figura 06, cerca de 24 graus no ponto 6850), essas exercem um papel importante na absorção de calor, pois ao remover a vegetação o albedo é prejudicado (ele consiste na capacidade de reflexão da radiação solar), (SANTANDER & BALDASSO, 2014).

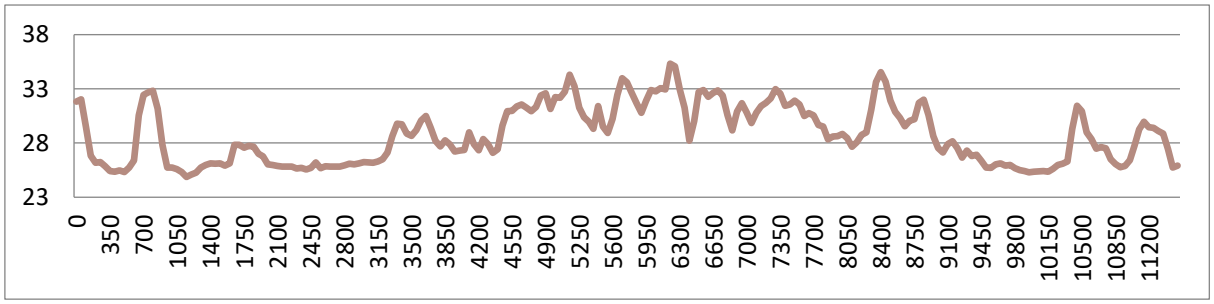


Figura 4 – Gráfico de Temperatura Superficial da Área Industrial

ISBN: 978-85-7282-778-2

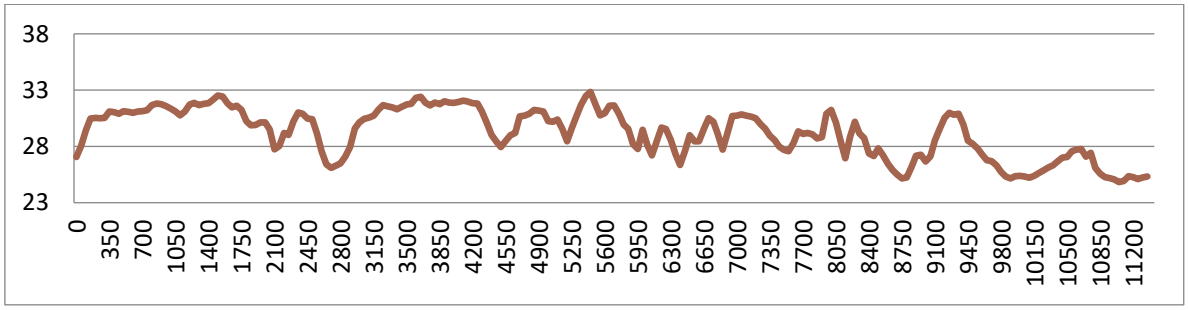


Figura 5 – Gráfico de Temperatura Superficial de Bairros da Zona Urbana

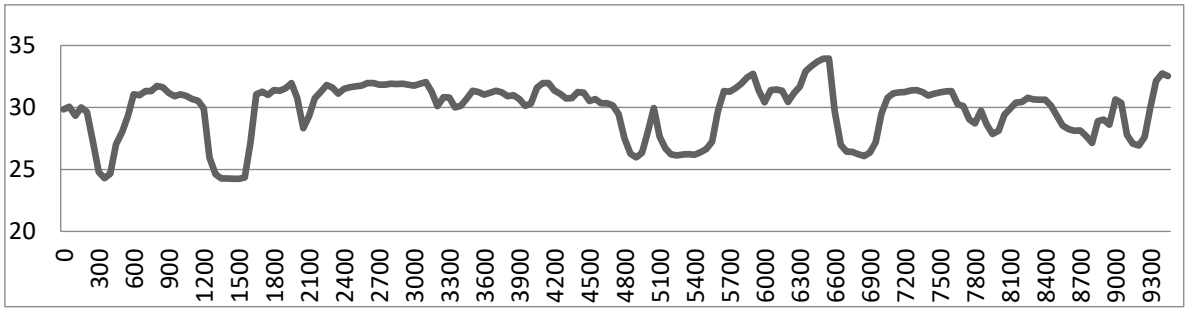


Figura 6 – Gráfico de Temperatura Superficial do PA do Itapiracó

4. Considerações Finais e Agradecimentos

Após a conclusão do estudo, foi possível notar a influência da urbanização sobre a TST do muncípio, que teve suas áreas de vegeração suprimidas e ipermeabilializadas posteriormente. É importante resaltar a importancia da aquisição desse conhecimento, pois a partir dele planejamentos contendo medidas mitigadoras e também de médio a longo prazo podem ser elaboradas, visando a melhoria das condições espaciais.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Referencial Bibliográfico

COHEN,J.; CAVALACANTI, I.F.B.; BRAGA, R.H.M.; NETO, L.S. Linhas de Instabilidade na Costa N-NE da América do Sul. In:_____FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; DIAS, M.A.F.S. Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

COLTRI, P. P.; VELASCO, G. D. N.; POLIZEL, J. L.; DEMETRIO, V. A.; FERREIRA, N. J. Ilhas de Calor da estação de inverno da área urbana do município de Piracicaba, SP.In: X III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Anais...Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). Caminhos de Geografia. v. 7, n. 10, p. 94-106, set, 2003.

MASCARÓ, L.R. Luz, clima e arquitetura. 3 ed. São Paulo: Nobel, 1990.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. v. 1. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

LEITE, Marcos Esdras; ROSA, Roberto. GEOGRAFIA E GEOTECNOLOGIAS NO ESTUDO URBANO / Geography and geotechnology in the urban study. Caminhos de Geografia, [S.l.], v. 7, n. 17, ago. 2006. ISSN 1678-6343. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15396>. Acesso em: 13. dez. 2018.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia, v. 16, p. 81-90, 30 abr. 2011.

SANTANDER, Leonardo Vidouto; BALDASSO, Rafael Felipe de Freitad. BE_310 CIÊNCIAS DO AMBIENTE, 2014. UNICAMP. Ilhas de Calor e Suas Consequências na Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/sites/www.ib.unicamp.br.dep_biologia_animal/files/Ilhas%20deCalor_SP.PDF>. Acesso em: 28 dez. 2018.

USO DE GEOTECNOLOGIAS NOS ESTUDOS DE CLIMA URBANO: aplicação do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento na análise multitemporal da temperatura da superfície terrestre na Ilha do Maranhão.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESPACIALIZAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO E A SUSCETIBILIDADE A DESERTIFICAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

Josinara Silva Costa [(a)], Carlos Augusto de Sousa Araújo Neto [(b)], Antonia Natalia Dias de Oliveira [(c)], André Luis Nascimento de Oliveira [(d)], Erika Milene Pinto de Sousa [(e)]

[(a)] Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, josinarascosta@gmail.com
[(b)] Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, cp.as@hotmail.com
[(c)] Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, antonianataliadias@gmail.com
[(d)] Estudante de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/Universidade Federal Rural da Amazônia, alnascimentooliveira@gmail.com
[(e)] Professora do curso de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis/ Universidade Federal Rural da Amazônia, erika_milene@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Fatores climáticos, como precipitação e temperatura, são determinantes no processo de desertificação, principalmente em regiões semiáridas, como é o caso do nordeste brasileiro. Nesse sentido, o presente artigo objetivou estimar o Balanço Hídrico Climatológico - BHC do estado do Rio Grande do Norte, bem como gerar mapas temáticos com os resultados e analisar o potencial a suscetibilidade de desertificação do estado. Para isso utilizou-se dados meteorológicos das estações do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET distribuídas no estado. A partir desses dados foram calculados o BHC, a evapotranspiração potencial, o índice de aridez - IA e a suscetibilidade à desertificação. Bem como realizar a espacialização do déficit e excedente hídrico por meio da criação de mapas temáticos e análise estatística, por meio do software Statistica 7.0®, do IA. O estudo demonstrou que cinco das sete estações meteorológicas possuem alta suscetibilidade à desertificação e o estado apresenta déficit hídrico, na sua porção semiárida, durante oito meses do ano.

Palavras chave: Índice de Aridez, Classificação Climática, Nordeste Brasileiro, Mudanças Climáticas

1. Introdução

Nas regiões suscetíveis a desertificação, como as regiões áridas, semiáridas, subúmidas e secas, o fator climático em especial, variações espaciais e temporais, é importante para se determinar o potencial de degradação dos recursos naturais (AQUINO; OLIVEIRA, 2013). Entre

as consequências que as mudanças climáticas acarretam, a desertificação traz consigo inúmeros problemas, entre eles os de ordem política, econômica, social, cultural e ambiental (BARROS, 2010), que são refletidos, principalmente, na produção agrícola (PASSOS; ZAMBRZYCKI; PEREIRA, 2017). Nesse sentido, o monitoramento dos fatores que podem acarretar a desertificação se apresenta como uma estratégia para mitigar e/ou prevê o processo mencionado.

O nordeste brasileiro, em sua porção semiárida, conforme Santos, Mendes e Cruz (2018), configura-se como uma região que apresenta distribuição espaço-temporal irregular da precipitação (apresentando valores concentrados num curto período de tempo), além de elevados valores de temperatura e totais de evapotranspiração potencial. Neste cenário, o Balanço Hídrico Climatológico (BHC) proposto por Thornthwaite e Mather (1955) é uma ferramenta que possibilita a definição das características climáticas de uma região, como estimar a deficiência e o excedente hídrico e as variações da quantidade de água no solo (CARVALHO *et al.,* 2011).

Além do BHC, o uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG) também se apresenta como uma ferramenta útil nos estudos de balanço hídrico, uma vez que possibilita visualizar as variações, a nível temporal e espacial, das características de disponibilidade hídrica de uma dada região (MARTINS; ROSA, 2012). Deste modo, o presente trabalho objetivou estimar o BHC do estado do Rio Grande do Norte - RN, bem como gerar mapas temáticos com os resultados e analisar o potencial a suscetibilidade de desertificação do estado.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo

O estado do Rio Grande do Norte encontra-se na região nordeste do Brasil, com uma área de 52811,107 km² e uma população estimada de 3.479.010 habitantes (IBGE, 2018). De acordo com Vianello e Alves (1991) o Rio Grande do Norte, com base na classificação de Köppen, apresenta dois domínios climáticos: clima As (tropical chuvoso) e Bs (Semiárido).

2.2. Coleta, processamento e análise de dados

Os dados utilizados foram obtidos dos bancos de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de 7 estações meteorológicas convencionais distribuídas no estado: Apodi (-5º 37’ 00” S; 37º 49’ 00” W); Ceará Mirim (-5º 39’ 00” S; -37º 49’ 00” W); Cruzeta (-6º 26’ 00” S; 36º 35’ 00” W); Florânia (6º 26’ 00” S; 36º 48’ 36” W); Macau (5º 9’ 3,75” S; -36º 34’ 23,31” W); Natal (-5º 55’ 00” S; -35º 12’ 00” W); Seridó Caicó (-6° 28' 00"S; -37° 5' 00"W). Para o cálculo do Balanço Hídrico foi utilizado o método de Thornthwite e Mather (1955) para cada mês a partir das médias de precipitação e temperatura no período observado no estudo, foram utilizados dados dos últimos 30 anos (1987 a 2017) e capacidade de água disponível (CAD), sendo adotado para esta última variável o valor inicial de 100 mm. A determinação das variáveis déficit e excesso hídrico foi realizada por meio dos resultados do Balanço Hídrico calculado.

O índice de aridez foi calculado a partir dos dados de BHC, segundo método proposto por Thornthwite (1948), sendo obtido pela razão entre precipitação e a evapotranspiração potencial. Para a classificação climática utilizou-se as classes descritas por Thornthwaite (1941) e a para suscetibilidade à desertificação foi adaptada a classificação proposta por Matallo Junior e Schenkel (2003), ambas dependentes do IA.

Os dados de déficit e excedente hídrico foram utilizados na elaboração dos mapas temáticos para espacializar essas variáveis. A construção do mapa temático com a espacialização dos dados climáticos foi realizada em ambiente SIG, com uso do software livre QUANTUM GIS/SAGA, versão 2.18.3. A espacialização foi feita utilizando a técnica de interpolação de krigagem, no qual o extrato de deficiência e excesso hídrico foram distribuídos espacialmente por meio da localização das estações meteorológicas.

Foi realizada a análise estatística por meio do software Statistica 7.0® da influência das variáveis precipitação, tempo, temperatura e evapotranspiração potencial no índice de aridez. Para tanto, foi utilizado seis das sete estações meteorológicas (a estação de Serido Caico não possuí 30 anos de operação) sendo levantado dados mais próximos possíveis a 30 anos consecutivos, como

recomendado por Word Meteorological Organization (WMO, 1989). Esses dados foram agrupados em séries temporais. Lopes *et al.* (2017) afirmam que o uso do período escolhido, por ser longo, permite filtrar as variações interanuais ou anomalias e, ao mesmo tempo é curto o suficiente para demonstrar as tendências climáticas nas áreas estudadas.

Para determinar as séries temporais (que se apresentaram em quantidades diferentes em cada estação) foram utilizadas médias móveis, usando-se o máximo de anos para melhor representatividade (LOPES *et al.,* 2017). Para identificação das séries foi utilizado a letra S antes do ano de início e de fim de cada uma (Tabela I).

Tabela I – Período de dados levantados no INMET, série e total de elementos nas séries para cada estação.

Código	Estação	Período Início	Período Final	Série Inicial	Série Final	Total de Séries
82590	Apodi	1962	2017	S2001	S2017	17
82596	Ceará Mirim	1971	2017	S2011	S2017	07
82693	Cruzeta	1962	2017	S1995	S2017	23
82691	Florânia	1963	2017	S2002	S2017	16
81836	Macau	1961	2017	S2000	S2017	18
82598	Natal	1961	2017	S2004	S2017	14

Fonte: Autores.

Para avaliar o grau de dependência entre as variáveis e o índice de aridez aplicou-se a correlação de Pearson, que de acordo com Moore (2007) mensura o grau de relação linear e a direção entre duas variáveis quantitativas. Para avaliação, Figueiredo Filho (2014) descreveu que os resultados da correlação variam de -1 a 1, sendo que seus sinais e valores indicam a magnitude da dependência.

Do mesmo modo, visando ainda identificar quais variáveis apresentaram maior influência na variação do IA, aplicou-se análise de agrupamento hierárquica pela distância Euclidiana, usando o critério de Ward (1963), que demonstra a proximidade entre variáveis através do coeficiente de dissimilaridade.

Estimou-se posteriormente uma equação de regressão linear múltipla, visando identificar a tendência do IA em função dessas variáveis e modelar matematicamente a situação da aridez para cada estação. Para tal, foi utilizado apenas as variáveis que se demonstraram significativas na correlação de Person (adotando nível mínimo de 75 % como correlação forte). Para avaliar a significância do modelo usou-se o coeficiente de determinação (r^2) e o valor-p com significância a 5%, com a hipótese nula de que as variáveis não provocaram efeitos no IA e são insignificantes para modelar o cenário.

3. Resultados e Discussão

3.1. Classificação climática e suscetibilidade à desertificação a partir do Índice de Aridez

A partir do índice de aridez classificou-se o clima em diferentes classes, este índice ainda permitiu diagnosticar a suscetibilidade à desertificação das áreas referentes às estações meteorológicas (Tabela II). O cruzamento de dados permitiu diagnosticar que as áreas de influência das estações de Apodi, Cruzeta, Florânia, Macau e Seridó apresentam uma alta suscetibilidade de sofrer o processo de desertificação, sendo que os índices de aridez para as estações variaram de 0,236 a 0,457 segundo classificação de Matallo Júnior e Schenkel (2003). Os climas da região ainda foram caracterizados como Semiárido e Subúmido e Úmido. Logo verifica-se na Figura 1 a espacialização das áreas suscetíveis à desertificação no estado a partir do índice de aridez.

Tabela II - Classificação climática e suscetibilidade à desertificação a partir do índice de aridez.

Estação	IA	Classe climática	Suscetibilidade à desertificação
Apodi	0,357	Semiárido	Alta
Ceará Mirim	0,86	Subúmido e Úmido	Inferior a moderada
Cruzeta	0,335	Semiárido	Alta
Florânia	0,457	Semiárido	Alta
Macau	0,236	Semiárido	Alta
Natal	0,992	Subúmido e Úmido	Inferior a moderada
Seridó	0,286	Semiárido	Alta

Fonte: Autores.

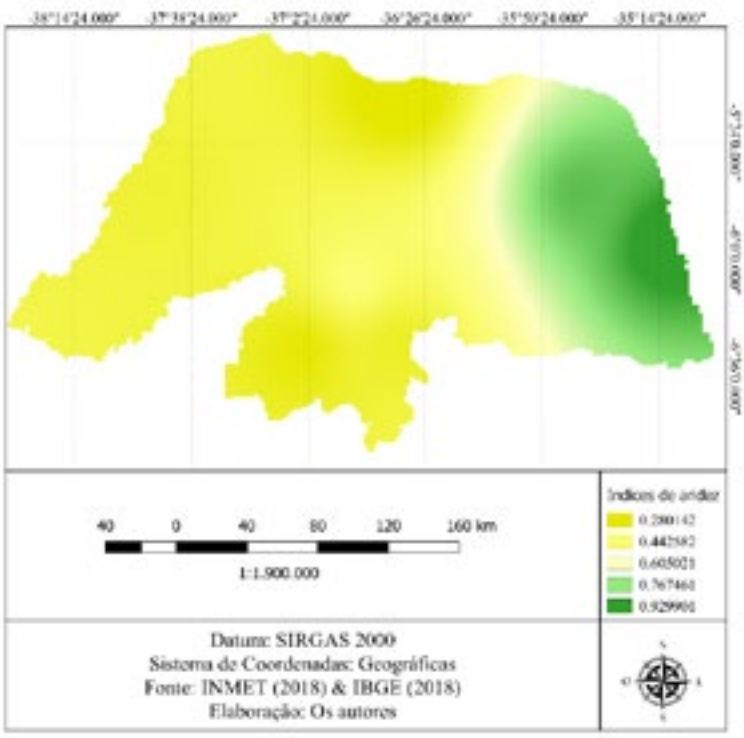


Figura 1- Espacialização dos índices de aridez do estado do Rio Grande do Norte. Fonte: Autores.

A classificação climática do Rio Grande do Norte (na sua maioria Semiárido) pode ser explicada porque no estado o único sistema de grande escala responsável por precipitações pluviométricas é o da zona de convergência intertropical (ZCIT). Também pode ser observado que há ausência de frentes frias na região (UVO, 1989).

Na pesquisa realizada por Marengo e Bernasconi (2015) foi observada que a escassez e irregularidade das chuvas, conjuntamente com as altas temperaturas acabam por elevar o potencial de evaporação, corroborando para a degradação da vegetação e dos solos da região. Esse cenário de degradação ambiental está expresso nas perdas do bioma Caatinga, que de acordo com Leal *et al.* (2015) já apresenta 15% da sua cobertura suscetível a erosão, como consequência do uso inadequado do solo.

3.2. Espacialização do déficit e excedente hídrico

Para todas as estações, os meses de janeiro, fevereiro, agosto, setembro outubro, novembro e dezembro não apresentaram excedentes hídricos. Para estes meses, o déficit hídrico variou de -8,5 mm a -209,40 mm. Enquanto que nos outros meses apresentaram dados que variam com um excedente hídrico de 44,4 mm a 226,9 mm. Os dados corroboram com Diniz e Pereira (2015) quando estudam a classificação climática do Rio Grande do Norte e afirmaram que de 6 a 8 meses a região apresenta clima semiárido, caracterizado por altos déficits hídricos e baixos excedentes. A espacialização destes dados apresenta as regiões com maiores e menores déficits e excedentes hídricos (Figura 2).

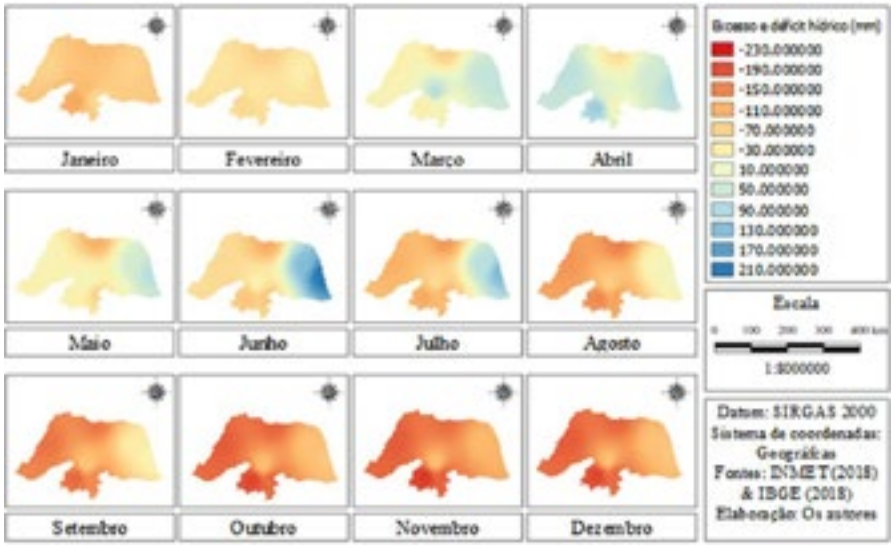


Figura 2- Espacialização dos dados de déficits e excedentes hídricos do estado do Rio Grande do Norte. Fonte: Autores.

Schmidt, Lima e Jesus (2018) demonstram nos seus estudos que o município de Cruzeta, onde está localizada a estação meteorológica Cruzeta, é atingido pelas secas que historicamente afetam o semiárido nordestino e, desde 2015, o seu abastecimento de água encontra-se em colapso. Os autores ainda realizaram uma projeção para o balanço hídrico para a região semiárida do RN, apontando que o déficit hídrico continuará alto totalizando 2026,7 mm anuais, podendo, até metade do século XXI, ser 4 vezes maior que a precipitação anual acumulada.

3.3. Análise estatística

A correlação de Pearson demonstrou que nas estações de Cruzeta, Florânia, Macau e Natal todas as variáveis apresentaram alta correlação com o índice de aridez (Tabela III). As estações Apodi e Ceará Mirim não apresentaram correlação significativa entre as séries e o IA demonstrando que esses lugares não podem ser modelados em função do tempo.

Tabela III - Matriz de correlação de Pearson das variáveis precipitação (P), evapotranspiração (ETP), temperatura (T), período da série temporal (S) e índice de aridez para as estações do Rio Grande do Norte

Estação	**Correlação de Person**				
		S	**P**	**T**	**ETP**
Apodi	IA	-0,43	0,98	-0,77	-0,77
Ceará Mirim	IA	-0,70	0,85	-0,88	-0,88
Cruzera	IA	-0,78	0,99	-0,84	-0,84
Florânia	IA	-0,87	0,99	-0,93	-0,93
Macau	IA	-0,78	0,97	-0,84	-0,84
Natal	IA	0,80	0,98	0,75	0,75

FONTE: Autores.

O dendograma gerado a partir da análise de agrupamentos demonstrou os menores valores de distância entre as variáveis, evidenciando quais os principais elementos responsáveis pela mudança do IA nas regiões analisadas (Figura 3). Em Apodi, Ceará, Cruzeta, Florânia e Natal o aumento da temperatura (T) foi o principal fator de influência no índice de aridez, estabelecendo uma classe de interação.

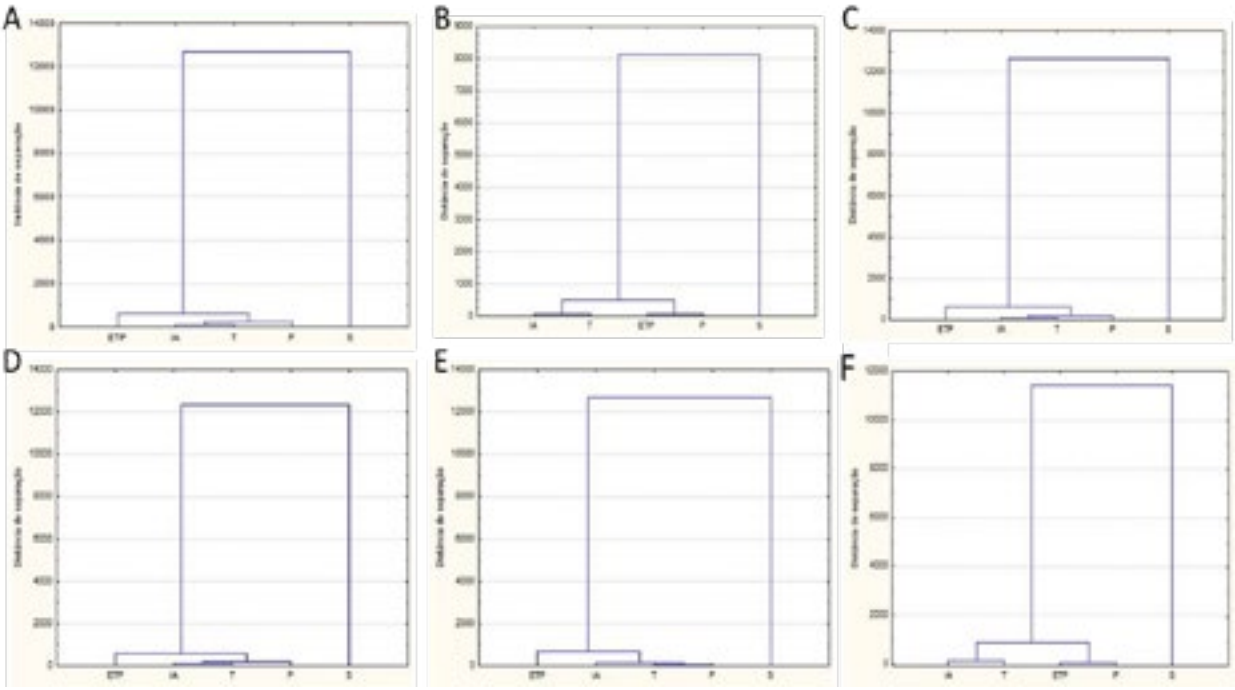


Figura 3 - Dendograma de componentes climáticos para o estado do Rio Grande do Norte, para as cidades de Apodi (A), Ceará Mirim (B), Cruzeta (C), Florânia (D), Macau (E) e Natal (F), sendo: S – Série Temporal; IA - Índice de Aridez; T - Temperatura; P - precipitação; ETP - Evapotranspiração Potencial. Os eixos verticais não possuem a mesma graduação. FONTE: Autores.

O mesmo resultado foi encontrado por Prado et al. (2016) ao analisar a influência da temperatura na variação climática de Uberlândia- MG, bem como os resultados apontados por Lopes et al. (2018), onde a temperatura foi o fator principal na redução do índice de aridez na região central do Semiárido brasileiro. Para a estação de Macau, a temperatura e a precipitação estabeleceram uma classe e concomitantemente influenciaram no índice de aridez dessa região.

A regressão linear multivariada se mostrou adequada na modelagem da aridez nessas regiões, podendo ser calculada e projetada a partir das variáveis significativas na correlação de Pearson (Tabela IV). Tal resultado pôde ser comprovado a partir do coeficiente de determinação, onde todos resultados apresentaram acima de 0,85, demonstrando que em todas as regiões as equações conseguem representar mais de 85% da realidade. O valor-p apresentou significativo, acatando a hipótese de que as variáveis influenciam no IA e possibilitam sua modelagem. Essas

equações, portanto, permitirão estimar o índice de aridez para essas regiões, tendo como base valores conhecidos da precipitação, temperatura e tempo.

Tabela IV - Equações que representam o comportamento da variação do Índice de Aridez, sendo: S – Série Temporal; IA - Índice de Aridez; T - Temperatura; P -precipitação; ETP - Evapotranspiração Potencial, r^2- Coeficiente de determinação.

Estação	Equação	r^2	p-valor
Apodi	IA= 0,726 + 0,00596P - 0,01499T - 0,001758ETP	0,938	4,91E-08
Ceará Mirim	IA= 1,277 + 0,007098P - 0,03128T - 0,003128ETP	0,954	1,63E-02
Cruzeta	IA= 0,9465 + 0,00589P - 0,0157T - 0,001805ETP - 0,000101S	0,937	3,97E-07
Florânia	IA= 1,6976 +0,0054P - 0,0259T - 0,002736ETP - 0,000262S	0,947	6,07E-07
Macau	IA= 0,83847 +0,0059P - 0,00791T - 0,000886ETP - 0,000225S	0,946	1,64E-07
Natal	IA= -0,2011 +0,005114P - 0,01289 T - 0,001228ETP + 0,0005S	0,875	4,23E-04

FONTE: Autores.

4. Conclusão

O território do Estado do Rio Grande do Norte apresenta tendências significativas de aumento no grau de aridez. Pois, ao se analisar estatisticamente os dados de seis estações presentes na região, em cinco delas foi observado o aumento da suscetibilidade da desertificação. Os dados de espacialização dessa tendência possibilitam confirmar que grande área do território é suscetível a escassez hídrica.

5. Referências bibliográficas

AQUINO, C. M. S.; OLIVEIRA, J. G. B. de. Emprego do Método de Thornthwaite & Mather (1955) para Cálculo do Balanço Hídrico Climatológico do Núcleo de Degradação de São Raimundo Nonato-Piau. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 01, p. 079-090, 2013. Disponível em: < periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/download/4921/3321>. Acesso: 25 out. 2018.

BARROS, K. O. Índice de aridez como indicador da susceptibilidade à desertificação na mesorregião norte de Minas. **Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) –Universidade Federal de Viçosa**. Viçosa, 2010.

CARVALHO, H. P.; DOURADO NETO, D.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, Mar./Apr. 2011. Disponível em: < https://www.researchgate.net/publication/277097364_Balanco_hidrico_climatologico_armazenamento_efetivo_da_agua_no_solo_e_transpiracao_na_cultura_de_cafe_Climatological_hydric_balance_effective_soil_water_storage_and_transpiration_in_coffee_culture>. Acesso: 25 out. 2018.

DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C.. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C.; SILVA JÚNIOR, J. A.; PARANHOS, R.; NEVES, J. A. B.; SILVA, M. B. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson: o Retorno. **Revista Leviathan**, n. 8, p. 66-95, 2014.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Censo Brasileiro de 2010. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/panorama>. Acesso em: 12 jun. 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). IBGE Mapas. Disponível em: < ftp://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_estaduais_e_distrito_federal/ >. Acesso em: 12 jun. 2018.

LOPES; I.; SANTOS, S. M.; LEAL, B. G.; MELO, J. M. M. Variação do índice de aridez e tendência climática à desertificação para a região semiárida do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 04, p. 1014-1026, 2017.

LOPES, I. et al. Análise multivariada no estudo da variação do Índice de Aridez da Bahia e Pernambuco. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v. 26, n. 1, p.93-102, 2018.

MARENGO, J.A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/ drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. Climate Change, v. 129, p. 103–115, 2015.

MATALLO JUNIOR, H. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, MATALLO JR, H (Org). Desertificação. Brasília: UNESCO, 2003.

MARTINS, A. P.; ROSA, R. Caracterização climática da bacia do rio Paranaíba a partir da rede de estações de superfície automática do INMET (2001-2011), utilizando ferramentas de geoprocessamento. Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1303 – 1316, 2012.

Matallo Júnior, H. Schenkel, C. S., 2003. Desertificação. Brasília: UNESCO.

MOORE, D. S. **The Basic Practice of Statistics**. New York, Freeman, 2007. 728p.

PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico climatológico e classificação climática para o município de Balsas-MA. **Rev. Scientia Agraria**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 83-89, jan./mar.2017. Disponível em: < http://www.redalyc.org/pdf/995/99550456009.pdf>. Acesso: 25 out. 2018.

PRADO, B. Q. M.; FERNANDES, H. R.; ARAÚJO, T. G.; LAIA, G. A.; BIASE, N. G. Avaliação de variáveis climatológicas da cidade de Uberlândia (MG) por meio da análise de componentes principais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, p. 407-413, 2016.

SANTOS, F.A.; MENDES, L.M.S.; CRUZ, M.L.B. Análise do Índice de Aridez da Bacia Hidrográfica do Rio Piracuruca - Ceará-Piauí, Nordeste do Brasil. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 181-199, mai./ago. 2018. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2018v33n67p181/36735. Acesso em: 12 jan. 2019.

SCHMIDT, D.M.; LIMA, K.C.; JESUS, E.S. Variabilidade Climática da Disponibilidade Hídrica na Região Semiárida do Estado do Rio Grande do Norte. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ, v. 41, n. 3, p. 483-491, 2018.

VIANELLO, Rubens Leite; ALVES, Adil Rainier. Meteorologia básica e aplicada. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

THORNTHWAITE, C. W. Atlas of climatic types in the United States 1900-1939. **Departmentof Agriculture Miscellaneous Publications**, n. 421, 48 p., 1941.

THORNTHWAI TE, C.W. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev, v.38, p.55-94, 1948.

THORTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology; 1955, 104p.

UVO, C. B. 1989. A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte do nordeste brasileiro. Dissertação de Mestrado. INPE, São José dos Campos. 99p.

WARD, J.H. Hierarchical grouping to otimize an objective function. **Journal American Statistical Association**, v. 58, p. 236–244, 1963.

WMO, 1989. Calculation of monthly and annual 30-year standard normals, WCDP No. 10, WMOTD No. 341. World Meteorological Organization, Geneva.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POR SENSORIAMENTO REMOTO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Nazaré Suziane Soares [(a)], Juliana Alcântara Costa [(a)], Carlos Alexandre Gomes Costa[(b)]

[(a)] Discente do Programa de Pós Graduação do Departamento de Engenharia Agricola, Universidade Federal do Ceará, soaresns@alu.ufc.br, juliana-alcantara-costa@hotmail.com.
[(b)] Departamento de Engenharia Agricola, Universidade Federal do Ceará, costacag@gmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A evapotranspiração real (ETr) é inerentemente difícil de medir e prever, especialmente em grandes escalas espaciais. O sensoriamento remoto fornece um método econômico para estimar a evapotranspiração nas escalas regional e global. Com esta revisão, teve-se como hipótese que a estimativa da ETr por sensoriamento remoto tem sido com resoluções espaciais gradativamente maiores e que os métodos utilizados são cada vez mais adaptados. O objetivo do presente estudo foi testar as hipóteses apresentadas por meio de um levantamento sistemático da literatura especializada dos últimos dez anos. Utilizaram-se critérios adaptados de outras revisões sistemáticas e após passados por esses critérios, contou-se com 76 publicações na análise. Ambas as hipóteses foram refutadas e foram observados os padrões de publicação. A tendência dos estudos é de se estabelecer comparativos e observar respostas em diversas conformações.

Palavras chave: evapotranspiração real; balanço hídrico; fluxo de energia; fluxo de água.

1. Introdução

A evapotranspiração (ET) é uma das fases mais importantes do ciclo hidrológico. Entre os principais componentes do balanço hídrico, a ET ocorre no estado gasoso ao contrário da precipitação e do fluxo dos cursos de água, tornando-se o componente de mais difícil medição direta (LI et al., 2009). Esse processo transfere um grande volume de água de várias superfícies terrestres para a atmosfera através de dois subprocessos: (1) evaporação da água interceptada pelo solo e pela vegetação e (2) transpiração das plantas (ANDERSON et al., 2012). Por conseguinte, a ET tem um papel fundamental na troca de massa e energia no sistema solo-água-vegetação e atmosfera, sendo um elemento-chave no balanço energético e hídrico (VINUKOLLU et al., 2011).

Quantificar a ET é vital no gerenciamento dos recursos hídricos, principalmente em áreas de reconhecida escassez de água, visto que informações precisas e distribuídas espacialmente sobre o uso da água é uma necessidade crucial para uma ampla gama de aplicações (ANDERSON et al., 2012). Assim, o conhecimento da taxa e quantificação da ET espacialmente distribuída é um componente essencial no desenvolvimento e monitoramento dos sistemas hidrológicos, agrícolas e ambientais (SENAY et al., 2016).

Técnicas convencionais de estimação da ET (ou seja, tanque classe A, razão de Bowen, sistema de correlação de vórtice, lisímetros de pesagem, fluxo de seiva) são baseadas principalmente em medições de campo (TEIXEIRA, 2010). Embora possam fornecer estimativas relativamente precisas de ET sobre uma área homogênea, as técnicas convencionais são de uso limitado, pois são de difícil obtenção em grande escala e assim têm que ser extrapolados/interpolados para várias escalas temporais e espaciais (LI et al., 2009; SENAY et al., 2016).

A utilização de sensoriamento remoto na aquisição de dados hidrológicos é uma alternativa atraente em oposição à obtenção convencional (KARIMI; BASTIAANSSEN, 2015; SENAY et al., 2016). A tecnologia de sensoriamento remoto tem várias vantagens marcantes em relação às medições "pontuais" convencionais: 1) pode fornecer cobertura espacial ampla e contínua em poucos minutos; 2) custa menos quando a mesma informação espacial é necessária; 3) é particularmente prático para áreas não avaliadas onde as medidas feitas pelo homem são difíceis de conduzir ou não disponíveis (LI et al., 2009).

Embora uma das principais críticas aos dados provenientes do sensoriamento remoto seja a falta de precisão, Karimi e Bastiaanssen (2015) concluíram que com o aprimoramento da tecnologia a precisão tem aumentado significativamente e que o erro absoluto médio percentual (MAPE) referente a estimativa da ET por satélite é relativamente pequeno (5%), especialmente ao nível de agregação de uma bacia hidrográfica. Por isso, nas últimas décadas, tem sido estudado o efeito da resolução das imagens na estimativa da ET (TANG et al., 2013;

WANG et al., 2016). Dados de baixa resolução (pixel ≥1 km²) podem ser úteis no desenvolvimento do balanço hídrico em escala regional, continental ou global (ANDERSON et al., 2012). Contudo, esses produtos não fornecem detalhes espaciais suficientes para o monitoramento hídrico e gerenciamento prático desses recursos.

Métodos empíricos e físicos podem ser utilizados para estimar a ET através do sensoriamento remoto (GOWDA et al., 2008; KALMAN; MCVICAR; MCCABE, 2008). Mesmo que existam revisões que forneçam um bom entendimento sobre a evolução do desenvolvimento de algoritmos de ET, elas são feitas no modelo tradicional de revisão e adotam uma postura de descrição sem uma análise crítica sobre a evolução dos modelos.

Dado o exposto, hipotetiza-se que, nos últimos dez anos, a estimativa da evapotranspiração real (ETr) por sensoriamento remoto tem sido feita através de imagens com resoluções espaciais e temporais gradativamente maiores. Além disso, é ainda hipotetizado que os métodos utilizados são cada vez mais adaptados a regiões específicas. O objetivo do presente estudo foi testar as hipóteses apresentadas por meio de um levantamento sistemático da literatura especializada dos últimos dez anos.

2. Materiais e Métodos

A revisão de literatura sistemática difere da revisão tradicional conduzida na forma de narrativa por adotar um processo de condução replicável, científico e transparente, objetivando localizar de forma compreensiva e sintetizar o que tem sido encontrado sobre uma determinada questão (LITTELL; CORCORAN; PILLAI, 2008). Stechemesser e Guenther (2012), adaptando metodologias de Fink (2013) e Tranfield, Denyer e Smart (2003), chegaram a diretrizes para a condução de uma revisão de literatura sistemática, os quais foram utilizados como estrutura principal neste trabalho. A primeira delas foi a delimitação do problema estudado, juntamente com a seleção das fontes bibliográficas e dos termos de pesquisa apropriados. Já na pesquisa, utilizaram-se critérios práticos de revisão para exclusão

e inclusão de literatura relevante. No terceiro passo, os critérios de revisão metodológica foram desenvolvidos e aplicados. Por fim, os dados encontrados foram sintetizados.

2.1. Estratégia de pesquisa

De uma forma ampla, a problemática abordada foi a estimativa da evapotranspiração por imagens. No entanto, buscou-se entender como a resolução das imagens tem afetado a estimativa e que padrões de publicações isso tem sido gerado nos últimos anos. Outro questionamento abordado foi relacionado aos modelos que têm sido utilizados nessas estimativas.

Tentou-se de identificar a correlação das publicações brasileiras no tema com a pesquisa internacional, no entanto, a maioria das publicações mais relevantes no tema foram publicadas em inglês e utilizaram-se apenas termos em inglês em bancos de dados com abrangência global (Elsevier, Periódicos CAPES, Scopus e SpringerLink). Seguindo as recomendações de Tranfield, Denyer e Smart (2003) de que as pesquisas de revisão não devem ser restritas a bancos de dados bibliográficos, o Google Scholar e a sua versão em português (Google Acadêmico) foram utilizados para a identificação de estudos não publicados, anais de congressos e publicações similares.

Na revisão nas bases de dados, foram utilizados os termos em inglês: “remote sensing evapotranspiration”. A utilização de tais termos é uma limitação reconhecida da pesquisa e reflete o foco específico nessa forma de estimativa da evapotranspiração. A busca foi restrita aos últimos 10 anos (2009 a maio de 2018) e à evapotranspiração real.

Utilizando o protocolo desenvolvido pelo CEE (2013) para pesquisas na internet, os primeiros 50 resultados foram vistos completamente em cada um dos bancos de dados e os 50 resultados subsequentes foram verificados pela relevância. As listas de referência bibliográficas também foram analisadas e utilizadas como fonte de pesquisa de novas publicações.

2.2. Seleção de estudos

No intuito de identificar estudos pertinentes para uma análise mais aprofundada, os resultados encontrados foram avaliados pela elegibilidade e qualidade dos mesmos. Foram, então, aplicados os seguintes critérios de inclusão: (1) os estudos deveriam conter informações sobre a estimativa de evapotranspiração real; (2) os modelos utilizados deveriam ser precisamente detalhados; e por fim (3) os dados apresentados deveriam apresentar algum tipo de validação.

Com base no exposto e no protocolo de Stechemesser e Guenther (2012), elaborou-se um protocolo para melhor detalhar a análise de conteúdo das publicações (Tabela I). Na tabela encontra-se os elementos catalogados, de onde surgiram os elementos ou de que perguntas eles surgiram e por fim (à direita), um exemplo de um dos artigos incluídos na revisão com transcrição na íntegra das informações encontradas no trabalho.

Tabela I – Protocolo de revisão utilizado para análise das publicações.

Dados Bibliográficos		
Título	Qual é o título da publicação?	Large-scale radiation and energy balances with Landsat 8 images and agrometeorological data in the Brazilian semiarid region
Autor (es)	Quem é/são o (s) autor (es) da publicação?	Teixeira et al.
Ano	Em que ano o trabalho foi publicado?	2017
Localização geográgica do estudo	Qual a localização geográfica da pesquisa realizada?	Brasil
Nome do periódico	Se foi publicada em um periódico: qual o nome do periódico?	Journal of Applied Remote Sensing
Metodologia abordada na publicação		
Objetivo	Qual o objetivo da pesquisa?	To apply the SAFER and SUREAL algorithms with L8 images together with a net of agrometeorological stations, covering different seasons of the year 2014, aiming to quantify the large-scale radiation and energy

		balance components.
Área-alvo do estudo	Qual a área-alvo da estimativa feita em campo?	Uma região de Petrolina
Satélite	Qual foi o satélite utilizado?	Landsat 8
Resolução da estimativa	Qual foi a resolução em que a estimative foi feita?	30 m
Modelo	Qual o modelo foi utilizado na estimativa?	SAFER; SUREAL
Resultado	Qual foi o principal resultado ou conclusão da pesquisa?	The joint use of L8 images and agrometeorological stations allowed the quantification and analyzes of the 24-hour radiation and energy balance components on large-scales.

Fonte: adaptada de Stechemesser e Guenther (2012).

3. Resultados e discussões

A pesquisa dentro dos bancos de dados (excetuando o Google Scholar), ao todo, atingiram 22,236 resultados. Entre os artigos alcançados pela metodologia na pesquisa no Google Scholar, os artigos relevantes encontrados já haviam sido incluídos na revisão. Foram incluídos ainda artigos relacionados e encontrados nas listas de referências bibliográficas dos artigos selecionados. Utilizando os critérios de exclusão, limitou-se a pesquisa a 76 artigos incluídos na análise.

Observando as estimativas de evapotranspiração real por sensoriamento remoto nos últimos dez anos, ilustrou-se na Figura 1 as quantidades de artigos encontrados e os anos de suas publicações. O gráfico apresentado na figura mostra a quantidade de publicações de diversos periódicos que se teve acesso através da revisão sistemática da literatura especializada. Também na Figura 1, observa-se a análise ano a ano mostrando o número de publicações por ano. Percebe-se que o crescimento quanto ao número de publicações por ano não foi gradativo, ocorrendo em alguns anos, inclusive, um decréscimo. É importante

salientar que não foram utilizados números totais de publicações no tema e que esse tipo de levantamento fugiria do escopo da análise proposta.

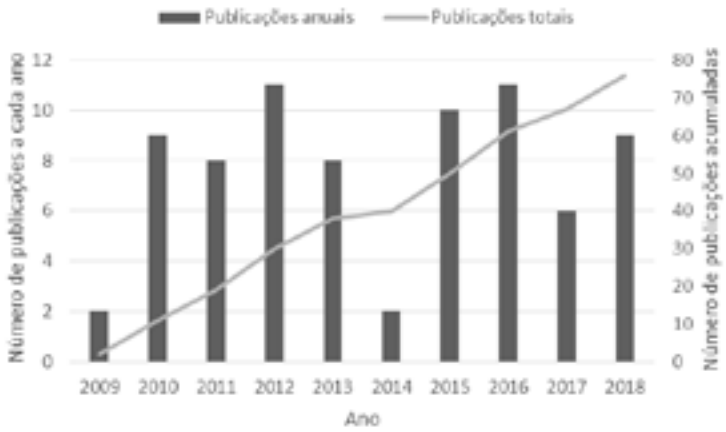


Figura 1 – Número de publicações analisadas relacionadas aos seus anos de publicação.

Uma análise geral da localização dos estudos realizados foi feita e sintetizada na Figura 2. Observa-se que a maioria das publicações incluídas nessa revisão foram da China, seguida em quantidade pelos Estados Unidos. Faz-se necessário destacar a coluna identificada como "vários países" por ser um fator interessante. Isso acontece porque alguns dos artigos revisados tendem a fazerem estimativas globais.

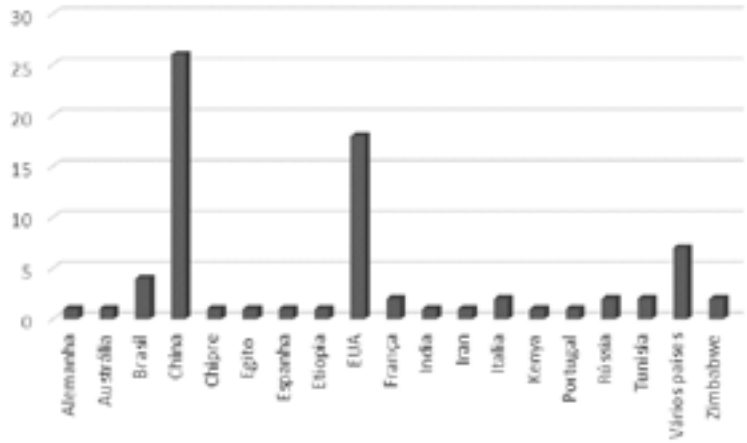


Figura 2 – Porcentagem do número de publicações de cada país analisados nessa revisão.

Entre as categorias de áreas-alvo analisadas, os artigos ficaram distribuídos como ilustrado na Figura 3. A maioria das análises foi feita em bacias e regiões hidrográficas, o que mostra a preocupação em se obter dados levando em consideração as unidades de gestão hídrica.

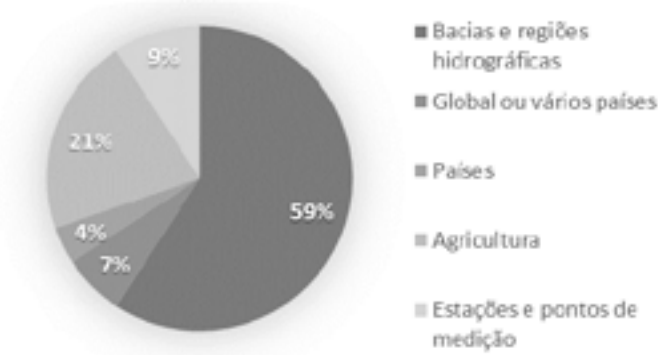


Figura 3 – Categorias de áreas-alvo das publicações analisadas.

Através da análise dos artigos em relação às resoluções das imagens, foi gerado o Figura 4. Nele, observa-se que a grande maioria (58%) das estimativas ainda utilizam imagens com resolução de 1 km ou mais. Outra parcela que se deve destacar é a parcela de trabalhos que utilizaram mais de uma resolução na estimativa da evapotranspiração real (17%). O destaque é dado para essa porção porque tais trabalhos fizeram as estimativas em diversas resoluções para efeito de comparação com dados de medições in situ.

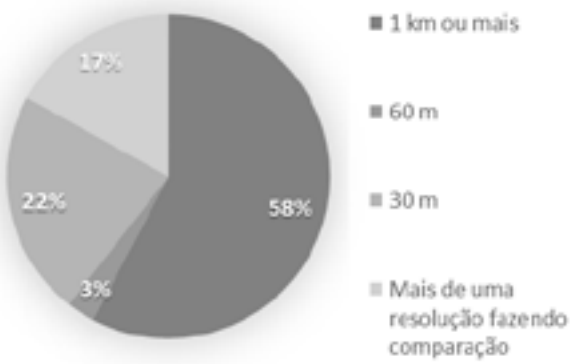


Figura 4 – Resolução das imagens utilizadas nas estimativas da evapotranspiração nas publicações analisadas.

Com base no exposto no Figura 4, se refuta a hipótese de que uma resolução espacial maior tem sido explorada ao longo do tempo na estimativa da evapotranspiração. No entanto, a fim de se realizar uma análise mais profunda dessa questão, foi feita uma divisão entre os cinco primeiros e últimos anos da revisão e os artigos foram analisados nesses blocos em relação às resoluções espaciais utilizadas (Figura 5). Nessa nova análise o que se observa é que a maioria das resoluções espaciais utilizadas em ambos os gráficos continua sendo de imagens com resolução igual 1 km ou inferior. Contudo, mesmo que a maioria dos dados continue sendo de menores resoluções nos últimos cinco anos (50%), a quantidade de artigos utilizando mais de uma resolução aumentou consideravelmente de 6% para 26%. Isso significa assumir que uma preocupação emergente pode ser, por exemplo, a de justificar a utilização de imagens com maiores resoluções e obter uma estimativa mais precisa.

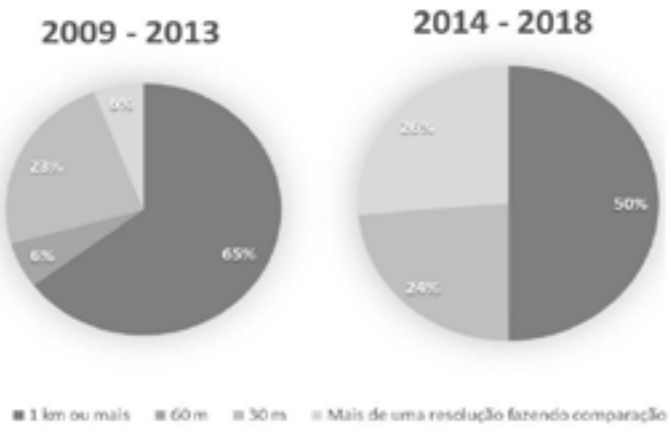


Figura 5 – Resolução das imagens utilizadas nas estimativas da evapotranspiração nas publicações analisadas divididas em dois grupos de cinco anos.

Com base em outras revisões de literatura no assunto (LI et al., 2009; ZHANG; KIMBALL; RUNNING, 2016), consideraram-se alguns modelos frequentemente utilizados nas estimativas da ETr por sensoriamento remoto e, com base neles, foram divididas as categorias da Figura 6. Considerando todos os artigos, 29% das publicações utilizaram modelos frequentemente citados e considerados os mais relevantes pelos outros pesquisadores. A maior parte utilizou outros modelos (48%), que incluem novos modelos que

estão sendo desenvolvidos ou modelos que já caíram em desuso; ou ainda índices diversos na aplicação da equação de Penman-Monteith (FAO-56). Uma porção considerável (23%) fez uso de comparativos entre métodos, tanto para a validação de novos métodos como para a calibração de modelos desenvolvidos em outras áreas. Essa porção é, sem dúvida, muito importante para as futuras pesquisas, pois é nela que se encontra úteis informações sobre modelos que tem melhor performance em determinadas regiões ou ambientes característicos, como regiões semiáridas, por exemplo. Dado o exposto, refuta-se a hipótese de que os modelos tendem a ser mais específicos com o passar dos anos. O que acontece, na verdade, é que a tendência é se fazer comparativos com novos modelos.

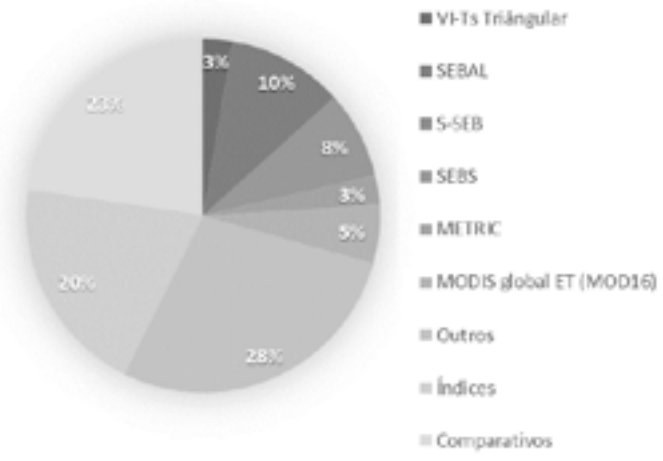


Figura 6 – Modelos utilizados nas estimativas de evapotranspiração real nas publicações analisadas.

4. Considerações finais

A revisão sistemática na literatura especializada permitiu uma visão organizada e criteriosa das publicações analisadas. Quanto as hipóteses levantadas no início desse trabalho, apesar da resolução espacial das imagens utilizadas não está aumentando ao longo do tempo, percebe-se uma tendência a se fazer comparações de estimativas em diferentes escalas. Já em relação aso modelos utilizados, confirma-se a hipótese de que os modelos tendem a ser especializados em cada área.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, M. C. et al. Use of Landsat thermal imagery in monitoring evapotranspiration and managing water resources. Remote Sensing of Environment, v. 122, p. 50–65, 2012.

Centre for Evidence-Based Conservation (CEE). **Guidelines for systematic review in environmental management**, Version 4.2. Bangor University, Bangor, Wales. 2013.

GOWDA, P.H.; et al. ET mapping for agricultural water management: present status and challenges. **Irrigation Science**, v.26 (3), p.223-237, 2008.

FINK, A. **Conducting research literature reviews: from the Internet to paper.** Sage Publications, 2013.

KALMAN, J.D.; MCVICAR, T. R.; MCCABE, M.F. Estimating land surface evaporation: a review of methods using remotely sensed surface temperature data. **Surveys in Geophysics**, v.29 (4-5), p.421-469, 2008.

KARIMI, P.; BASTIAANSSEN, W. G. M. Spatial evapotranspiration, rainfall and land use data in water accounting–Part 1: Review of the accuracy of the remote sensing data. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 19, n. 1, p. 507-532, 2015.

LI, Z.-L. et al. A Review of Current Methodologies for Regional Evapotranspiration Estimation from Remotely Sensed Data. **Sensors**, v. 9, p. 3801–3853, 2009.

LITTELL, J. H.; CORCORAN, J.; PILLAI, V. Systematic reviews and meta-analysis. **Oxford University Press**, 2008.

SENAY, G. B. et al. Evaluating Landsat 8 evapotranspiration for water use mapping in the Colorado River Basin. **Remote Sensing of Environment**, v. 185, p. 171-185, 2016.

STECHEMESSER, K.; GUENTHER, E. Carbon accounting: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 36, p. 17-38, 2012.

TANG, R. et al. Spatial-scale effect on the SEBAL model for evapotranspiration estimation using remote sensing data. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 174–175, p. 28–42, 2013.

TEIXEIRA, A. H. de C. Determining Regional Actual Evapotranspiration of Irrigated Crops and Natural Vegetation in the São Francisco River Basin (Brazil) Using Remote Sensing and Penman-Monteith Equation**. Remote Sensing**, v. 2, p. 1287-1319, 2010.

TEIXEIRA, A. H. de C. et al. Large-scale radiation and energy balances with Landsat 8 images and agrometeorological data in the Brazilian semiarid region. **J. Appl. Remote Sens**, v. 11, n. 1, 2017.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

WANG, Y. Q. et al. Is scale really a challenge in evapotranspiration estimation? A multi-scale study in the Heihe oasis using thermal remote sensing and the three-temperature model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 230–231, p. 128–141, 2016.

ZHANG, K.; KIMBALL, J. S.; RUNNING, S. W. A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 3, n. 6, p. 834–853, 2016.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTUDO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE QUEVEDOS, RS

Wilson Oliveira da Silva [(a)], Ellen da Rocha Tassinari [(b)], Romario Trentin [(c)]

[(a)] Geografia/ Bolsista FIPE/ Universidade Federal de Santa Maria, wilson.silva98@hotmail.com

[(b)] Geografia/Aluna de Graduação/ Universidade Federal de Santa Maria, ellentrr@gmail.com

[(c)] Depto de Geociências/ Universidade Federal de Santa Maria, romario.trentin@gmail.com

Eixo: 9. Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar as características do relevo do município de Quevedos que faz pertence a Bacia do rio Ibicuí localizada no centro- oeste do estado do Rio Grande do Sul. As classes hipsométricas definidas para representação das diferentes altitudes foram divididas em 6 classes. Para a declividade, foram usados como limites os intervalos: <2%; 2 - 5%; 5 -15 e >15%. O mapa hidrográfico apresenta a delimitação das microbacias do município que foi realizado com auxílio da carta topográfica. A rede de drenagem apresenta um padrão retangular que se caracteriza pelo aspecto ortogonal devido às bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais. O mapeamento hipsométrico apresentou altitudes predominantes na faixa de 350 a 410 correspondendo a 41,28% do total da área do município, enquanto a declividade de 5-15% representa a maior área do município, 48,74%.

Palavras chave: Quevedos, relevo, Hipsometria, Declividade, Hidrografia.

1. Introdução

O estudo do relevo se faz importante pela dependência que o homem tem deste para se reproduzir e produzir espaço geográfico na superfície terrestre, ou seja se identifica como "recurso ou suporte da vida" (CASSETI, 2005).

O presente trabalho apresenta um estudo de parâmetros do relevo do município de Quevedos localizado no centro do estado do Rio Grande do Sul, limitado pelas

coordenadas 54°13'0,12"W, 29°5'48,84"S, 53°54'32,76"W, 29°5'48,84"S, 54°13'0,12"W, 29°29'17,52"S, 53°54'32,76"W e 29°29'17,52"S (Figura 1).

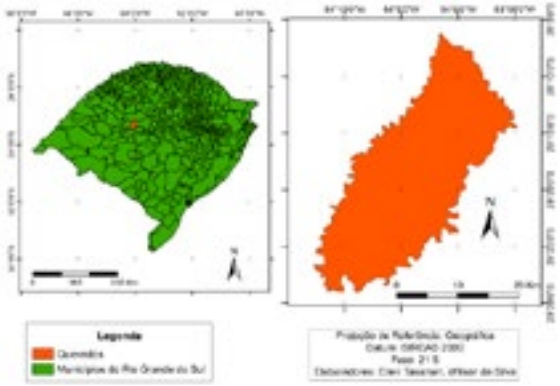


Figura 1 – Mapa de localização

2. Metodologia

Para a produção dos mapas e análise foi utilizado o modelo digital de terreno obtido através de imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 90 metros e adquiridas a partir das cartas topográficas de 1:50.000 da Divisão de Levantamento do Exército. Para o mapa hipsométrico foram definidas 6 classes a partir da análise do histograma de frequência. Foi feita a hierarquização dos corpos d'água a partir do método de Strahler (1952), o cálculo de densidade do rio definido por R. E. Horton (1945), o cálculo tem a finalidade de comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão através da fórmula: Dd = Lb/A (Dd = densidade da drenagem; Lb = comprimento dos canais em km e A = área estudada em km2).

O mapa de declividade foi produzido com a ferramenta *ArcToolbox – slope*, utilizando o critério de classes de declividade estabelecido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT): < 2%, 2 – 5%, 5 – 15%, > 15%.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Discussão dos Resultados

A rede de drenagem do município se configura em duas grandes bacias do rio Toropi a leste e do rio Toropi-Mirim a oeste. O setor da bacia do rio Toropi apresenta uma rede de drenagem de 6ª ordem enquanto o setor da bacia do rio Toropi-mirim apresenta 5ª ordem (Figura 2). O padrão é retangular, consequência da influência exercida por falhas ou sistemas de juntas e diaclases (Christofoletti, 1980). Seguindo a avaliação de Villela e Mattos as bacias do município apresentam a densidade de drenagem mediana onde G, H e K possuem os maiores valores de 2,14(km/km^2) até 1,15(km/km^2).

Figura 2 - Mapa Hidrográfico do Município de Quevedos, RS

O município apresenta altitudes (Figura 3) predominantes na faixa de 350 a 410 metros correspondendo 41,28% da área total. As áreas de menor altitude se encontram próximo ao Rio Toropi na faixa de 110 a 170 metros correspondendo a 2,35% da área total e localizada na região sul do município. Mais de 60% da área total do município está acima de 350 metros de altitude.

O estudo da declividade (Figura 4) das encostas do município resulta em 48,74% da área total presente na classe 5 a 15% caracterizando um relevo ondulado. A segunda classe com maior predominância, 2 a 5%, representa 29,12% da área total, caracterizando um relevo de baixa declividade sendo um relevo suave ondulado (pouco inclinado). A classe >15% apresenta um relevo fortemente ondulado, que dificulta a entrada de maquinário além desta área ser propícia a processos erosivos, enquanto, a classe <2% são áreas de menor declividade onde o relevo se caracteriza plano, geralmente associado a cursos d'água, com 8,39% do território nesta classe localizado nas regiões mais ao norte do município.

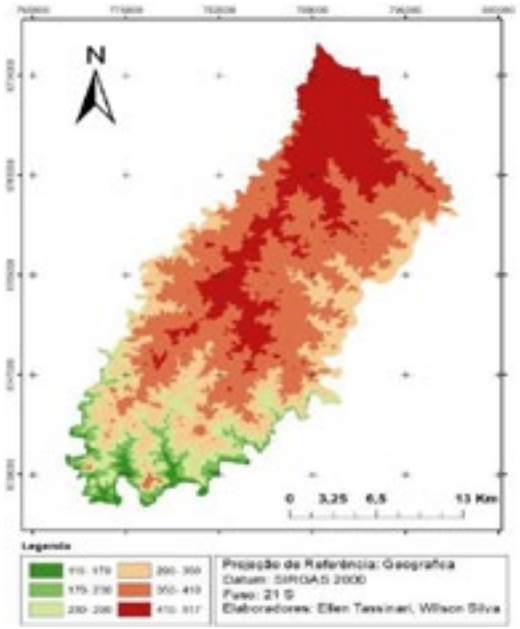


Figura 3 – Mapa Hipsométrico do Município de Quevedos, RS

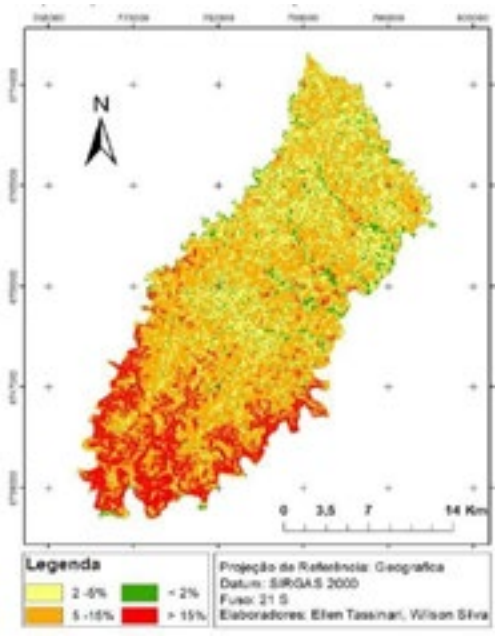


Figura 4– Mapa de Declividade do Município de Quevedos, RS

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

A utilização de ferramentas de geoprocessamento e SIG permite análise rápida e precisa de parâmetros do relevo. Os parâmetros analisados são a base para estudos geomorfológicos e de processos superficiais.

5. Referências Bibliográficas

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.], 2005.

CHISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2 ed, Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1980.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

VILLELA, S., MATTOS, A., **Hidrologia Aplicada**. Editora Mc Graw Hill, São Paulo, 1975.

Agradecimentos

Ao Fundo de Incentivo a Pesquisa da UFSM.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL E URBANIZAÇÃO NO MUNICIPIO DE GARANHUNS - PE

Ubiratan Joaquim da Silva Junior [(a)], Juarez Antônio da Silva Junior [(b)]

[(a)] Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, ubiratanjoaquim@yahoo.com.br.

[(b)] Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, juarez.ufpe@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O conhecimento da dinâmica da paisagem é de grande importância para a compreensão do seu desenvolvimento ambiental e social. O espaço urbano é formado por uma teia de elementos que associam a biota origem e as contínuas modificações ocasionadas pela presença de ações antrópicas. O geoprocessamento com técnicas de tratamento das imagens orbitais, por meio do sensoriamento remoto, e sua a capacidade de disposição de imagens de um mesmo lugar em diferentes datas, possibilita o conhecimento desta dinâmica. Este trabalho analisou o grau de crescimento urbano e a presença de vegetação do bioma Caatinga no município de Garanhuns - PE, a partir de cartas temáticas, obtidas através do satélite Landsat 5, sensor TM, órbita 230 e ponto 66, de 2006, 2009 e 2011 a partir dos resultados dos índices de vegetação NDVI e NDBI, que indicaram um crescimento considerável da área urbana do município e consequentemente redução da Caatinga.

Palavras chave: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Área urbana, Vegetação, Ações antrópicas.

1. Introdução

A expansão urbana brasileira tem inicio na década de 70, estabelecendo uma disparidade na concentração de população em áreas rurais e urbanas, a partir desse ano as cidades tornam-se alvos de fluxos imigratórios (BRITO *et. al*., 2005).

Segundo Melo *et. al.* (2013) este crescimento dá-se na cidade de Garanhuns a partir do ano de 1982, onde a cidade detinham 76.430 km de perímetro urbano, já no ano de 2010 este valor cresce para 192.2 km mostrando assim um aumento de 161.63%.

O sensoriamento remoto orbital vem proporcionando um grande incremento na qualidade das imagens orbitais, permitindo uma melhor visão dos ambientes intra-urbanos (PASSO, 2013).

Estudos da expansão urbana através de imagens orbitais e técnicas de sensoriamento remoto para cidade de Garanhuns foram desenvolvidos por Deus *et. al.* (2015) que estudaram o crescimento urbano na cidade a partir de analises espaço temporal com os índices espectrais NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*) e NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*), AZAMBUJA (2007) que realizou uma analise geomorfológica em áreas de expansão urbana no município, COSTA *et. al.* (2014) elaborou um conjunto de dados cartográficos para o auxílio do planejamento urbano, para a cidade e ALMEIDA & MELO (2013) que analisaram o crescimento urbano e suas consequências geoambientais a partir de imagens do satélite LANDSAT 5, sensor TM (*Thematic Mapper*).

Portanto, neste contexto este trabalho avaliou o crescimento urbano no agreste pernambucano a partir de estimativas da cidade de Garanhuns, de importância social e econômica, e seus impactos a sociedade presente e ao bioma Caatinga, através de analise de imagens orbitais, aplicadas aos índices espectrais de vegetação NDVI e NDBI.

2. Materiais e Metodos

O município de Garanhuns (Figura 1) está localizado na mesorregião Agreste de Pernambuco, a área municipal ocupa 465,8 km² e representa 0,47 % do estado, o relevo faz parte da unidade das Superfícies Retrabalhadas que é formada por áreas que têm sofrido retrabalhamento intenso, com relevo bastante dissecado e vales profundos. O clima é do tipo *Tropical Chuvoso* com verão seco. O período chuvoso começa no outono/inverno tendo início

em dezembro/janeiro e término em setembro. A precipitação média anual é de 1309,9 mm. A vegetação é predominantemente do tipo *Floresta subperenifólia*, com partes de *Floresta hipoxerófila* (CPRM, 2005).

Figura 1 – Área de Estudo

Fonte: Os autores (2018)

Foram utilizadas as imagens orbitais do satélite LANDSAT5, sensor TM, com resolução espacial (30 m) adquiridas através da base de dados digitais da USGS – (*United States Geological Survey*), datadas de 25/07/2006, 19/07/2009 e 23/07/2011. Utilizou-se as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 correspondente as faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, disponibilizadas gratuitamente. O processamento dos dados foi feito através do software livre de SIG (Sistema de Informações Geográficas) QGIS 2.14.14, onde as equações correspondentes aos índices de vegetação foram inseridas, a partir do empilhamento das bandas, possibilitando o desenvolvimento das cartas temáticas, ao passo que eram processados os índices, tiveram seus valores comparados com os resultados apresentados através de software de modelagem matemática.

O tratamento preliminar de imagens orbitais como a calibração radiométrica e a reflectância, que foram empregados no pré-processamento das imagens utilizadas, possibilita corrigir as degradações radiometricas consequentes de desajustes na calibração dos detentores, erros na transmissão de dados, influências atmosféricas e distorções geométricas. Tais imperfeições não sendo corrigidas, tendem a comprometer os resultados das análises e produtos derivados das imagens, (FIGUEIREDO, 2005).

A calibração radiometrica trata-se da intensidade radiante por unidade de área-fonte projetada numa direção específica (JESEN, 2009). Tendo como modelagem matemática a equação proposta por Allen et. al. (2002), Chander & Markham (2003) e Silva et. al. (2005):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \qquad (1)$$

Em que: L corresponde à radiância espectral de cada banda (Wm-2 sr-1 µm-1), aos coeficientes "a" e "b" de calibração obtidos por Chender et al (2009), ND = intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) correspondente a cada banda e; i = cada banda do TM Landsat 5.

A reflectância corresponde a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, foi obtida por meio da equação 2, conforme Chander & Markham (2003):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{\kappa_{\lambda i} . \cos Z . d_r} \qquad (2)$$

Em que: $\rho_{\lambda i}$ corresponde a reflectância monocromática de cada banda (Wm-2 sr-1 µm-1), L à radiância espectral de cada banda (Wm-2 sr-1 µm-1), k à irradiância solar espectral de cada 0banda no topo da atmosfera (Wm-2 µm-1), Z = ângulo zenital solar e dr = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (ro) e a distância Terra-Sol (r) a partir do dia do ano

(DSA) considerando cos(Z) igual ao sen (E), onde "E" equivale ao ângulo de elevação do Sol no metadados da imagem.

Os índices de vegetação se configuram como medidas radiometricas adimensionais que indicam abundância relativa e atividade da vegetação verde, índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, entre outros elementos, (JESSEN, 2009). Fontana *et. al.* (1998) afirmam que o uso dos índices de vegetação no processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto permite obter informações da presença e condições da cobertura vegetal monitorada. Baseiam-se em transformações lineares das bandas espectrais, em geral nas faixas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (EPIPHANIO *et. al*., 1996). De acordo com Feitosa (2006) tem-se mais de cinquenta índices de vegetação, obtidos a partir de medidas de reflectância entre as faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo da região do espectro-eletromagnético. Destes, alguns se apresentam funcionalmente equivalentes em termos de conteúdos de informação (PERRY & LAUTENSCHLAGER, 1984) e outros derivam de informações biofísicas singulares (QI *et. al*., 1995).

O NDVI é dado pela equação gerada a partir da diferença banda espectral, infravermelho próximo e vermelho, e pela soma das mesmas provenientes da imagem de satélite, (equação 3).

$$\text{NDVI} = \frac{NIR - R}{NIR + R} \qquad (3)$$

Em que: NIR = reflectância da banda do infravermelho próximo (0,75 – 0,90 μm) e R = reflectância da banda do vermelho (0,63 – 0,70 μm).

Trata-se de um índice de vegetação cujos valores variam de -1 a +1 e é utilizado para diferenciar os níveis de crescimento da vegetação. Faz-se necessário avaliar a assinatura espectral das plantas para o calculo do NDVI, Karaburun (2010) descreve que os valores de NDVI variam entre -1,0 e 1,0, no qual os valores negativos de NDVI correspondem a corpos

d'água, valores muito baixos indicam áreas inférteis, já valores considerados moderados representam áreas de pastagem e arbustos, enquanto expressam florestas tropicais e temperadas e indicam a presença de "vegetação viva", e por fim o solo exposto tem valor nulo (CHOUHAN & RAO, 2011).

O NDBI modelado matematicamente através da equação 4, desenvolvido por Zha *et. al.*(2003), é útil na obtenção de informações de áreas urbanas e construídas (Chen *et. al.*, 2006). Tem como base o fato de que áreas construídas apresentam maiores reflectâncias no infravermelho de ondas médias, comparativamente ao infravermelho de ondas curtas (XU, 2007). Baseado no incremento da resposta espectral das áreas construídas entre as bandas do infravermelho médio e infravermelho próximo, onde são obtidos valores entre -1 e 1, sendo que os valores positivos correspondem a áreas construídas, conforme Zha *et. al*. (2003):

$$NDBI = \frac{\rho_{IV_m} - \rho_{IV_p}}{\rho_{IV_m} + \rho_{IV_p}} \quad (4)$$

Em que: ρIVm= reflectância da banda do infravermelho médio (reflectância da banda5) e ρIVp = reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectância da banda4).

O NDBI baseia-se no incremento do número digital das áreas construídas em intervalos de bandas. A aplicação deste índice fornece parâmetros capazes de detectar e separar alvos compostos de materiais diferentes, como de edificações em áreas urbanas de uma forma geral e áreas de solo exposto (COSTA, 2016).

3. Resultados e discussões

3.1. NDVI

De acordo com Huete e Tucker (1991), o NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,05 a 0,30, entretanto devido às propriedades óticas do solo, não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação, afirmaram Coelho *et al.* (2015). Para Oliveira *et. al.* (2013), baixos valores de NDVI

configuram vegetação estressada ou área degradada por presença de ação antrópica, decorrente de escassez hídrica, que tem como consequência a exposição do solo.

Diante deste exposto, tem-se com a análise do NDVI uma crescente urbanização no municipio, além do aumento das áreas de cultivo agricola, ponto este onde o índice apresentou os menores valores, como justificam os resultados obtidos, com valor mínimo médio de (0,62) para o dia 23/07/2011 e máximo médio de (0.80) para o dia 25/07/2006 e (0.62) para 19/07/2009.

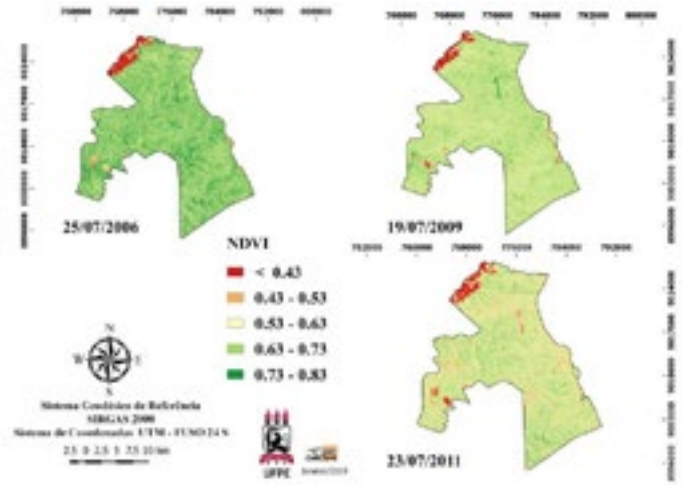


Figura 2 – NDVI

Fonte: Os autores (2018)

3.2. NDBI

Para diferenciar as áreas de construídas, foi aplicada a de falsa-cor como instrumento de renderização, devido a sua capacidade de identificar a intensidade das variações ocorridas na área, variando em valores de 0 a 1, ou seja, quando não houver áreas urbanizadas será 0 e a intensidade máxima de áreas urbanizadas, de acordo com o cálculo, será 1, como demostrado em estudos realizados por Costa et al. (2017), como mostra a figura 4. Porém, o referido índice qualifica além de edificações, áreas de solo exposto, que podem ser englobadas como áreas urbanas, segundo o referido autor.

Os resultados obtidos através do NDBI, com valor mínimo médio de (-0,235) para o dia 25/07/2006 e máximo médio de (-0.233) para o dia 19/07/2009 e (-0,222) para 23/07/2011, foi possível perceber que as regiões de solo exposto destacadas através dos índices NDVI e SAVI assumem os maiores valores de NDBI, que se trata de áreas urbanizadas.

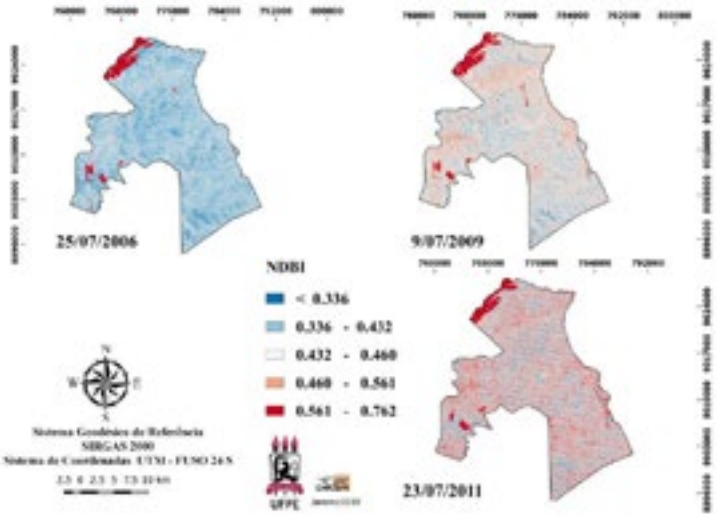


Figura 4 – NDBI

Fonte: Os autores (2018)

4. Considerações Finais

Assim como em varias outras cidades de médio porte, Garanhuns tem visto nas ultimas décadas, o crescimento de sua área urbana, ocupando o que antes eram áreas de domínio agrícola. Esta tensão de contato entre o urbano e o rural tem gerado, por vezes, impactos ambientais, com reflexos notáveis sobre os sistemas geomorfológicos (AZAMBUJA, 2007).

Pode-se dizer que a realização deste mapeamento do crescimento urbano de uma das principais cidades do agreste pernambucano, resultou numa visualização dos impactos que este processo tem conferido ao meio ambiente e os elementos que o constitui, ao longo dos anos, como descritos nas cartas de NDVI e NDBI e em Deus *et. al.* (2015). Através dessa

compreensão, de como esta ocorrendo esta urbanização, a sua distribuição espacial e a correlação com a biota origem, a Cartografia, através de técnicas de sensoriamento remoto e processamento de imagens, aplicados a estudos ambientais, possibilita a partir da inserção de outros elementos de alterações que se sobrepõem na paisagem, o conhecimento desta dinâmica, conforme descrito nesta pesquisa.

5. Referencias Bibliograficas

AZAMBUJA, R. N.; **Análise geomorfológica em áreas de expansão urbana no Município de Garanhuns – PE**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal dePernambuco. CFCH. Geografia. Recife, 2007.

BRITO F.; SOUZA, J.; Expansão urbana nas grandes metrópoles o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. In: **SÃO PAULO EM PERSPECTIVA**, v. 19, n. 4, p. 48-63, 2005.

CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; Li, P. X.; YIN, Z. Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, n. 2, p. 133-146, 2006.

CHOUHAN, R; RAO, N. Vegetation Detection in Multispectral Remote Sensing images: Protective Role-Analysis of Vegetation i. 0042 **Indian Ocean Tsunami**. PDPM Indian Institute of Information Technology, 2011.

COELHO, R. H. V.; VILLAR, C. A.; GUSMÃO, L.; MONTENEGRO, L. G. M. S.; SILVA, B. B.;VASCONCELOS, R.; OLIVEIRA, M. M. L.; Índices de vegetação e temperatura da superfície por Sensoriamento remoto em bacia hidrográfica do Semiárido brasileiro. **Anais do**

XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – Brasília – DF, 22 a 27 de novembro de 2015.

COSTA S. O. S.; FRANÇA S. M. E.; LIMA S. E. C.; LIMAR. M. D.; GOMES M. D. D.; A Cartografia no Auxilio do Planejamento Territorial Urbano do Município de Garanhuns-PE. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET** e-ISSN 2236 1170 - V. 18 n. 3 Set - Dez 2014, p.1101-1108.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Santa Cruz da Baixa Verde, estado de Pernambuco.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16691/Rel_Santa%20Cruz%20da%20Baixa%20Verde.pdf?sequence=3Acesso em: 26/01/2019.

DEUS G. S. A. R.; RAMOS S. P. R.; COSTA S. O. S.; GOMES M. D. Dom; Análise Multitemporal da Expansão Urbana do Município de Garanhuns - PE, Através do Sensoriamento Remoto. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** e-ISSN 2236 1170 - V. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 1535-1544

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F**.** T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FEITOSA, M.V.; **Variação temporal do Índice de Vegetação (NDVI) correlacionada ao uso e manejo do solo para a estimativa da erosão**. Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical 2006. 128p

FONTANA C. D.; BERLATO A. M.; BERGAMASCHI H.; Relação entre o índice de vegetação global e condições hídricas no Rio Grande do Sul. **Pesq. agropec. bras**,, Brasilia, v.33, n.8, p.1399-1405, ago. 1998.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

JENSEN, J. R. (1949) **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / tradução José Carlos Neves Epiphanio et al. São José dos Campos. SP. 2009

KARABURUN, A. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. **Ozean journal of applied sciences**, 2010.

MELO P. F.; ALMEIDA, J. A. P.; de. Crescimento urbano desordenado e seus reflexos nas encostas dos vales de Garanhuns – PE. In: **ANAP Brasil Revista Científica**, v. 6, n. 7, 2013.

MELO P. F.; ALMEIDA, J. A. P.; de. Análise temporal do crescimento do sítio urbano de Garanhuns-PE e suas consequências ambientais. **Cidades Verdes**, v.01, n.01, abr. 2013, p. 67-93.

PASSO P. D. ; **Análise da qualidade de classificadores para identificação de alvos urbanos em imagens de alta resolução espacial - uma aplicação com as imagens do satélite WORLDVIEW** II. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. Brasília-DF Março 2013.

PEREZ-MARIN, A. M.; CÉSAR, R. S.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. S. de. Efeito da Gliricidia sepium sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em

sistema agroflorestal no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Sol**o, Viçosa, v.30, n.3, p.555-564, maio/jun. 2006.

PERRY, C.R.; LAUTENSCHLAGER, L.F. Functional equivalence of spectral vegetation indices. Remote Sensing of Environment, v.14, p.169-182, 1984.

QI, J. C.; MORAN, M.S. Biophysical Parameter Estimations Using Multidirectional Spectral Measurements, Remote Sensing of Environmental, 54:71-83, 1995.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V.; Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. MMA. – UFPE – Conservation International –Biodiversitas – Embrapa Semi-árido. Brasília. 2005. 382p

SILVA T. M.; SILVA R. P. V.; COSTA E. F. C. S.; Expansão do espaço urbano do município de Campina Grande-PB a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

XU, H. Extraction of Urban Built-up Land Features from Landsat Imagery Using a Thematic oriented Index Combination Technique. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 73, n. 12, p. 1381–1391, dez., 2007

ZAHN, C. E. **O processo de urbanização: características e evolução**. In: Bruna, G. (org). Questões de organização do espaço regional. São Paulo: Nobel, 1983.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference Built-Up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**. v. 24, n. 3, p. 583-594, 2003.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EVOLUÇÃO TEMPORAL DA EXPANSÃO DE SILVICULTURA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRINHO CASTELHANO

Charles Vinícius Gonçalves Tiarini [(a)], Elaine Barbosa da Silva [(b)], Maximiliano Bayer [(c)]

[(a)] Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG)/Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), charlestiarini@gmail.com

[(b)] Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG)/Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), elainesilvaufg@gmail.com

[(c)] Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF)/Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), maxibayer@yahoo.com.ar

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A utilização da madeira começou desde o domínio do fogo, assim, ela acompanhou o desenvolvimento da criatividade humana. Com o passar dos anos, e a necessidade por mais madeira, foi preciso a prática e o aprimoramento da sua produção. Hoje o cerrado brasileiro é um grande produtor de silvicultura, exportando para países de primeiro mundo e gerando renda para milhares de pessoas. Com a atual tecnologia de plantio e o preço das *'commodities'*, muitas das áreas que foram ocupadas por silvicultura estão sendo convertidas em áreas de agricultura, isso explica a migração da silvicultura para áreas mais "frágeis" de grande declive. Com a espacialização e quantificação das áreas de silvicultura na bacia hidrográfica do rio Castelhano, foi notada uma redução de 57% da área de floresta plantada nesses 30 anos de análise.

Palavras chave: Silvicultura, Sensoriamento Remoto, Eucalipto, Pinus

1. Introdução

Devido ao grande crescimento da demanda de madeira para a indústria, principalmente no setor de produção de papel e celulose, e em seguida para a manutenção da siderurgia e produção de carvão vegetal (ABRAF, 2013), foi implantado desde os anos 60 em Goiás, diversas empresas com a finalidade de aprimorar e expandir o território de floresta plantada. Devido aos investimentos nos setores públicos e privados estima-se que 0,2% do estado de Goiás, é considerado como floresta plantada (MORALES et al, 2012). Em 2015 o Brasil exportou um total de 7.8 bilhões de reais em silvicultura (MENDES et al, 2016).

As tecnologias ligadas ao Sensoriamento Remoto e ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) são fundamentais para compreensão rápida e precisa a fim de auxiliar na gestão de uso e ocupação das terras. Assim, o presente trabalho tem como objetivo, fazer uma análise temporal do cultivo de floresta plantada na sub-bacia hidrográfica do rio Castelhano, localizado entre os municípios de Ipameri e Cristalina, no estado de Goiás.

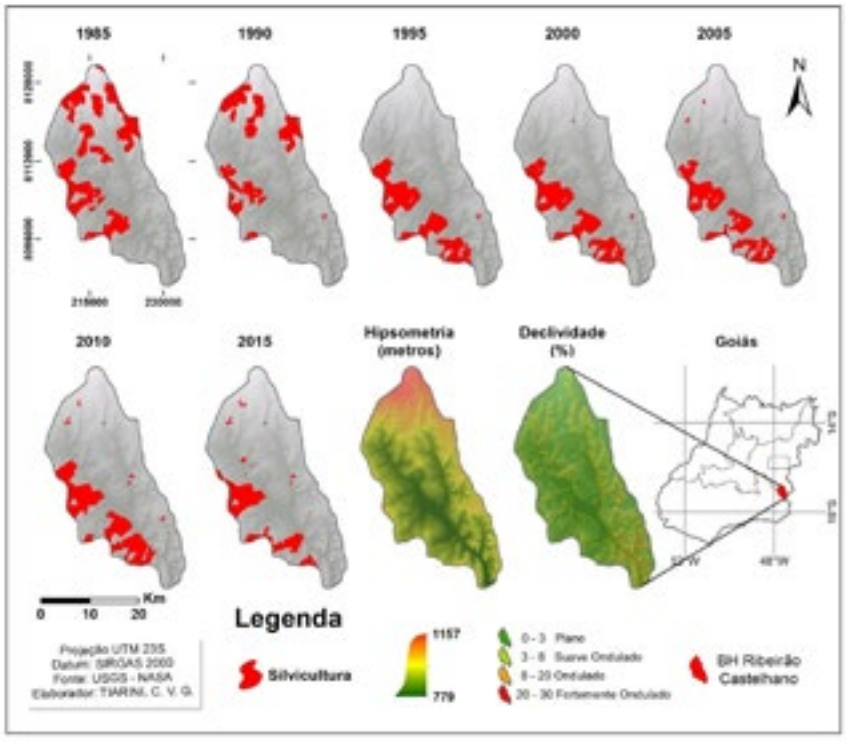
2. Materiais e Métodos

Visando identificar áreas de silvicultura no recorte espacial da bacia, foi levantado um banco de dados com cenas satelitária da plataforma Landsat dos anos de 1985 até 2015. Tais dados foram exportados da plataforma de geoprocessamento paralelo em nuvens, Google Earth Engine, dando preferência às cenas de períodos de estiagem, evitando a presença de nuvens que pudessem influenciar na classificação. Para a identificação dos talhões homogêneos de silvicultura, foi adequado utilizar as bandas do infravermelho próximo e a ferramenta ArcCatalog do pacote ArcGIS 10.4 (ESRI) para a vetorização e georreferenciamento das áreas de floresta plantada. Com os dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), foi feita uma análise métrica da hipsometria e o percentual de declividade em toda a extensão da bacia hidrográfica. Após o levantamento temporal dos

dados quantitativos foi feito a espacialização dos mesmo, em dados matriciais, para então plotar em forma de gráficos.

3. Resultados e Discussões

Com o advento das geotecnologias e aperfeiçoamento dos sensores de sensoriamento remoto orbital, tem sido possível uma melhor análise da extensão dos recursos naturais e seu uso ao longo dos anos. Com a disposição gratuita dos dados satelitários da série Landsat pela USGS, foi possível a classificação dos talhões de eucalipto e pinus em cenas levantar de 5 em 5 anos de 1985 a 2015. Esse intervalo está relacionado ao período de plantio, crescimento e corte da madeira. A exposição dos talhões em mapa pode ser acompanhada na Figura 1 a seguir:



1 Figura – mapa da série temporal da expansão da silvicultura na Bacia Hidrográfica do Ribeirinho Castelhano

Com o mapa temático obtido pelas classificações de silvicultura, pelas cenas da série Landsat no recorte da bacia, percebemos sua disponibilidade espacial em função do tempo. Mensurando as áreas de plantio em km² e dispondo os resultados em função de cada ano da análise, conforme Figura 2.

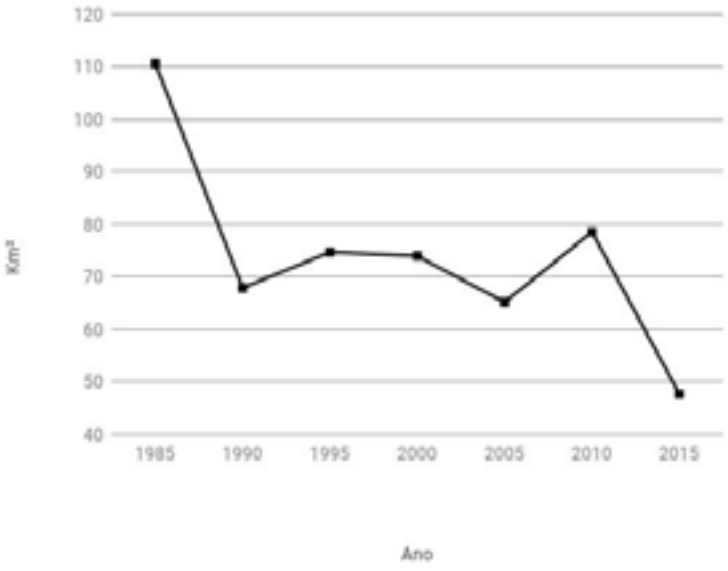


Figura 2 - Quantidade de silvicultura em km² em função do ano

Como percebemos no gráfico plotado, o ano de maior extensão das floresta plantadas é em 1985 com 110,6 km², reduzindo sua área no decorrer dos anos, ficando com apenas 43% desse total em 2015. Percebe-se que a silvicultura foi sendo substituída pela agricultura com o passar dos anos e esta troca do uso e ocupação no território se dá pela evolução tecnológica, da capacidade de manipulação dos minerais do solo e defensivos aliados à facilidade do maquinário de plantio e colheita em terrenos planos e de baixa declividade como visto na

Figura 1. Nota-se também uma expansão da silvicultura para áreas de elevado declive, desmatando áreas de nascentes para o plantio de madeira, prejudicando os rios e a qualidade da água.

4. Considerações Finais

Com o advento do Sensoriamento Remoto e das atuais ferramentas de SIG, o uso e ocupação da paisagem pode ser melhor gerida, estudando e direcionando melhor os investimento de ambientais e estendendo a manutenção dos recursos naturais renováveis. Caso melhor direcionada, o plantio da silvicultura pode ajudar no reflorestamento e na criação de corredores ecológicos.

5. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF, "**Anuário Estatístico ABRAF 2013**", Brasília, p. 23, 2013

MORALES, M. M., NICOLI, C. M. L., et al, "**Caracterização do Setor Florestal Goiano**", Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, p. 10, 2012

MENDES, L., TREICHEL, M., BELING, R. R."**Anuário Brasileiro da Silvicultura**", Editora Gazeta, Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul, p. 9, 2016

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA, "**Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013**", 2015

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EXPANSÃO URBANA SOBRE A PLANÍCIE FLUVIAL DO RIO APODI/MOSSORÓ: MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

João Paulo Bezerra Rodrigues [(a)], Filipe da Silva Peixoto [(b)], Paulo Igor de Melo Albuquerque

[(a)] Departamento Geografia/FAFIC, UERN, email:jotapaulo87@gmail.com
[(b)] Departamento Geografia/FAFIC, UERN, email: fpeixoto10ufc@gmail.com
(c) Departamento de Geografia/FAFIC, UERN, email: ppauloigorr@gmail.com

Eixo: 9 - Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho busca analisar a expansão da cidade de Mossoró na planície fluvial e flúvio-marinha do Rio Apodi-Mossoró. Pra isso, a Planície fluvial foi mapeada utilizando imagems Shutlle Radar Topographic Mission - SRTM, associando as imagens Landsat à análise além de trabalho de campo para a delimitação topográfica da planície. A área de Preservação Permanente - APP foi estabelecida de acordo com o código florestal Lei 12.651/12, e a Áreas Especiais de Proteção Ambiental – AEPA de acordo com a Lei municipal complementar nº 012/2006 plano diretor da cidade de Mossoró. A área de ocupação e cobertura física da cidade foi definida por imagens do satélite Sentinel-2ª sensor MSI, com resolução espacial de 10 metros. A ocupação física da cidade atinge 25% da área da planície fluvial e 18% da área da planície flúvio-marinha, ocupando também áreas de APP e AEPA.

Palavras chave: Mapeamento, Meio ambiente, Expansão urbana.

1. Introdução

Nos últimos anos, a expansão física dos centros urbanos sem a efetivação de medidas estabelecidas nos planos diretores das cidades, e mesmo a falta de planejamento na organização do espaço urbano, têm provocado grande impactos ambientais no meio urbano. Nunca na história a modificação humana ao meio natural foi tão acentuada quanto no atual período histórico em que 54% da população mundial vive nas cidades (UNRIC, 2018). No contexto brasileiro o crescimento urbano segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) para até 2050 é de 93,6%. Santos (2008 p. 5) coloca que "A natureza artificializada marca uma grande mudança na história humana da natureza". Isso nos leva a crer na cidade como território em

expansão levando em consideração as atividades econômicas e a necessidade de novos espaços para a sua implantação, torna esse "território usado sendo os objetos e ações, sinônimo de espaço humano e espaço habitado" (SANTOS, 2002, p. 16).

As cidades como importantes sistemas materiais da ação humana se apresentam como expressões da organização espacial das sociedades. O desenvolvimento urbano provoca a distribuição por tipo de uso do espaço em "residencial, comercial e industrial, áreas públicas" (TUCCI, 2008). Os privilégios de usos dentro do espaço urbano são estabelecidos de forma a proporcionar a circulação de pessoas e capitais. Peixoto et al, (2016) resumem de forma explícita o processo de valorização do solo urbano e a compreensão dos mesmos dentro da temática ambiental são de fundamental importância, pois, a ocupação destas áreas normalmente confronta-se com a preservação do meio ambiente. Uma das causas mais comuns dos impactos da urbanização sobre os corpos hídricos são apontadas como geração de resíduos (PEIXOTO et al, 2016); poluição e contaminação (PORSE, 2013); alteração da geomorfologia de canais fluviais (GRIMM et al. 2008) impermeabilização do solo, que aumenta a vazão propiciando inundações frequentes, e obstrução de canais fluviais dos rios (TUCCI, 2008).

A ocupação da cidade de Mossoró se deu historicamente ligada a planície fluvial do rio. Uma localização fundamental, pois oferecia terras para atividade agrícola, além de uma boa via de escoamento para a carne de charque produzida na cidade durante o período (PINHEIRO, 2007). A paisagem e ocupação atuais também são marcadas por heranças dos meios de produção pretéritos que influenciaram essa cidade como hoje a conhecemos (ROCHA, 2005; SILVA, 1983).

O presente trabalho busca analisar a expansão da cidade de Mossoró na planície fluvial e flúvio-marinha do Rio Apodi-Mossoró. Essa problemática construída principalmente pela retirada da mata ciliar e aumento do processo de assoreamento aterramento da margem do rio para a construção de novos empreendimentos imobiliários, causados pela expansão urbana sobre a planície, trazem à tona grandes problemas que necessitam ser discutidos a luz da ciência tendo em vista as diversas causas que podem acarretar a longo prazo.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O Município de Mossoró localizado na porção oeste do estado do Rio Grande do Norte (figura1), com área total de 2.100 km² (IBGE, 2018) (Figura 1)

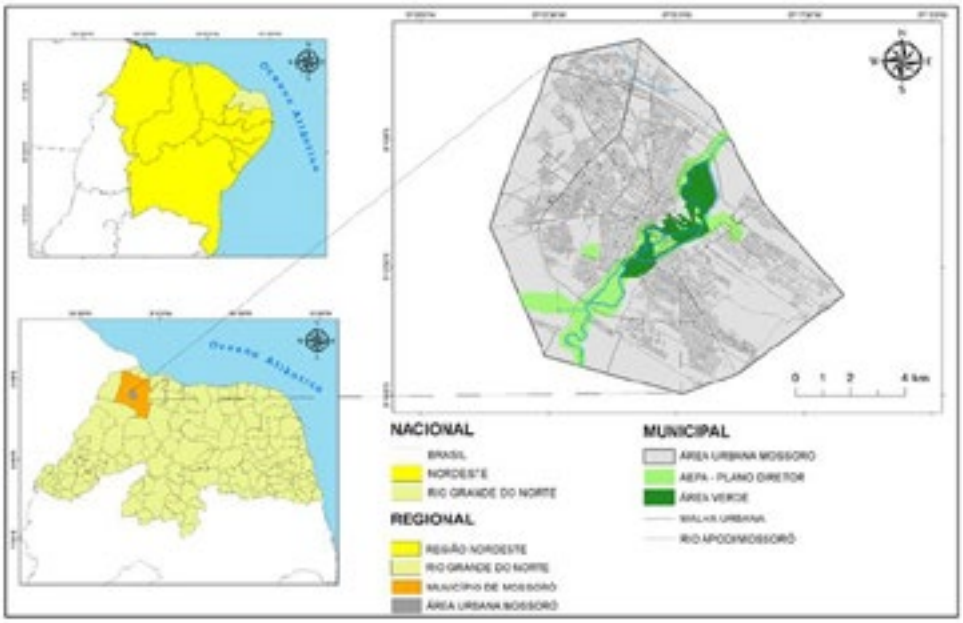


Figura 1- Localização da Cidade de Mossoró.

2.2 Aspectos Geoambientais do Município de Mossoró.

Localizado dentro do polígono das secas onde predomina o clima semiárido (NIMER, 1989), o clima é inteiramente influenciado Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, com regime de chuvas durando entre os 3 a 4 meses, o restante do ano seco (INMET, 2018). A área

de estudo localiza-se sobre uma das mais importantes províncias geológicas do Brasil a Província Borborema, porém o município encontra-se sobre a bacia potiguar, com rochas sedimentares compostas superficialmente pela Formação Barreiras, Formação Jandaíra e sedimentos inconsolidados das planícies aluviais e planícies flúvio-marinha.

O município de Mossoró situa-se sobre a chapada do Apodi que apresenta relevo plano, escarpado em suas bordas composta de rochas sedimentares, que em seu sentido com a faixa litorânea apresenta a fisionomia de tabuleiros costeiro, porém com entranças de topografia baixa onde adentra o oceano, formando faixas de deltas na porção do estuário. Os solos oriundos das formações geológicas descritas seu processo químico de formação da origem a solos como o Argissolo Vermelho Amarelo, Luvissolo, Planossolo, Vertissolo, Chernossolo, Cambissolo, Latossolo além do Gleissolo Sálico nas áreas de planície flúvio marinha (EMBRAPA, 2003).

De acordo com Felipe (1988) Mossoró desde 1857 já apresentava uma importante influência regional na circulação de mercadorias e pessoas. Segundo Elias e Pequeno (2010) Mossoró apresenta-se como importante centro urbano regional tanto pela sua influência econômica, e a abrangência da influência deste centro urbano sobre várias cidades sobre sua influência direta. De acordo com o IBGE no último censo em 2010 Mossoró tinha uma população urbana de 259 mil habitantes, que em 2018 tem uma estimativa de 294 mil habitantes, com PIB per capta (2015) 20.983,80 (IBGE, 2018).

2.3. Delimitação da Planície Fluvial e Flúvio-marinha.

Delimitação da planície flúvio-marinha deu-se seguindo a lei Lei n.12.651/12 nos seu art 3º inciso XV onde classificam situadas nas regiões entre marés superiores, inundadas apenas pelas marés de sizígias, desprovidas de vegetação vascular. A planície fluvial a delimitação foi utilizada imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) associadas a imagens landsat -

8 sensor OLI, na qual foi possível traçar através de dados topográficos os limites da planície fluvial, além da observação e coleta de dados de relevo em campo (Figura 2).

2.4. Delimitação da APP.

A delimitação das Áreas de Proteção Permanente (APP) seguiu os princípios regidos na Lei n. 12.651/12 que delimita no seu Art. 4º que rios que obtiverem canal de 10 à 50 metros possuem um área de APP de 50 metros de um lado e do outro do canal. Em reação a esta condição foi traçado um Buffer de 50m para que fosse verificado se a urbanização adentrou as Áreas de Preservação Permanente definidas por lei. Além do código Florestal de 2012, foi analisado para este fim a lei complementar 012/2006 lei municipal que instrui o plano diretor da cidade de Mossoró que em seu art. 26 define as áreas de APP como Áreas Especiais de Proteção Ambiental (AEPA).

2.5. Mapeamento da ocupação urbana sobre as planícies e APP.

Foram utilizadas imagens de satélite SENTINEL 2, sensor MSI com resolução 10 m utilizando a composição RGB bandas 4-3-2 (Infravermelho próximo, Vermelho e Verde) onde pode ser realizado o trabalho de mapeamento da área urbana sobre a planície fluvial do rio no software ESRI Arc Gis versão 10.2.2. Foi realizada pesquisas de campo verificando áreas de ocupação sobre a planície fluvial e flúvio-marinha.

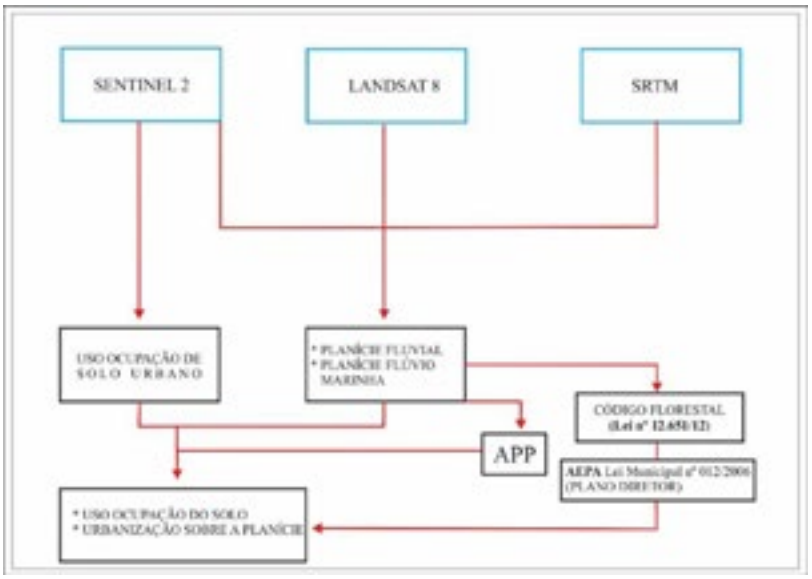


Figura 2: organograma metodológico do trabalho.

3. Resultados e Discussões

3.1 Características Geomorfológicas da Planície Fluvial do rio Apodi/Mossoró.

As condições do relevo de uma área são de fundamental importância para que se possam compreender os padrões estabelecidos para o entendimento da planície fluvial e flúvio-marinha. As condições morfológicas do terreno, estabelecem elementos importantes para a definição do padrão de drenagem e escoamento dentro da bacia. As características apresentadas na planície fluvial do Rio Apodi/Mossoró se devem ao fato de que processos geológicos que formaram a bacia potiguar, condicionaram o canal principal do rio, capturado por padrões das principais falhas do rifte durante o cretáceo, além de reativações pós-miocênicas (Maia e Bezerra, 2012; 2013). Na porção onde situa-se o município de Mossoró, sua característica de

rio de planície cortando as camadas de sedimentos Mesozóicos (Maia e Bezerra, 2012) define a influência que este rio submete a erosão e transporte de sedimentos na chapada do Apodi e dos tabuleiros costeiros (AB´SABER 1974).

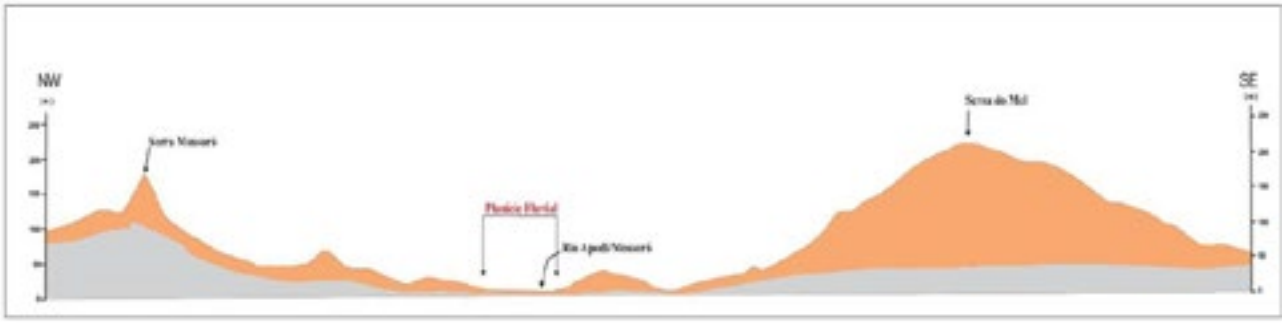


Figura 3 - Vale do Rio Apodi/Mossoró e altos estruturais Serra Mossoró e Serra do Mel.

Na área de estudo podemos identificar que o vale rio é delimitado por altos topográficos (figura 3) como Serra de Mossoró e Serra do Mel (MAIA e BEZERRA, 2013) que delimitam um baixo topográfico onde se situa a sua planície fluvial. Esses altos topográficos estabelecidos por eventos neotectônicos, fazem o curso do rio seguir as principais zonas de falhas do rifte potiguar.

Entende-se que esses processos tectônicos envolvidos em períodos recentes da história geológica (MAIA e BEZERRA. 2012 e 2013), influenciaram de forma incisa, onde as principais aplicações de métodos geomorfológicos de análise do relevo, nos apresentam importantes indícios que durante o Cenozoico, o rio ampliou seu processo de entalhe de seu canal sobre os sedimentos pós-rifte.

Ao longo de seu baixo curso sobre o município Mossoró até chegar ao estuário no atlântico o rio Apodi/Mossoró apresenta altimetrias modestas entre 2 à 4 metros (ROCHA, 2011). Assim a morfologia do terreno influenciou a ação interiorana das marés. Devido a intervenções humanas como a atividade salineira, reduziu potencialmente a ação das marés, porém, a presença de solos salinos afirma que esta parte do vale do Apodi/Mossoró é evidência que esta se constitui uma planície flúvio-marinha na área urbana da cidade (Figura 4). A dissecação possibilitou o adentramento do sistema flúvio-marinho que apresenta 25 km de extensão por 8 km de largura (MAIA e BEZERRA. 2013; ROCHA. 2015).

As áreas da planície fluvial e flúvio-marinhas são consideradas de alta vulnerabilidade. Segundo Petta, Mello e Nascimento (2010) em um estudo feito na planície fluvial do Rio Apodi Mossoró dentro da área urbana de Mossoró, as classe de maior vulnerabilidade ambiental são definida pela associação entre depósitos aluvionares, planície de inundação, Gleissolos sálicos e vegetação de algaroba e representa a maior área em extensão.

Figura 4: Uso ocupação do solo na cidade de Mossoró

A partir da delimitação física da cidade verifica-se que a urbanização já ocupou uma área considerável da planície fluvial do rio, onde a dimensão deste processo ainda continua se desenvolvendo (Tabela - I). O dimensionamento das ações de agentes imobiliários tendo como foco o centro da cidade como evidenciado por Lucas et al, (2016). Aponta-se que o núcleo urbano se desenvolveu buscou a utilização destas áreas como principal ponto estratégico para a introdução de inúmeras atividades comerciais, isso acarretou em uma ocupação mais acentuada da planície fluvial, no ou próximo ao centro.

Área de planície fluvial na faixa urbana calculada 14,024 km² enquanto a planície flúvio-marinha 8,200 km² sendo que o total de área em 22,224 km². A ocupação urbana somou o total em ambas de 4,620 km² de urbanização sobre as planícies. Desta forma a margem esquerda foi a que apresentou o mais acentuado processo de urbanização totalizando em ambas as áreas um total de 2,882 km² de malha urbana sobre as planícies. Já a margem direita totalizou 1,728 km² de urbanização sobre as planícies fluvial e flúvio-marinha. A margem esquerda do rio provou ser mais ocupada devido ao processo histórico envolvido na expansão da cidade de Mossoró ao longo dos séculos, motivo que trouxe uma amostragem maior de área ocupada dentro das planícies. A planície fluvial já possui 25% de sua área ocupada na porção urbana e a flúvio-marinha 18%. Totalizando as áreas de planície fluvial e flúvio-marinha na parte urbana da cidade 21% já foi ocupado pela estrutura física da cidade.

Tabela I - Valores referentes a ocupação da Planície fluvial e flúvio-marinha.

DESCRIÇÃO	ÁREA km²	OCUPAÇÃO URBANA MARGEM ESQUERDA km²	OCUPAÇÃO URBANA MARGEM DIREITA km²	OCUPAÇÃO URBANA km²
PLANÍCIE FLUVIAL	14,024	1,726	1,370	3,468
PLANÍCIE FLUVIO-MARINHA	8,200	1,156	0,358	1,514
TOTAL	22,224	2,882	1,728	4,620

De acordo com a Lei complementar 012/2006, plano diretor da cidade de Mossoró a área da planície fluvial se enquadra na chamada AEPA (Áreas Especiais de Proteção Ambiental) onde denominam-se "áreas de domínio público ou privado, destinam-se à conservação do sistema natural a fim de assegurar o bem-estar da população e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais (MOSSORÓ, 2006 p.9). De acordo com Tucci (1997), impactos causados pelo avanço da urbanização oriundo de infraestruturas como: redução de seção do escoamento aterros; deposição e obstrução dos canais e condutos de lixos e sedimentos; projetos e obras de drenagem inadequadas, auxiliam os problemas causados durante as cheias dos rios.

É importante frisarmos que estes momentos de cheia do rio atrelado ao avanço da urbanização sobre o sistema fluvial, trazem eventos bastantes custosos financeiros para as sociedades e meio ambiente, tendo em vista as condições a qual foram submetidas. Em função disso Silva et al, (2015) apontaram setores prioritários para intervenção municipal.

4. Considerações finais

A ocupação urbana sobre a planície fluvial e flúvio – marinha configuram-se em uma negligência ao cumprimento da legislação vigente, como a ocupação das áreas de APP que são sedimentadas no código florestal lei 12.651 / 12. A delimitação da planície fluvial e flúvio-marinha realizado principalmente por imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e dados processados por imagens LANDSAT 8, mostraram que a ocupação urbana, destas áreas mostrou-se bastante acentuado. O atual momento da evolução das técnicas nos traz uma infinidade de meios para obtenção de dados, o uso de novas metodologias para o planejamento urbano. O mapeamento de áreas para proteção ambiental é de ótima valia para as discussões tanto acadêmicas quanto políticas.

Através do estudo foi possível identificar que as condições impostas ao meio ambiente na Planície fluvial na porção urbana da cidade de Mossoró, são condicionadas pelo do lobby de setores econômicos sobre a legislação ambiental. Além disso, os problemas causados pela ocupação da planície fluvial assentadas sobre as áreas alagadas durante as cheias, também atingem de forma direta os setores econômicos como; comércio atuante no centro da cidade localizado dentro da planície fluvial.

5. Referências Bibliográficas

AB´SABER, AZIZ. **O Domínio Morfoclimático Semiárido das Caatingas Brasileiras**. Geomorfologia. São Paulo. USP – IGEOG, 43, 1974.

ALMEIDA, L. Q. De. **Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos: bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro (SP) 2010.

ALMEIDA, L. A; OLIVEIRA; A. M. de. Propostas de ações para mitigação dos impactos socioambientais na área urbana da APP do rio Apodí-Mossoró/RN. In: VII **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, 7. 2016, Campina Grande (PB). Anais. Campina Grande: IBEAS, 2016.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Mossoró**, Estado do Rio Grande do Norte / Org. João de Castro Mascarenhas Breno Augusto Beltrã o, Luiz Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha, Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

_____**Carta Geológica Folha Mossoró** SB-24-X-D-I Escala 1:100.000, 2011.

ELIAS, D. PEQUENO, R. Mossoró: **o novo espaço da produção globalizada e aprofundamento das desigualdades socioespaciais**. In: SPOSITO, M. E; ELIAS, D;

SOARES, B. R. (Org.). Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional: Passo Fundo e Mossoró. São Paulo: Expressão Popular, 2010. p. 101-283.

EMBRAPA**. LEVANTAMENTO EXPLORATORIO – RECONHECIMENTO DE SOLOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**. Divisão de pesquisa pedológica DNPEA. Recife, 1971.

FELIPE, José Lacerda Alves. **Elementos de Geografia do Rio Grande do Norte**. Natal: Editora Universitária, 1988.

GRIMM, N. B.; FEATH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J. M. Global Change and the Ecology od Cities. **Science.** v. 319, n. 5864, p. 756-760, 2008.

IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente. **Perfil do município de Mossoró**. Natal, 2008.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. Mossoró.** Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama Acesso em: 29 de nov. de 2018.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP** - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep Acesso em: 28 de Nov. de 2018.

LUCAS, L. E. F.; MEDEIROS, F. H. F.; MEDEIROS, S. R. M.; FERNANDES, C. M. Análise da ocupação inadequada das áreas de preservação permanente em um trecho urbano do Rio Mossoró no Município de Mossoró/RN. **Revista Geonorte**, Edição Especial 5, v.7, n.26, p.14-34, 2016.

MAIA, R. P; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia e Neotectónica da Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró-Ne/Brasil. **Mercator,** Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 209-228, 2012.

_____.Tectônica pós-miocênica e controle estrutural de drenagem no Rio Apodi-Mossoró, Nordeste do Brasil. **Bol. geogr., Maringá**, v. 31, n. 2, p. 57-68, 2013.

Ministério do Meio Ambiente. Código Florestal, Lei Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012**, Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981,**

9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 04 de nov. de 2018.

Prefeitura Municipal de Mossoró. Câmara Municipal de Mossoró, **Lei complementar Nº 012/2006 dispões sobre o plano diretor da cidade de Mossoró**.

MOURA, S. R. F. Geração de um modelo digital de terreno para a identificação das áreas de risco à inundação na área urbana de Mossoró/RN. / Samuel Rodrigues de Freitas Moura. – Mossoró, RN, **Dissertação de Mestrado.** 2014.

PEIXOTO, F, da S. et al. Gestão das águas urbanas: questões e integração entre legislações pertinentes. **REGA,** Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 160-174, 2016.

PETTA, R. A.; MELO, A. C.; NASCIMENTO, P. S. R. Subsídio à Gestão Ambiental do Rio Apodi-Mossoró Na Área Urbana de Mossoró – RN. **Geografia** (Londrina) v. 19 n. 2, p. 127-144, 2010.

PINHEIRO, Karisa Lorena Carmo Barbosa. **Processo de urbanização de Mossoró: histórico da expansão urbana da cidade de Mossoró desde 1772 até os dias atuais**. Natal, RN: Editora do CEFET-RN, 2008.

PORSE, E.C. Stormwater Governance and Future Cities. **Water**, v. 5, p. 29 – 52, 2013.

ROCHA, A. P. B. **EXPANSÃO URBANA DE MOSSORÓ. Período de 1980 a 2004**. Natal, RN: EDUFRN editora da UFRN, 2005.

ROCHA, A. B. ANÁLISE MULTITEMPORAL DA DINÂMICA DO USO OCUPAÇÃO DO BAIXO CURSO DO RIO APODI – MOSSORÓ – RN (1989 – 2009). **Dissertação de Mestrado** UFC. Fortaleza, 2011.

_____. PROPOSTA METODOLÓGICA DE GESTÃO DOS ESPAÇOS-RISCOS DE INUNDAÇÃO URBANA EM MOSSORÓ-RN. **Tese de Doutorado**. UFC. Fortaleza, 2015.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço:** técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: EDUSP, 2002.

_____. **Técnica, espaço e tempo:** globalização e meio técnico científico informacional. 5ª ed. São Paulo: Edusp, 2008.

SILVA, Raimundo Nonato da. **Evolução Urbanística de Mossoró**. 2ª ed. Coleção Mossoroense. Mossoró: ESAM, 1983.

SILVA, A. A.; COSTA, D. F. S.; GRIGIO, A. M.; ROCHA, R. M. Análise da paisagem aplicada à caracterização e planejamento ambiental da mata ciliar no trecho urbano do Rio Apodi-Mossoró (Mossoró, RN, Brasil). **Boletim Goiano de Geografia**. v. 42, n.1 – p. 300-318 2015.

TICCI, C.E.M. **Água no meio urbano**. In: REBOUÇAS, A. C. et al. (Org.) Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 1997.

_____. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, v.22, n.63, p.1-16, 2008.

UNRIC, **Centro Regional de Informações das Nações Unidas**. Disponível em: https://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostra-populacao-undial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-odem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050 Acesso 27 de nov. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EXPANSÃO URBANA SOBRE AS ÁREAS VERDES NO MUNICÍPIO DE ANANINDEUA: UMA ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL SOBRE A PERSPECTIVA DE IMAGENS DE SATÉLITES

Geovane de Araújo Rocha [(a)], Dávison Klener Ramos e Silva[(b)], Elon Marcelo Gomes Maia [(c)], Iuri Caetano Rodrigues Sousa[(d)]

[(a)] Graduando em Geografia, Universidade Federal do Pará, geovane.sisten@live.com
[(b)] Graduando em Geografia, Universidade Federal do Pará, klener_silva@outlook.com
[(c)] Graduando em Geografia, Universidade Federal do Pará, elonmaia2017@gmail.com
[(d)] Graduando em Geografia, Universidade Federal do Pará, iuri_caetano@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A intensificação da expansão urbana no século XX, tendo como fator determinante a construção da Rodovia BR-316, culminou num processo de urbanização desordenado, o qual fez com que a vegetação fosse retirada para dar lugar a estruturas de mobilidade urbana e moradia, ocasionando, por exemplo, aumento da sensação térmica na cidade de Ananindeua. O trabalho em questão objetiva fazer uma análise espaço-temporal da área continental do município, mostrando o avanço do espaço urbano em função do detrimento das áreas verdes e o como isso influenciou na dinâmica da cidade, utilizando imagens do satélite LandSat 5 e LandSat 8, no interstício temporal entre 1996 a 2017.

Palavras Chave: Áreas verdes; Expansão Urbana; Imagens de Satélites.

1. Introdução

O município de Ananindeua, pertencente à Região Metropolitana de Belém, teve um aumento populacional que proporcionou consequências profundas na dinâmica das áreas de cobertura vegetal da cidade. Segundo o IBGE (2019), a população residente de Ananindeua que hoje é estimada em 525.566 mil habitantes, cresceu 54% nos últimos 22 anos, elevando a

demanda por recursos naturais, moradia e acentuando significativamente a utilização de veículos automotores. Soma-se, ainda, mudanças na variação da temperatura e diminuição da arborização em áreas internas da cidade. (ABREU, 2008)

A intensificação da expansão urbana no século XX, resultante de fatores como a implantação da BR 316, culminou num processo de urbanização desordenado. A falta de planejamento do Estado acerca de políticas públicas de construção de moradias de forma proporcional ao crescimento demográfico, fez com que a parcela da população mais carente recorresse a ocupações irregulares degradando severamente as áreas de floresta do município de Ananindeua.

Com esse crescimento do espaço urbano, grande parte da vegetação é retirada para dar lugar a estruturas de mobilidade urbana e moradia, ocasionando no aumento da temperatura em comparação a áreas em seu entorno e aumento na sensação térmica dos citadinos, por consequência acontece o fenômeno chamado de ilhas de calor urbana. (CASTRO, 2009)

Dessa forma, fica evidente a importância das áreas verdes urbanas para a melhoria e manutenção da qualidade ambiental térmica e para estabelecer microclimas mais agradáveis à população, visto que a vegetação ajuda através do sombreamento da área e pelo processo de evapotranspiração.

Diante a escassez de projetos acadêmicos que evidencie a evolução do crescimento urbano do município de Ananindeua, no Pará, este trabalho foi idealizado com intuito de analisar a expansão urbana em detrimento das áreas verdes e alavancar a importancia do Geoprocessamento como uma ferramenta para subsidiar as políticas de planejamento urbano da cidade.

2. Materiais e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido a partir de imagens dos satélites *LandSat* 5 e *LandSat* 8-OLI, ambos sensor TM, obtidas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e no site de Serviço Geologico dos Estados Unidos (USGS) dos anos de 1996 e 2017 respectivamente, da órbita-ponto 223/061. Foi utilizado o *software ArcMap* 10.5

para a confecção das figuras. Assim, o mapa da área continental de Ananindeua de 1996 (figura 3) é proviniente de composições das bandas 2, 4 e 1 do satélite *LandSat* 5 e o mapa da área continental de Ananindeua de 2017 (figura 3) é a composição das bandas 4, 5 e 3 do satélite *LandSat* 8-OLI.

Figura 1 – Localização da área de estudo

3. Resultados e discussões

A saturação urbana é perceptível em diversos pontos na figura comparativa (figura 3). Na área central da imagem, abrangida principalmente pelos quadrantes 1, 2 e 3, fica evidente que ouve um processo de inchaço urbano, fazendo com que a população de menor poder aquisitivo começasse a ocupar áreas mais próximas aos limites do município, como é visível nos quadrantes 2 e 4.

O adensamento populacional evidenciado nos quadrantes 1 e 3, deve-se ao fato do aumento da demanda por moradias e a falta de espaços disponíveis em Belém, fazendo com que a população ocupasse a parte sudoeste de Ananindeua. Ao se fazer uma análise dos quadrantes 2 e 4, pode-se inferir que os bairros dessa parte da cidade tiveram um crescimento

notável, uma vez que as zonas centrais de Ananindeua já apresentavam avançada saturação desde 1996.

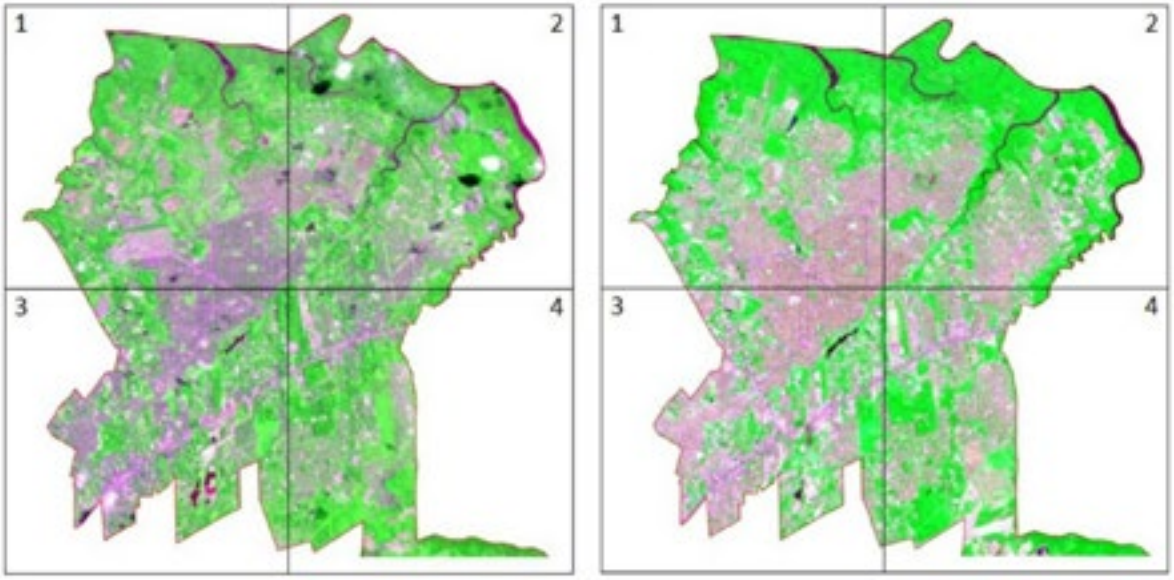


Figura 2 – Quadrantes comparativos da área urbana dos anos de 1996 e 2017

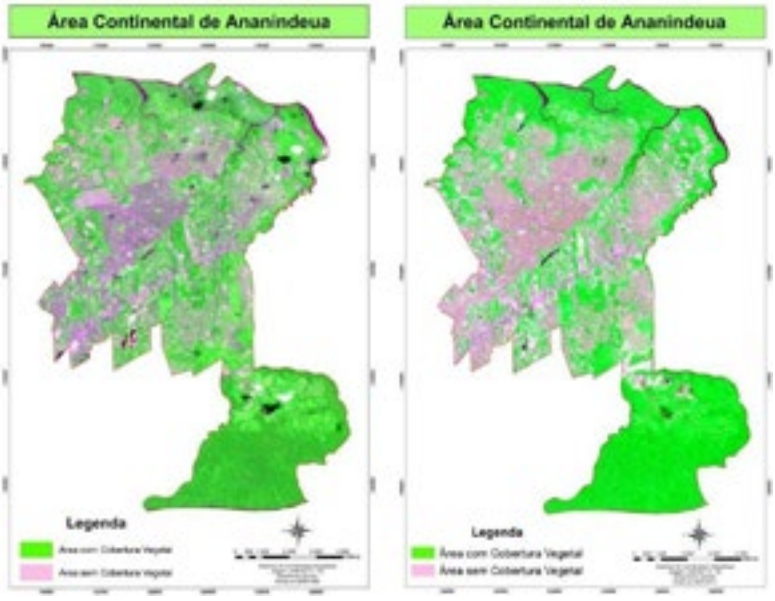


Figura 3 - Área Continental do Município de Ananindeua dos anos de 1996 e 2017.

4. Considerações Finais

O Município de Ananindeua é a segunda cidade mais populosa do estado do Pará, entretanto, o crescimento populacional foi de forma espontânea e com ineficiência no planejamento por parte do poder público, acarretando em grande degradação da vegetação e problemas urbanos como a falta de saneamento básico em grande parte da cidade, onde segundo o Ranking do Saneamento Instituto Trata Brasil de 2017, Ananindeua figura na última colocação das 100 cidades mais populosas do país, com cerca de 0% de coleta de esgoto. Assim, evidencia-se a importância de analises através do Geoprocessamento para embasar o planejamento de expansão das cidades, construindo núcleos urbanos com condições mínimas de habitação e de forma sustentável.

5. Referências Bibliográficas

ABREU, Loyde Vieira de. *A avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas*. 2008. 154f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Estadual de Campina. Campinas, 2008.

CASTRO, A. R da C, *Aplicação de sensoriamento remoto na análise espaço-temporal das ilhas de calor e ilhas de frescor urbanas no município de Belém – Pará, nos anos de 1997 e 2008*, 56. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pará, Belém, 2009.

ESRI. *ArcGIS Manuals*. Redlands: ESRI, 2016.

IGBE. *IBGE cidades*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/ananindeua>. Acessado em: 23/01/2019

IBGE. Contagem da população – 1996. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem/pacont96.shtm>. Acessado em: 23/01/2019

TRATA BRASIL. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/component/estudos/itb/ranking-do-saneamento-2017>. Acessado em 23/01/2019

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTIMAÇÃO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE DO DISTRITO DO PECÉM COM O USO DO SATÉLITES LANDSAT 5 MSS E LANDSAT 8 OLI/TIRS

Débora Maciel Castelo Holanda [(a)], Bryan Rodrigues de Sousa dos Santos [(b)], Mariana Amâncio de Sousa Moraes [(c)], José Matheus da Rocha Marques [(d)], Jader de Oliveira Santos [(e)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, debholand27@gmail.com
[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, bryan362188@gmail.com
[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, mariana.amancio2901@gmail.com
[(d)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, marquesmatheus@gmail.com
[(e)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, jader.santos@gmail.com

Eixo: Geotecnologia e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O presente artigo busca estabelecer as relações entre a estimativa do aquecimento da temperatura de superfície do distrito do Pecém após a instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. O estudo utilizou de técnicas de sensoriamento remoto a partir da extração da temperatura de superfície das bandas termais do Landsat 5 com o sensor Multispectral Scanner (MSS) e Landsat 8 com o sensor Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS). A verificação da temperatura foi realizada antes e após a instalação do complexo industrial, especificamente nos anos de 1999 e 2018. Os resultados obtidos apontam para um aumento de 4º C no intervalo temporal estabelecido, possibilitando a compreensão de que grandes empreendimentos no distrito do Pecém suscitam mudanças nas condições climáticas e de conforto térmico nas áreas de entorno do Complexo Industrial.

Palavras chave: temperatura de superfície, sensoriamento remoto, Pecém

1. Introdução

A crescente urbanização das cidades tem carregado intensas modificações no meio natural relacionados ao clima. Com o rápido processo de urbanização no século XX nos países em desenvolvimento, Hasenack e Flores (1992) apontam que as intervenções humanas indiscriminadas provocaram alterações significativas na superfície terrestre do planeta.

Segundo Sousa e Ferreira (2012), essas alterações nos espaços urbanos ensejam a substituição de porções naturais no espaço para dar lugar a áreas antropizadas. Esse processo se dando de forma desequilibrada, tem-se o aquecimento das cidades e espaços rurais promovendo mudanças nas condições locais do clima.

Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo verificar se a instalação do complexo industrial e portuário do Pecém acarretou alterações na temperatura da superfície na área core do complexo. Desde 2002 referido distrito e sua área de entorno passou por significativo processo de urbanização e industrialização associado à instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), que hoje é o maior complexo industrial e portuário do estado do Ceará.

O Pecém (figura 1) é um distrito do município de São Gonçalo do Amarante situado a oeste da capital Fortaleza. Após a construção do porto do Pecém, a região alcançou uma posição de destaque para a economia do Estado do Ceará. A estrutura do Complexo Industrial e Portuário do Pecém - CIPP ocupa boa parte do distrito do Pecém, extrapolando os limites do município de São Gonçalo do Amarante abrangendo também o município de Caucaia.

ISBN: 978-85-7282-778-2

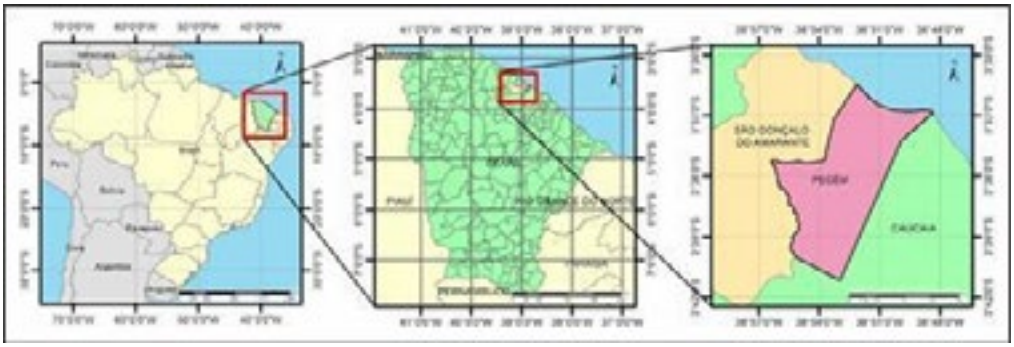


Figura I – Localização do distrito do Pecém

A construção do CIPP (Figura 2) levantou questionamentos referentes a sua viabilidade, principalmente, sob a ótica das questões ambientais. Nesse ínterim, a determinação do período de análise está associada ao antes (1999) e depois (2018) da construção do CIPP. Para isto, foi utilizado o método TST - Temperatura de Superfície Terrestre executado no software ArcGIS (versão 10.4.1) licenciado pela empresa Environmental Systems Research Institute sob a licença do Laboratório de Geoprocessamento e Cartografia Social do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (LABOCART).

ISBN: 978-85-7282-778-2

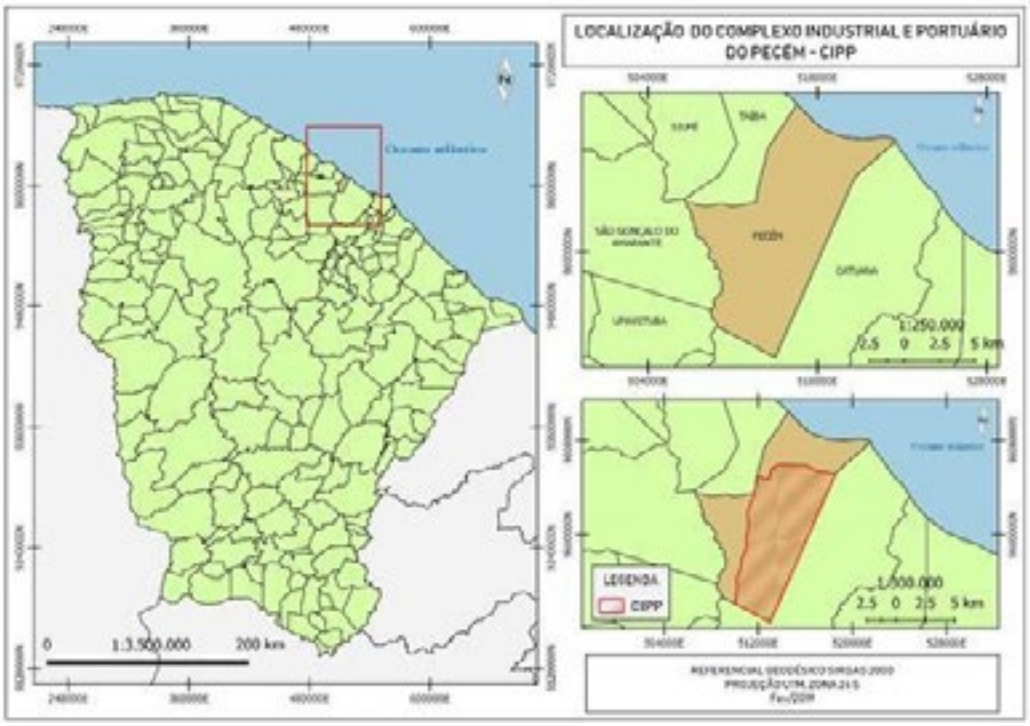


Figura II – Localização do Complexo Portuário e Industrial do Pecém

Conforme Almeida et al. (2015), o uso do método TST para avaliação temporal da temperatura pode fornecer importantes informações sobre as propriedades físicas do clima local. Ainda consoante aos autores, "o sensoriamento remoto se torna extremamente útil para a compreensão destes processos, a partir da análise espaço-temporal na mudança do uso e cobertura do solo em relação à temperatura e emissividade na superfície" (ALMEIDA et al, 2015).

De acordo com Collischonn (1998), "o comportamento da temperatura é dependente de um conjunto de elementos de naturezas diversas e que convivem num mesmo tempo e num mesmo espaço, em regime de trocas energéticas recíprocas e interdependentes." Dessa forma, entende-se que o impacto das ações humanas sobre o meio ambiente desencadeia muitas perturbações no funcionamento da natureza, sobretudo na superfície.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e Métodos

O estado do Ceará possui regime sazonal de chuvas que se concentra fortemente nos meses verão e outono, em virtude principalmente da ação do sistema atmosférico Zona de Convergência Intertropical, segundo Ferreira e Mello (2005). Nos meses de inverno e primavera é predominante o regime de estiagem de chuvas no estado e região Nordeste do Brasil.

Nesse ínterim, o mês de julho foi escolhido por melhor se adequar a proposta metodológica para estimação da temperatura de superfície em condições de mínima precipitação pluvial no distrito.

Na etapa de revisão bibliográfica, o estudo prezou por utilizar autores que se debruçaram sobre as atividades humanas que alteram o comportamento da temperatura de superfície terrestre, no clima local e estudos que se utilizam da metodologia TST para avaliação da temperatura com o uso de imagens termais de satélites de monitoramento da superfície terrestre.

Dessa forma, foram utilizadas as imagebs termaus (banda 6) do satélite Landsat 5 do sensor Multispectral Scanner (MSS) para o dia 11/07/1999; e a imagem termal (banda 10) do Landsat 8 do sensor Thermal Infrared Sensor (TIRS) para o dia 03/07/2018. Referidas datas foram selecionadas mediante o grau de aproximação das condições climáticas semelhantes nos dias imageados.

Ambos os satélites possuem a resolução espacial de 30 metros e órbita/ponto 217/062 do sistema Landsat, tendo seu momento de captura da imagem por volta do meio dia, sendo a diferença em minutos entre as capturas.

Para estimação da temperatura de superfície, foi utilizado a metodologia de Chander, Markham e Helder (2009) que objetiva corrigir os ruídos nas imagens dos satélites

ISBN: 978-85-7282-778-2

produzidos pela atmosfera e cálculos de estimação. Para o Landsat 5 e como primeiro procedimento, a calibração radiométrica (equação I) é utilizada na banda 6 para minimizar os efeitos dos erros de calibração remota dos sensores, erros na transmissão de dados e influências da atmosfera no processamento do espectro eletromagnético e números digitais das imagens rasters.

Equação I - calibração radiométrica da banda do Landsat 5 do sensor MSS.

$$L\lambda = ((LMAX\lambda - LMIN\lambda / QcalMAX - QcalMIN) * (Qcal - QcalMIN) + LMIN\lambda$$

Onde,

Lλ = Radiância espectral (W/ m^2·sr·µm) LMAXλ = Radiância espectral máxima LMINλ = Radiância espectral mínima

QcalMAX = Valor máximo do pixel em nível de cinza (DN= 255) QcalMIN = Valor mínimo do pixel em nível de cinza (DN= 1) Qcal= Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza (DN)

Após feita a calibração radiométrica, é feito a conversão dos números da radiação dos objetos da superfície em valores de temperatura. Descrita de modo computacional, a equação II produz a estimação dos valores da banda termal do sensor MSS já corrigidos pelo procedimento anterior para valores da temperatura de superfície da imagem.

Equação II - Estimação dos números digitais corrigidos da imagem para temperatura de superfície.

$$Tsc = (K2 / (Ln (K1 / L\lambda) +1))$$

Onde,

Tsc = Temperatura sem correção atmosférica K1 = Constante de calibração 1

K2 = Constante de calibração 2

Lλ = Radiância espectral (W/ m^2·sr·µm)

Na última etapa (equação III) é feita a conversão da temperatura da unidade em Kelvin para Celsius. Para tanto, o processo consiste em subtrair ao resultado do processo anterior o valor de 273,15 que é o valor da temperatura de congelamento absoluto da água do mar.

Equação III - Conversão das temperaturas de Kelvin para Celsius

$$TSC = TK - 273{,}15$$

Onde,

TSC = Temperatura de superfície em unidade de medida Celsius.

TK = Imagem anterior gerada com as temperaturas em Kelvin

Para a imagem do ano de 2018 do satélite Landsat 8, em virtude de ser um sensor diferente do Landsat 5 para captação das imagens, o procedimento para calibração radiométrica da banda 10 é adequado para a equação IV.

Equação IV - Calibração radiométrica da banda do landsat 8 TIRS.

$$L\lambda = M_L\ Qcal + A_L$$

Onde,

Lλ = Radiância espectral (W/ m^2·sr·µm)
M_L = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda
Qcal = Valor quantizado e calibrado do pixel em nível de cinza
(DN) A_L = Fator aditivo de redimensionamento da banda
(0.1000)

Após a aplicação da equação IV, a imagem termal do sensor TIRS em questão foi submetida a estimação da temperatura de superfície, conforme a equação III. Os procedimentos de calibração e estimação da temperatura terrestre produziram como resultado dois produtos

cartográficos correspondentes a temperatura do distrito do Pecém referentes ao ano de 1999 e 2018, permitindo o esforço de comparação e avaliação das mudanças termais no distrito do Pecém.

3. Resultados e Discussões

Os resultados encerram produtos cartográficos com a variação da temperatura de superfície no distrito do Pecém nos anos 1999 e 2018, antes da instalação do CIPP e depois da instalação, respectivamente. A temperatura estimada mínima no ano de 1999 corresponde a 17,1ºC enquanto a máxima chega a 30,1ºC. No ano de 2018, a temperatura mínima aponta 16ºC e a máxima 32ºC.

No ano de 1999, a zona de mais alta temperatura é exibida na porção do complexo de dunas móveis, em virtude dessas unidades geomorfológicas terem o potencial de absorver intensa energia. Em comparação a esse ano, o aumento da temperatura pode ser comprovado em 2018 com variação de 4ºC.

Através dos dados obtidos (Figura 3) a partir do processamento e análise comparativa entre os mapas datados em 1999 e 2018, é possível levantar a hipótese de uma relação entre o aquecimento da temperatura de superfície no distrito em decorrência da instalação do Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Ugeda Júnior (2010) corrobora com esse entendimento quando afirma que essas mudanças se dão devido à substituição de elementos naturais por materiais construtivos, cujos elementos possuem baixa taxa de albedo e alta absorção de energia durante o dia, além de apresentarem dificuldade na liberação, no período da noite, da energia termal absorvida.

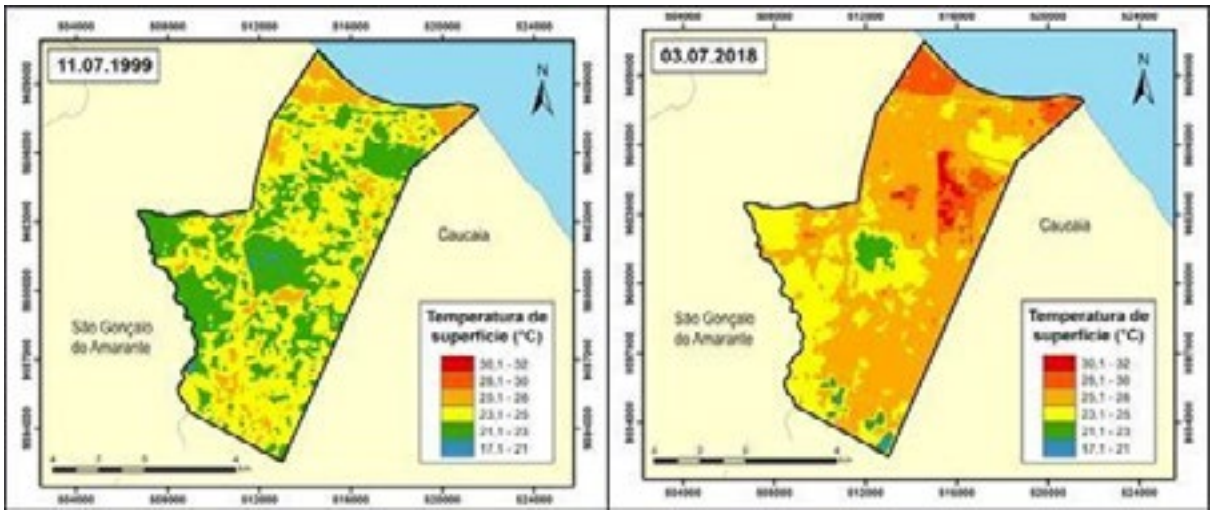


Figura III – Mapa de temperatura de superfície (1999 – 2018) do distrito do Pecém

Do ponto de vista social, o aumento da temperatura pode produzir problemas de desconforto térmico no microclima, assim como, do ponto de vista ambiental, a variação termal afeta o aumento da taxa de evaporação dos corpos hídricos locais que são utilizados como recursos pela população local.

Deste modo é importante salientar que a diminuição dos corpos hídricos e desmatamento da vegetação do distrito aliado ao crescimento urbano, associado a implementação do CIPP, são fatores que podem contribuir para o aumento da temperatura nos anos analisados.

4. Considerações Finais

Toda transformação do meio natural para um meio construído acarreta impactos não só na paisagem exteriorizada, mas também corrobora com o desencadeamento de uma perturbação ambiental, que neste trabalho tratou-se de alterações na temperatura da superfície do distrito do Pecém.

Torna-se relevante destacar a partir dos dados obtidos nesta pesquisa que grandes

empreendimentos, como o CIPP, requerem uma logística que assegure não só o bom funcionamento do complexo, mas também a sua sustentabilidade perante os domínios naturais do local que recebe esse tipo de instalações.

A mitigação de impactos deve ser apontada como prioridade em projetos que estejam previstos em sua execução alguns tipos de danos ao meio ambiente. A proteção de áreas através da criação de Unidades de Conservação é uma estratégia cada vez mais consolidada e ainda aponta resultados bastante satisfatórios para a manutenção do equilíbrio ambiental e a saúde dos recursos naturais, sendo neste cenário uma estratégica ação para compensar intervenções agressivas para o meio ambiente.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, AJP de et al. Relação entre o índice de vegetação e a temperatura da superfície na estimada e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 17, p. 2047-2054.

CHANDER, Gyanesh; MARKHAM, Brian L. HELDER, Dennis L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v.113, p.893-903, 2009.

COLLISCHONN, Erika et al. **O campo térmico da região metropolitana de Porto Alegre:** uma análise a partir da interação das variáveis ambientais na definição do clima local. 1998.

DORIGON, Larissa Piffer; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Estrutura térmica da superfície de Paranavaí/PR através do Landsat 7. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 2, n. 35, p. 110-129, 2013.

HASENACK, Heinrich; FLORES, Feliciano EV. **O ambiente urbanizado e o clima urbano.** Boletim Gaúcho de Geografia, v. 19, n. 1, 1994.

FERREIRA, Antônio Geraldo; MELLO, Namir Giovanni da Silva. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, p. 15-27, 2005.

SOUSA, Silvio Braz de; FERREIRA, Laerte Guimarães. Análise da temperatura de superfície em ambientes urbanos: um estudo por meio de sensoriamento remoto no município de Goiânia, Goiás (2002–2011). **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 15, 2012.

UGEDA JUNIOR, José Carlos. **Clima Urbano e Planejamento na Cidade de Jales-SP** (Tese de Doutorado apresentada ao conselho de Curso de Pós-Graduação em Geografia/FCT-UNESP). Presidente Prudente, 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTUDO DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE QUEVEDOS, RS

Wilson Oliveira da Silva [(a)], Ellen da Rocha Tassinari [(b)], Romario Trentin [(c)]

[(a)] Geografia/ Bolsista FIPE/ Universidade Federal de Santa Maria, wilson.silva98@hotmail.com

[(b)] Geografia/Aluna de Graduação/ Universidade Federal de Santa Maria, ellentrr@gmail.com

[(c)] Depto de Geociências/ Universidade Federal de Santa Maria, romario.trentin@gmail.com

Eixo: 9. Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo analisar as características do relevo do município de Quevedos que faz pertence a Bacia do rio Ibicuí localizada no centro- oeste do estado do Rio Grande do Sul. As classes hipsométricas definidas para representação das diferentes altitudes foram divididas em 6 classes. Para a declividade, foram usados como limites os intervalos: <2%; 2 - 5%; 5 -15 e >15%. O mapa hidrográfico apresenta a delimitação das microbacias do município que foi realizado com auxílio da carta topográfica. A rede de drenagem apresenta um padrão retangular que se caracteriza pelo aspecto ortogonal devido às bruscas alterações retangulares no curso das correntes fluviais. O mapeamento hipsométrico apresentou altitudes predominantes na faixa de 350 a 410 correspondendo a 41,28% do total da área do município, enquanto a declividade de 5-15% representa a maior área do município, 48,74%.

Palavras chave: Quevedos, relevo, Hipsometria, Declividade, Hidrografia.

1. Introdução

O estudo do relevo se faz importante pela dependência que o homem tem deste para se reproduzir e produzir espaço geográfico na superfície terrestre, ou seja se identifica como "recurso ou suporte da vida" (CASSETI, 2005).

O presente trabalho apresenta um estudo de parâmetros do relevo do município de Quevedos localizado no centro do estado do Rio Grande do Sul, limitado pelas

coordenadas 54°13'0,12"W, 29°5'48,84"S, 53°54'32,76"W, 29°5'48,84"S, 54°13'0,12"W, 29°29'17,52"S, 53°54'32,76"W e 29°29'17,52"S (Figura 1).

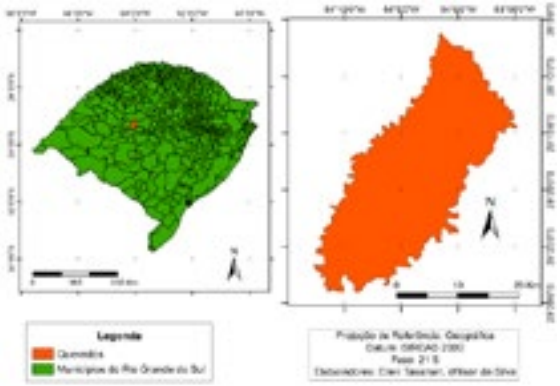


Figura 1 – Mapa de localização

2. Metodologia

Para a produção dos mapas e análise foi utilizado o modelo digital de terreno obtido através de imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) com resolução espacial de 90 metros e adquiridas a partir das cartas topográficas de 1:50.000 da Divisão de Levantamento do Exército. Para o mapa hipsométrico foram definidas 6 classes a partir da análise do histograma de frequência. Foi feita a hierarquização dos corpos d'água a partir do método de Strahler (1952), o cálculo de densidade do rio definido por R. E. Horton (1945), o cálculo tem a finalidade de comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão através da fórmula: Dd = Lb/A (Dd = densidade da drenagem; Lb = comprimento dos canais em km e A = área estudada em km2).

O mapa de declividade foi produzido com a ferramenta *ArcToolbox – slope*, utilizando o critério de classes de declividade estabelecido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT): < 2%, 2 – 5%, 5 – 15%, > 15%.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Discussão dos Resultados

A rede de drenagem do município se configura em duas grandes bacias do rio Toropi a leste e do rio Toropi-Mirim a oeste. O setor da bacia do rio Toropi apresenta uma rede de drenagem de 6ª ordem enquanto o setor da bacia do rio Toropi-mirim apresenta 5ª ordem (Figura 2). O padrão é retangular, consequência da influência exercida por falhas ou sistemas de juntas e diaclases (Christofoletti, 1980). Seguindo a avaliação de Villela e Mattos as bacias do município apresentam a densidade de drenagem mediana onde G, H e K possuem os maiores valores de 2,14(km/km^2) até 1,15(km/km^2).

Figura 2 - Mapa Hidrográfico do Município de Quevedos, RS

O município apresenta altitudes (Figura 3) predominantes na faixa de 350 a 410 metros correspondendo 41,28% da área total. As áreas de menor altitude se encontram próximo ao Rio Toropi na faixa de 110 a 170 metros correspondendo a 2,35% da área total e localizada na região sul do município. Mais de 60% da área total do município está acima de 350 metros de altitude.

O estudo da declividade (Figura 4) das encostas do município resulta em 48,74% da área total presente na classe 5 a 15% caracterizando um relevo ondulado. A segunda classe com maior predominância, 2 a 5%, representa 29,12% da área total, caracterizando um relevo de baixa declividade sendo um relevo suave ondulado (pouco inclinado). A classe >15% apresenta um relevo fortemente ondulado, que dificulta a entrada de maquinário além desta área ser propícia a processos erosivos, enquanto, a classe <2% são áreas de menor declividade onde o relevo se caracteriza plano, geralmente associado a cursos d'água, com 8,39% do território nesta classe localizado nas regiões mais ao norte do município.

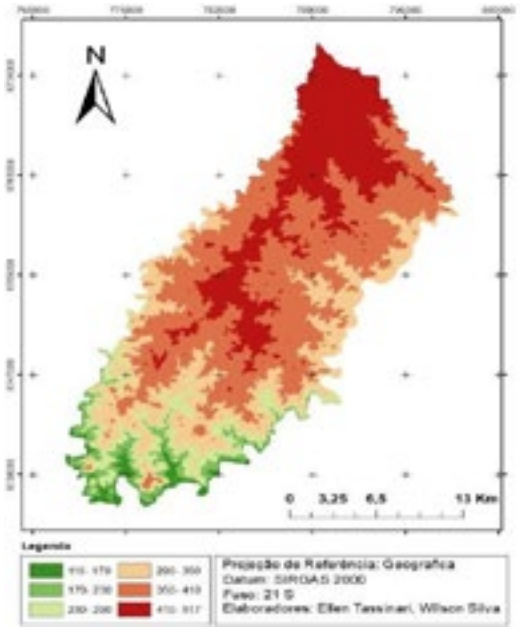


Figura 3 – Mapa Hipsométrico do Município de Quevedos, RS

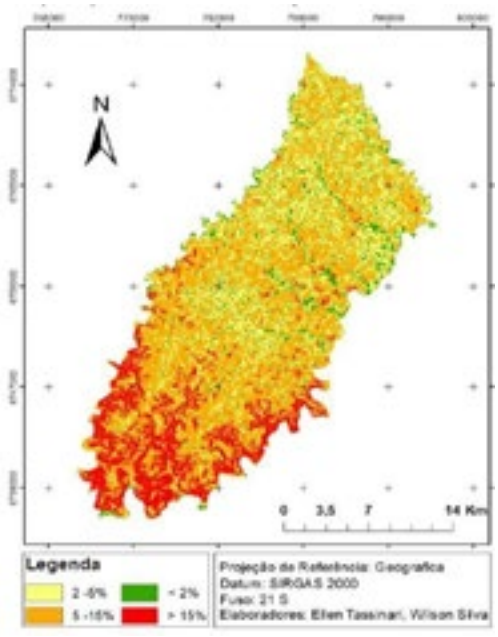


Figura 4– Mapa de Declividade do Município de Quevedos, RS

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

A utilização de ferramentas de geoprocessamento e SIG permite análise rápida e precisa de parâmetros do relevo. Os parâmetros analisados são a base para estudos geomorfológicos e de processos superficiais.

5. Referências Bibliográficas

CASSETI, Valter. **Geomorfologia**. [S.l.], 2005.

CHISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2 ed, Editora Edgard Blucher Ltda. São Paulo, 1980.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

VILLELA, S., MATTOS, A., **Hidrologia Aplicada**. Editora Mc Graw Hill, São Paulo, 1975.

Agradecimentos

Ao Fundo de Incentivo a Pesquisa da UFSM.

FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DUAS BOCAS - ESPÍRITO SANTO: UMA ANÁLISE INTEGRADA DOS ELEMENTOS DA PAISAGEM

James Rafael Ulisses dos Santos (a), Eberval Marchioro (b), Edilsa Oliveira dos Santos (c)

(a) Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, jamesrulisses@gmail.com
(b) Professor Drº do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, ebervalm@gmail.com
(c) Mestra do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGEO, Universidade Federal de Sergipe-UFS, edilsakit@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este trabalho teve por objetivo determinar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil, por meio da integração das seguintes variáveis: declividade, solos, uso e cobertura da terra e precipitação. Como metodologia o trabalho foi dividido em três etapas, na primeira realizaram-se pesquisas bibliográficas e cartográficas. A segunda correspondeu aos levantamentos de campo e coleta de dados *in loco*, e na terceira foram produzidos os mapas em ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Os resultados demonstraram que com a integração das variáveis propostas, as classes de fragilidade muito baixa e baixa predominaram nos topos de morro e fundos de vale a jusante da bacia, já as classes muito alta e alta abrange toda porção central e montante, com a classe média presente nas vertentes íngremes ao longo da bacia. Contudo, a aplicação dessa metodologia apresentou resultados satisfatórios para a área de estudo.

Palavras-chave: Fragilidade, Paisagem, Bacias Hidrográficas, Análise Integradora

1. Introdução

A análise integrada dos elementos da paisagem como geologia, geomorfologia, pedologia, hidrografia, declividade, uso e cobertura da terra e precipitação é fundamental para estudos em bacias hidrográficas. Assim, as interações dos fatores naturais com as ações humanas tornam-se indispensáveis quanto a dinâmica, planejamento, gestão e tomada de decisões em estudos de sistemas ambientais (CRUZ, et al., 2010; SANTOS et al., 2015, CUNHA, 2008).

Para Santos (2004, p.85) "toda ocorrência de evento em uma bacia hidrográfica tanto de origem antrópica como natural, interfere na dinâmica desse sistema, seja na quantidade dos cursos de água ou na sua qualidade". Nesse sentido:

> As bacias hidrográficas podem ser consideradas como sistemas abertos, em termos de *inputs ou autputs* de energia, oriundos da precipitação, e de *outputs*, relacionados à água e sedimentos oriundos da erosão fluvial e das encostas existentes no âmbito das bacias (GUERRA; MENDONÇA, 2014, p. 231).

Os ambientes naturais dispõem de condições para permanecer em equilíbrio dinâmico. Mas com os sucessivos aumentos das intervenções antrópicas, esse equilíbrio passou a ser constantemente alterado. Cada ambiente tem sua dinâmica estabelecida pelo constante fluxo de energia e matéria que movimentam os sistemas. Assim, por meio de uma análise integrada, pode-se obter resultados mais satisfatórios quanto a gestão e planejamento em função das ações humanas. (CRUZ et al., 2010).

A fragilidade dos ambientes naturais e sua correlação com as ações antrópicas tende a ser maior ou menor em razão de suas características genéticas. A princípio, em algumas regiões do planeta, os ambientes naturais comportam-se ou comportavam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas começaram progressivamente a interferir de maneira cada vez mais intensa na exploração dos recursos naturais (ROSS, 1994).

A paisagem se estabelece como uma unidade da geografia, intrínseca e associada aos fatos geográficos. Sendo composta por uma integração diversificada de formas físicas e culturais. Desse modo, toda paisagem é formada de elementos geográficos interconectados. Esses elementos são subdivididos em domínios, como: os naturais, abióticos (que englobam o substrato rochoso), o clima, os recursos hídricos e o domínio da ação humana (SAUER, 1998; DOLFUSS, 1973).

Contudo, o presente estudo teve por objeto analisar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, por meio da integração de elementos naturais e antrópicas que compõem a paisagem. Sendo utilizadas para a análise as seguintes variáveis: declividade, solos, uso e cobertura da terra e precipitação, e assim visando a gestão e o planejamento ambiental da área.

1.1. Localização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do rio Duas Bocas está localizada entre os municípios de Santa Leopoldina, Cariacica e Viana, no Estado do Espírito Santo, Brasil. Tem uma área de 92,27 km^2, da qual 18,71 km^2 (20,28%) corresponde a Santa Leopoldina, 73,51 km^2 (79,67%) a Cariacica e

0,05 km^2 (0,06%) a Viana. Seu perímetro (P) é de 55,69 km. E encontra-se compreendida entre as coordenadas: 20°12'01.28"(7764921) e 20°17'24.90" (7755681) S e 40°23'06'.35 (355302) e 40°32'07.88" (339683) W. (Figura 1).

É uma sub-bacia da bacia hidrográfica do rio Santa Maria da Vitória, sendo de grande importância para a região, pois desde a década de 1950 com a construção da atual represa de Duas Bocas, tornou-se responsável pelo abastecimento de água de uma parcela do município de Cariacica, este que faz parte da Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV).

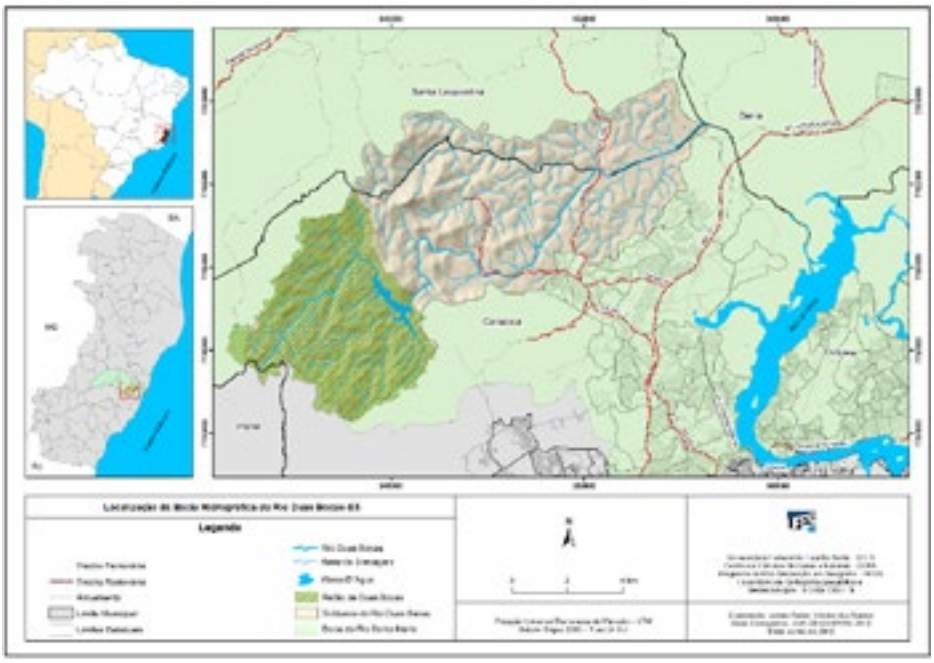


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

2. Materiais e Métodos

Como procedimentos metodológicos, para fins de alcançar os objetivos sugeridos, o estudo foi dividido em três partes. A primeira correspondeu aos levantamentos bibliográficos e cartográficos, em formato vetorial e matricial (raster). A segunda parte ficou a cargo dos trabalhos de campo, tendo como propósito verificar as características naturais e antrópicas da área de estudo.

Em campo foram capturadas fotografias para criar um acervo iconográfico e coletados pontos com as coordenadas da área, com auxílio do Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System - GNSS*), por meio do equipamento *eTrex* 10 *Garmin*, cedido pelo

Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias - LCGGEO/UFES, e do *GPS Essentials* em ambiente dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), no *software ArcGIS 10.1*$^{TM.}$ (ESRI, 2012).

A terceira parte constituiu na elaboração dos mapas dos elementos da paisagem e da fragilidade ambiental, todos na escala cartográfica de 1:70.000 no Sistema de Projeção Universal Transversa de Mercator - UTM, Datum SIRGAS 2000, Zona 24 S. Na modelagem com a aplicação do cálculo da álgebra de mapas, foram utilizadas as seguintes variáveis: declividade, solos, uso e cobertura da terra e precipitação.

Com relação a precipitação, os dados utilizados foram referentes aos totais pluviométricos da normal climatológica (1983-2013), sendo interpolados em ambiente SIG, no interpolador *Spline*. Os intervalos das classes de chuva apresentaram as seguintes variações: 1.307 a 1.377mm, 1.377 a 1.447mm, 1.447 a 1.517m, 1.517 a 1.587mm, 1.587 a 1.657mm. A variável precipitação foi uma das quatro componentes para o cálculo da fragilidade ambiental. Os dados da precipitação foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) e pelo Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (IMCAPER).

Os dados de uso e cobertura da terra foram disponibilizados em formato vetorial pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (IEMA). A classificação do uso da terra teve como base o Ortofotomosaico 2012/2015 em escala 1:10.000 com resolução espacial de 0,25m, sendo adaptado para a área de estudo na escala cartográfica de 1:70.000. E os ajustes da classificação para a área de estudo baseou-se no manual de Uso da Terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2006. Foram atribuídos pesos para as classes e convertidas de vetorial para o raster com resolução espacial do pixel de 10m.

O mapa de solos foi atualizado com base nos dados vetoriais adquiridos do levantamento da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA de 2013, em uma escala de 1:5.000.000 e adaptado para a área de estudo na escala de 1:70.000, sendo encontradas as seguintes classes: Cambissolo Háplico, Gleissolo, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo/Argissolos e Neossolos Litólicos. Para essas classes foram atribuídos pesos e posteriormente convertidas do formato vetorial para raster com resolução espacial de pixel de 10m.

O mapa da declividade foi elaborado por meio da interpolação das curvas de nível com equidistância de 5m x 5m, gerando um Modelo Digital de Terreno (MDT), no *Topo To Raster*. Com a criação da declividade na ferramenta *Slope*, na sequência realizou-se a reclassificada das classes em *Reclassify* em ambiente SIG. A reclassificação da declividade baseou-se em Ross (1994), com intervalos das classes adaptados para se ajustar aos parâmetros altimétricos da bacia. As curvas de nível foram disponibilizadas pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (IEMA)

A fragilidade ambiental foi determinada com a aplicação da técnica de álgebra de mapas em ambiente SIG, a partir do cruzamento das variáveis declividade, solos, uso e cobertura da terra e precipitação. Para essa técnica de modelagem, no *software* seguiu-se os seguintes procedimento, em: *ArcMap* →*ArcTollbox*→ *Spatial Analyst Tools* → *Map Álgebra* → *Raster Calculator*.

3. Resultados e discussões

3.1. Precipitação

Bastos et al. (2015) analisando a influência da distribuição de chuva na bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, em função da altitude (efeito orográfico), constataram que o fator topográfico favoreceu o aumento dos totais pluviométricos acumulados a barlavento nas maiores altitudes, sendo os intervalos de precipitação total de: 1.307 mm a 1.377mm, 1.377mm a 1.447mm, 1.447mm a 1.517mm, 1.517mm a 1.587mm, 1.587mm a 1.657 mm (Figura 2).

Neste estudo, os totais pluviométricos acumulados foram referentes a normal climatológica (1983-2013), que de acordo com Bastos et al. (2015) para a área de estudo foram identificados dois períodos de chuva característicos, um seco de abril a setembro e outro chuvoso de outubro a março, sendo que as maiores precipitações foram registradas de novembro e dezembro e as menores de junho e julho.

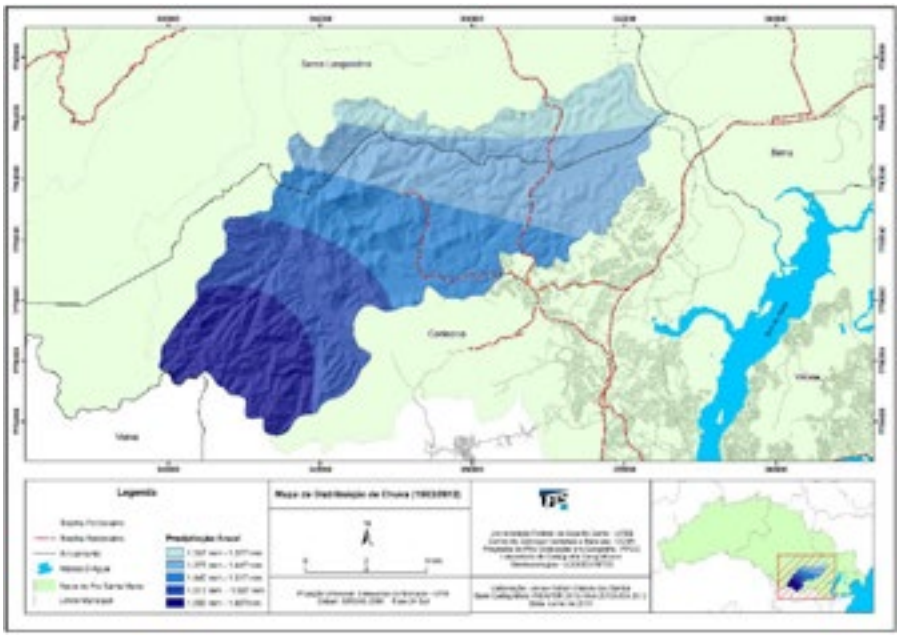


Figura 2 – Mapa da precipitação. Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

3.2. Solos

A classe dos Cambissolos Háplicos estão presentes na maior parte das porções central e montante da bacia, sendo caracterizados pela elevada suscetibilidade aos processos erosivos, cobrindo relevo dissecado. São solos pouco profundos, onde dificilmente atinge 1 m de solum, com argilas de atividade média a alta, de variação textual moderada (EMBRAPA, 2013).

A classe dos Gleissolos foi encontrada na planície de inundação no baixo curso do rio principal, sendo pouco suscetíveis a erosão, com permanente ou periodicamente saturados por água, exceto em áreas artificialmente drenadas, onde a água permanece parada internamente no solo, podendo ocorrer saturação por meio do fluxo lateral ou elevando-se por capilaridade, atingindo a superfície (EMBRAPA, 2013).

A classe dos Latossolos Vermelho-Amarelo cobre boa parte a jusante e uma pequena área a montante da bacia. Essa classe de solo pode ser encontrada nas mais variadas feições do relevo, sendo que nessa porção encontra-se em relevo suave ondulado e apresentando pouco suscetível a erosão. Já a classe dos Latossolos Vermelho-Amarelo associados aos Argissolos está presente em

uma pequena área da porção central e abrangendo maior extensão a jusante. Apresentou também baixa suscetibilidade aos processos erosivos (EMBRAPA, 2013).

Os Neossolos Litólicos são encontrados em um pequeno segmento da porção central da bacia, e assim como os Cambissolos Háplicos, são muito suscetíveis a erosão. Apresenta o horizonte A ou hístico com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2mm, em contato lítico ou fragmentário dentro de 50cm da superfície do solo (EMBRAPA, 2013). (Figura 3).

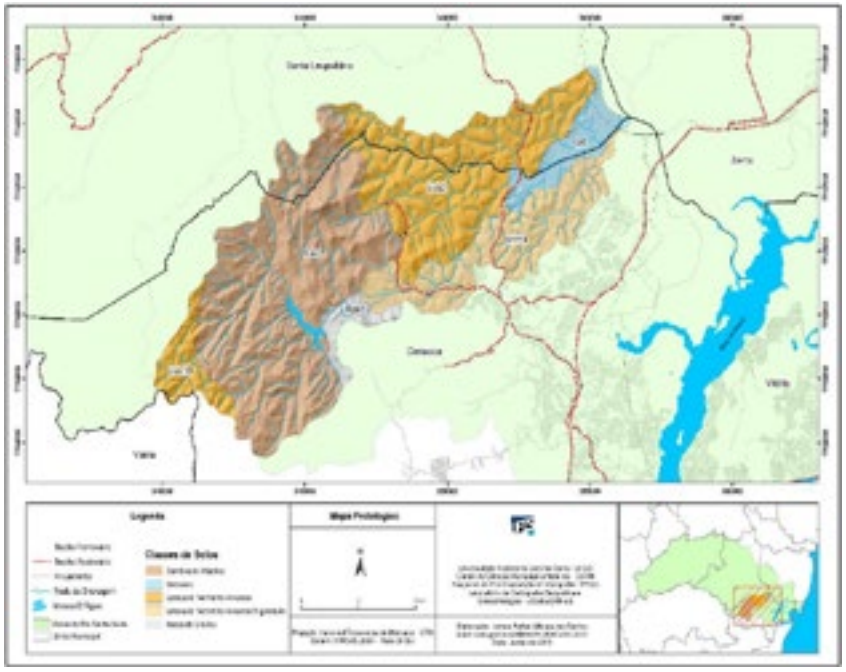


Figura 3 – Mapa das classes de solos. Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

3.3. Uso e Cobertura da Terra

Conforme apresentado na (Tabela 1) a classe de uso da terra mata nativa, que se caracteriza por corresponder a resquício de vegetação típica da Mata Atlântica, apresentou o maior percentual com 48,27%, cobrindo uma área de 44,54km^2, sendo encontrada principalmente na porção a montante da bacia, onde abrange praticamente toda a Rebio de Duas Bocas, nas maiores altitudes e declividades da área.

Tabela 1 – Classes de uso e cobertura da terra mais recente da área de estudo, com áreas em km², ha e percentuais

Uso e Cobertura da Terra	Área km²	Área ha	(%)
Afloramento Rochoso	1,16	115,99	1,26
Brejo	2,11	211,29	2,29
Cultivo Agrícola de Banana	**6,25**	**625,45**	**6,78**
Cultivo Agrícola de Café	1,66	165,77	1,80
Cultivo Agrícola – Coco Bahia	0,25	25,72	0,27
Edificação	2,15	215,19	2,33
Jaqueira	0,14	13,58	0,15
Macega	2,02	201,83	2,19
Massa d´Água	0,67	67,21	0,73
Mata Nativa	**44,54**	**4453,53**	**48,27**
Outros Cultivos Agrícolas Anuais	1,37	136,94	1,48
Pastagem	**29,08**	**2907,54**	**31,51**
Silvicultura	0,51	51,03	0,55
Solo Exposto	0,36	35,81	0,39
Total	**92,27**	**9226,88**	**100**

Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

No entanto, foi a partir da implementação da lei nº 2.095 de 12 de janeiro de 1965, que criou a Reserva Florestal de Duas Bocas, e posteriormente redefinida para Reserva Biológica em 2 de janeiro de 1991 através da lei nº 4.503 que houve um maior rigor quando ao desmatamento e criação de novas áreas para agropecuária nas proximidades da REBIO, fato que influenciou diretamente no entorno e dentro da bacia (NOVELLI, 2010; GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO,1996)

A classe de pastagem apresentou o segundo maior percentual com 31,51% em uma extensão de 29,08 km². Essa classe está presente na porção central e principalmente no baixo curso do rio Duas Bocas, correspondendo aos fundos de vale e a planície de inundação, e sendo característico dessa porção a prática da pecuária extensiva, cuja a finalidade destina-se a criação de gado de corte e/ou leiteiro.

Para tanto, a classe de cultivo agrícola de banana foi a que deteve o terceiro maior percentual com 6,78% representando uma área de 6,25km². E como pode ser observado na (Figura 4) está presente na porção central da área de estudo, nas maiores altitudes e declividade do relevo, e cujos solos são mais suscetíveis aos processos erosivos, com predominância dos Cambissolos Háplicos.

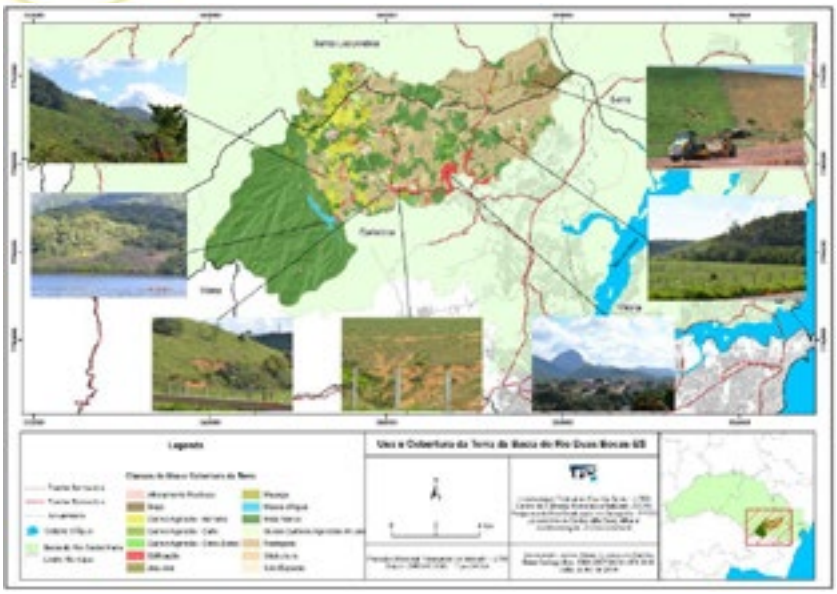


Figura 4 – Mapa de uso e cobertura da terra. Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

3.4. Declividade

No mapa da declividade (Figura 5), pode ser observado que as menores declividade encontram-se na porção a jusante estando associadas a planície de inundação e fundos de vale com intervalos de < 6% a 12% em relevo plano e suave ondulado. Já as maiores declividades que variam de 12% a 30% e de 30% a > 60% foram verificadas nas porções central e montante em relevo forte ondulado, montanhoso e escarpado.

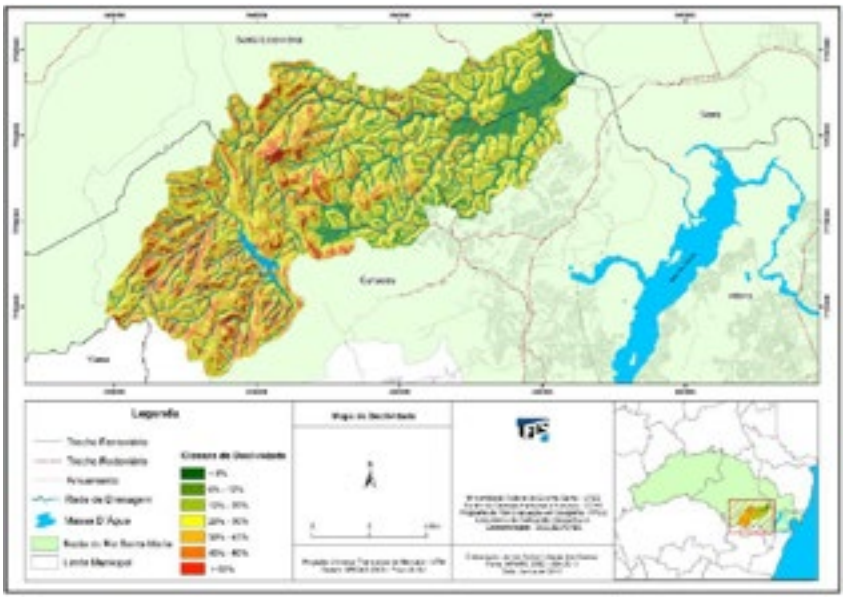


Figura 5- Mapa de declividade. Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

3.5. Fragilidade Ambiental

A fragilidade ambiental da área de estudo como demonstrado na (Figura 6), determinou as porções com maiores e menores graus de fragilidade em função dos elementos naturais e antrópicos da paisagem. Desse modo, verificou-se que as classes de fragilidade muito baixa e baixa corresponde a porção jusante da bacia, especificamente nos topos de morros, fundos de vale e planície de inundação, caracterizando-se por apresentar relevo plano e suave ondulado e com declividade pouco acentuada, contribuindo assim, para as inundações durante os períodos chuvosos. Já a classe média é verificada nas vertentes íngremes sujeitas a movimentos de massa.

Nesse segmento as classes de solos predominantes são do Latossolos Vermelho-amarelo, Latossolos Vermelho-Amarelos associados com Argissolos e Gleissolos, sendo pouco suscetíveis a erosão. O uso da terra predominante é de pastagem, e a precipitação apresentou intervalos de 1.307 mm a 1.377mm, 1.377mm a 1.447mm, 1.447mm a 1.517mm.

Na porção central da bacia predominaram a classe de fragilidade muito alta, sendo corroborado pela declividade elevada e com a presença de Cambissolos Háplicos, que são muito suscetíveis aos processos erosivos. O uso da terra, tem forte presença do cultivo agrícola de banana. Já com relação a porção montante, a classe de fragilidade de maior destaque foi a alta, com menor intensidade para classe muito alta. E mesmo com presença de mata nativa a fragilidade a montante foi alta devido a forte dissecação do relevo e declividade acentuada, atrelado aos Cambissolos Háplicos, e precipitação com intervalos de 1.517mm a 1.587mm, 1.587mm a 1.657 mm.

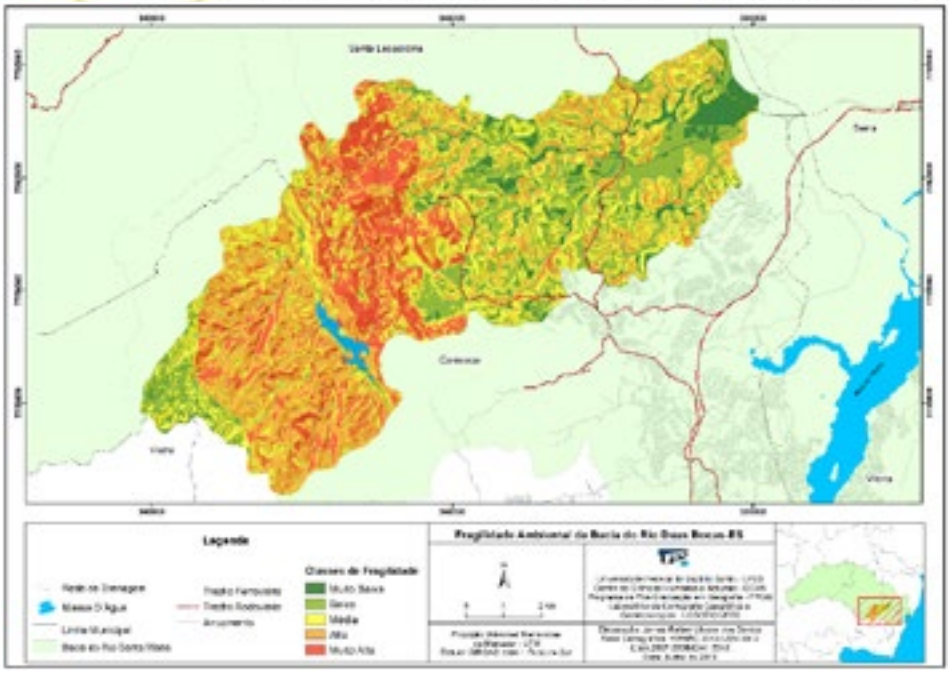


Figura 6 – Mapa da fragilidade ambiental. Fonte: Elaborado pelos autores (2016)

4. Considerações finais

Com esse estudo pode-se demonstrar que por meio da análise integrada dos elementos físicos e antrópicos que compõem a paisagem, pode-se determinar a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, visando auxiliar num diagnóstico das consdições de conservação, formas de uso da terra, degradação dos solos e aspectos socioeconômicos, podendo com isso, contribuir na elaboração de prognósticos com o propósito de corroborar em tomadas de decisão.

Contudo, a metodologia aplicada para determinara a fragilidade ambiental apresentou resultados bastante satisfatórios, condizentes com as características naturais da área. Em ambiente SIG, sendo uma ferramenta fundamental para estudos que integralizam variáveis, foi possivel anlisar as porções com maior ou menor graus de fragilidade da paisagem. No entanto, trata-se de um método que possibilita adaptações das variáveis conforme a finalidade do estudo.

5. Referências Bibliográficas

AMARAL, R; Ross, J. L. S. **As Unidades Ecodinâmicas na Análise da Fragilidade Ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e Entorno, Teodoro Sampaio/SP**. GEOUSP - Espaço e Tempo, nº 26, São Paulo, 2009.

BASTOS, K. V; LÓPEZ, J. F. B; Marchioro, E; GONÇALVES, A. **O. Ritmo Pluviométrico da Bacia do Rio Duas Bocas (ES)**. I Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias – SASGEO. Uberaba – MG, 2015.

CRUZ, L. M; JÚNIOR, J. F. P; RODRIGUES, S. C. **Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG**. Revista Brasileira de Cartografia nº 62/03, (ISSN 0560-4613), 2010.

CUNHA, S. B da. Morfologia dos Canais Urbanos. In: POLETO, C (Org.). **Ambiente e Sedimento**. ABRH. Porto Alegre, 2008, Cap.9, 404p.

DOLFUSS, O. **A Análise Geográfica**. Difusão Europeia do Livro. Coleção "Saber Atual", São Paulo, 1973.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2013. 388 p.

ESRI – **Environmental Systems Research Institute**, Inc., 2012, User Manual – Help Online, version 10.1. Disponível em: http://www.esri.com Acesso em: 20 de Outubro de 2015.

GOVERNO DO ESTADO DO ESPIRITO SANTO Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente – SEAMA. Instituto de Terras, Cartografia e Florestas – ITCF/ PLANAVE S.A. **Estudos e Projetos de Engenharia Plano de Manejo da Reserva Biológica de Duas Bocas Estado do Espírito Santo**. RELATÓRIO FINAL. Volume I.1996.

GUERRA, A. J. T; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J.T. (Org.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Ed. 7ª Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. Cap. 8. p. 282.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra.** 2ª Edição, nº 7, Rio de Janeiro, 2006.

Instituto Estadual do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – IEMA. **Ortofotomosaico 2012/2015,** "**http://i3geo.iema.es.gov.br/cgibin/mapserv?map=/home/i3geo/www/temas/ortofotomosaico20122014.map**", Governo do Estado do Espírito Santo, Vitória, 2015.

NOVELLI, F. Z. **A Reserva Biológica de Duas Bocas e seus Vínculos à História da Conservação no Espírito Santo.** Revista Natureza Online. Publicado pela ESFA [online] http://www.naturezaonline.com.br. ISSN 1806–7409, 2010.

ROSS, J. L. S. **Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados**. Revista do Departamento de Geografia n°8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.

SANTOS, E. O; SANTOS, J.R. U; OLIVEIRA, T. A. B. **Determinação da Fragilidade Potencial e Emergente dos Ambientes Antropizados do Município de Maceió, Alagoas - Brasil**. 3º GeoAlagoas. Simpósio sobre Geotecnologias e Geoinformação do Estado de Alagoas, Maceió, 2015.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2004.

SAUER, C. O. A Morfologia da Paisagem. In: CORRÊA, R. L.; ROSENDAHL, Z. (Orgs.). **Paisagem, Tempo e Cultura**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1998.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE OIAPOQUE, AMAPÁ - BRASIL

Sâmela Patrícia Lima Paungartten [(a)], Jader de Oliveira Santos[(b)] , Thomaz Willian de Figueiredo Xavier [(c)]

(a) Departamento de Geografia/Campus Binacional, UNIFAP, samella.lima@unifap.com
(b) Departamento de Geografia//Cumpus do Pici - UFC - jadersantos@ufc.br
(c) Programa de Pós-Graduação em Geografia/Cumpus do Pici, UFC, txavier@alu.ufc.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A singularidade e complexidade dos ambientes naturais protegidos nas unidades de conservação presentes em mais de 50% do município de Oiapoque, denotam a importância de maior conhecimento de seu quadro ambiental. As técnicas de geoprocessamento se constituem como importantes ferramentas no levantamento e análise de dados físicos, que de maneira integrada, subsidiam propostas de ordenamento territorial diante de usos e ocupações que se configuram. O presente artigo apontou os delineamentos na compreensão do estado de susceptibilidade aos processos erosivos no município de Oiapoque, segundo a metodologia desenvolvida por Ross (1994), fundamentada no reconhecimento dos diferentes graus de susceptibilidade a qual os ambientes estão sujeitos. O estudo apontou um quadro de fragilidade ambiental que varia de muito fraco a médio a partir dos aspectos fisiográficos apresentados e de sua sintetização no mapa de fragilidade proposto.

Palavras chave: Fragilidade Ambiental, Geoprocessamento, Oiapoque, Planejamento

1. Introdução

A identificação e a análise integrada das áreas ambientalmente mais frágeis põe em relevo a importância dos Sistemas de Informação Geografica – SIGs – como ferramenta na elaboração de materiais cartográficos pertinentes na implementação de políticas públicas. O uso de técnicas de geoprocessamento aliado ao uso dos SIGs permite a avaliação integrada de diversos elementos como, geologia, vegetação, pedologia, declividade, etc. Sua análise, mapeamento e interpretação conduz à compreensão da funcionalidade natural dos ambientes,

podendo preceder quaisquer escopos de ordenamento territorial (XAVIER DA SILVA, 2000; FITZ, 2001; FLORENZANO; 2002; ZHAO, 2017).

Atualmente muitas metodologias desenvolvem-se com o apoio dos SIGs na mensuração, classificação e avaliação dos meios sujeitos a transformações, sejam intrínsecas ou induzidas por atividades socioeconômicas. Alguns destes trabalhos tematizam a fragilidade dos ambientes naturais antevendo que diante de determinados usos e ocupações, alguns meios se aprentam mais instáveis que outros, insustentando usos degradantes (KAWAKUBO, 2005; DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2006; VASHCHENKO; FAVARETTO; BIONDI, 2007; COSTA, 2015).

No Estado do Amapá, extremo norte do Brasil, as atividades econômicas em curso (mineração e agronegócio) despertam grande preocupação por se expandirem em direção a territórios com grande percentagem de áreas protegidas – complexidades e singularidades de ambientes que somam quase que 70 % do território do Estado.

Desse percentual, cerca de 50% estão concentrados no município de Oiapoque, localizado a cerca de 600 km de Macapá, capital do Estado do Amapá. A necessidade de maior conhecimento de seu quadro físico, ante a alocação de atividades econômicas indutoras de transformações ambientais, motivam a investigação deste artigo que busca responder, através do subsídio teórico e metodológico introduzido por Ross (1994) e de técnicas de geoprocessamento, como e aonde os processos de fragilidade ambiental se manifestam neste território.

1.1. Fragilidade ambiental

A fragilidade ambiental compreende um sistema de investigação pautada no reconhecimento dos diferentes graus de susceptibilidade aos quais os ambientes estão sujeitos. O princípio de sua funcionalidade baseia-se no conceito de *Unidade Ecodinâmica* introduzida por Tricart (1977), o qual entende que a natureza sofre trocas de energia e matéria em uma relação de equilíbrio dinâmico. Segundo Ross (1994) esse equilíbrio, entretanto, é

frequentemente alterado pelas intervenções humanas, gerando estados de desequilíbrios temporários ou até permanentes.

Ross (1994) reconhece duas categorias de fragilidade, a potencial, cuja apresenta vulnerabilidade "genética" do ambiente face aos seus processos e dinâmicas intrínsecas, e a fragilidade ambiental natural, que está associada aos graus de proteção que os diferentes tipos de uso e cobertura vegetal podem desempenhar sobre eles. As unidades de fragilidade dos ambientes naturais devem ser resultantes dos levantamentos básicos de geomorfologia, solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima de modo integrado para obtenção de um diagnóstico de diferentes categorias hierárquicas. A partir de tal categorização o autor apresenta uma hierarquia nominal de fragilidades representadas por códigos, como demonstrado esquematicamente abaixo.

Figura 1 - Hierarquia nominal de fragilidades representadas por códigos, adaptado de Ross (1994)

O parecer do quadro de fragilidade dos ambientes possibilita apresentar propostas de uso e ocupação do solo que, ao ser considerado, impede a degradação ou aceleração dos processos/riscos emergentes, oferecendo uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas na gestão do território (SPROL; ROSS, 2006).

2. Localização da Área de Estudo

O município de Oiapoque, localizado a cerca de 600 km de Macapá, capital do estado do Amapá, limita-se ao norte com a Guiana Francesa (Figura 1), a leste é banhado pelo Oceano Atlântico e à oeste faz fronteira com o município de Laranjal do Jari. Possui uma área de 22.625 km², população aprox. de 22.986 e densidade demográfica de 0,91 hab/km² (IBGE, 2010). Suas principais atividades econômicas são, sobretudo, representadas pelas explorações de jazidas de ouro, turismo e comércio (NASCIMENTO, TOSTES 2008).

ISBN: 978-85-7282-778-2

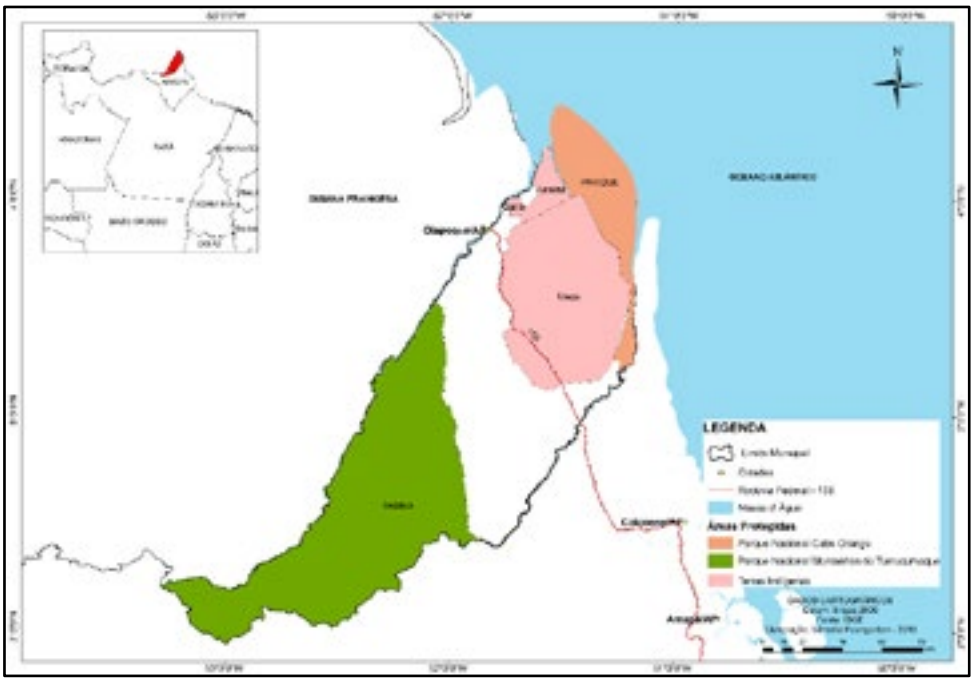


Figura 2 – Localização da área de estudo

3. Procedimentos Metodológicos

Para avaliação da fragilidade ambiental do município de Oiapoque adotou-se a proposta metodológica desenvolvida por Ross (1994), o qual estabelece critérios para definição do estado de fragilidade ambiental a partir de elementos integradores (solo, declividade, vegetação, uso do solo) em uma categorização hierárquica tabulada e disposta ao longo dos resultados para fins de interpretação.

O mapa pedológico e vegetacional foram compilados a partir dos dados em formato *shapefile* disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE em escala de 1:100.000, com adaptações realizadas para a área de estudo.

Para a confecção do mapa de hipsometria e declividade, utilizou-se as imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 90 m, obtida no site eletrônico

da Embrapa Monitoramento por Satélite (EMBRAPA, 2016). As cenas foram reprojetadas, "mosaicadas" e recortadas segundo a área de estudo.

Para a produção do mapa de fragilidade ambiental, combinação dos mapeamentos e avaliações realizadas na etapa anterior, utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica (ArcMAP 10.2) de acordo com os seguintes procedimentos: conversão de dados vetoriais para matriciais; reclassificação das camadas baseando-se em Ross (1994) e por fim, utilização da ferramenta de sobreposição ponderada (*Weighted Overlay*).

4. Resultados e Discussões

4.1. Declividade e altimetria

A amplitude altimétrica e declividade podem ser entendidas, respectivamente, como a altura do relevo (cota máxima e mínima) e sua inclinação em relação ao plano horizontal. É uma informação valiosa no entendimento dos processos erosivos (FLORENZANO, 2008).

Nas figuras a seguir, estão dispostos os mapas hipsométrico (Figuras 2a) e de declividade (Figura 3b) do município de Oiapoque, seguidos da Tabela I contendo os parâmetros de fragilidade adotados na categoria de Declividade.

a) b)

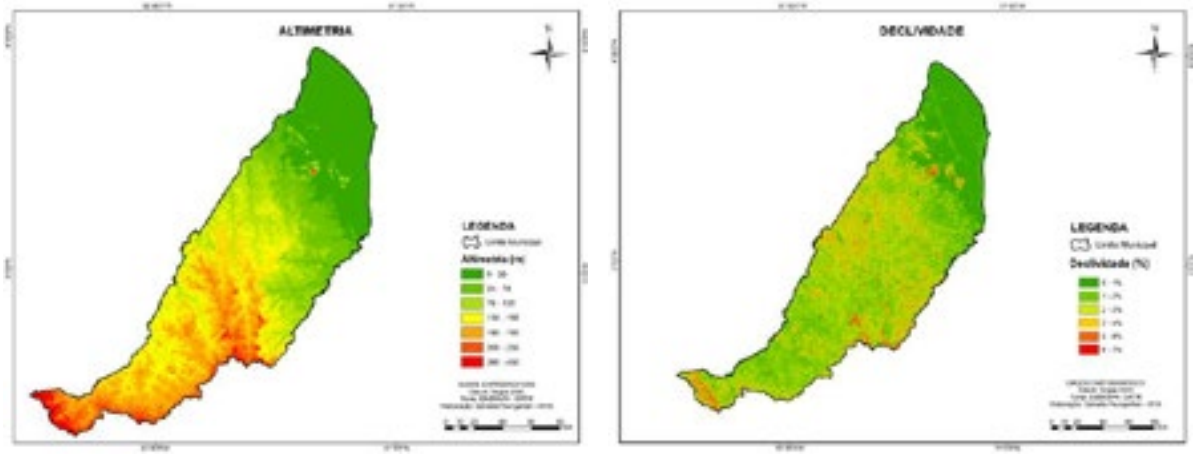


Figura 3 – a) Hipsometria e b) Declividade do Município de Oiapoque

Tabela I – Classes de declividade

Classes de Fragilidade	Classes de Declividade
1-Muito Baixa	***< 6%***
2-Baixa	6 a 12%
3- Médio	12 a 20%
4- Forte	20 a 30%
5- Muito Forte	>30%

De modo geral, quanto maior a amplitude altimétrica de uma região, maior será a sua declividade e, consequentemente, maior a vulnerabilidade à atuação dos processos erosivos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Ao avaliar as distribuições hipsométricas e de declividades, evidencia-se que as maiores classes estão presentes em sua porção sudeste e sudoeste (maiores áreas em %), enquanto as menores, a norte e noroeste.

Quanto as classes de declividades obtidas, observou-se que 80% do município apresenta valores de declividades menores que 6%. Segundo a avaliação de Ross (1994), as classes identificadas para o município indicam baixa fragilidades aos processos erosivos, sobretudo, nas porções em que ocorrem.

Segundo Dibiasi (1991), as declividades de até 5% não apresentam restrições ao uso e ocupação, indicam aptidão urbano-industrial e agrícola. No entanto, a baixa declividade, associado a outros parâmetros, podem apresentar problemas de drenagem com riscos a inundação.

4.2. Solos e vegetação

No município, destacam-se, segundo o Projeto Radam (1974) e as adaptações realizadas pelo IBGE (2003), as unidades: Latossolo, Plintossolo e Gleissolo, Argissolo e Neossolo (Figura 4a); classes de fragilidade contidas na Tabela 2. Quanto às classes vegetacionais, foram mapeadas as seguintes tipologias: Floresta Densa, Formações Pioneiras e Savanas (Figura 4b); classes de fragilidade contidas na Tabela 3.

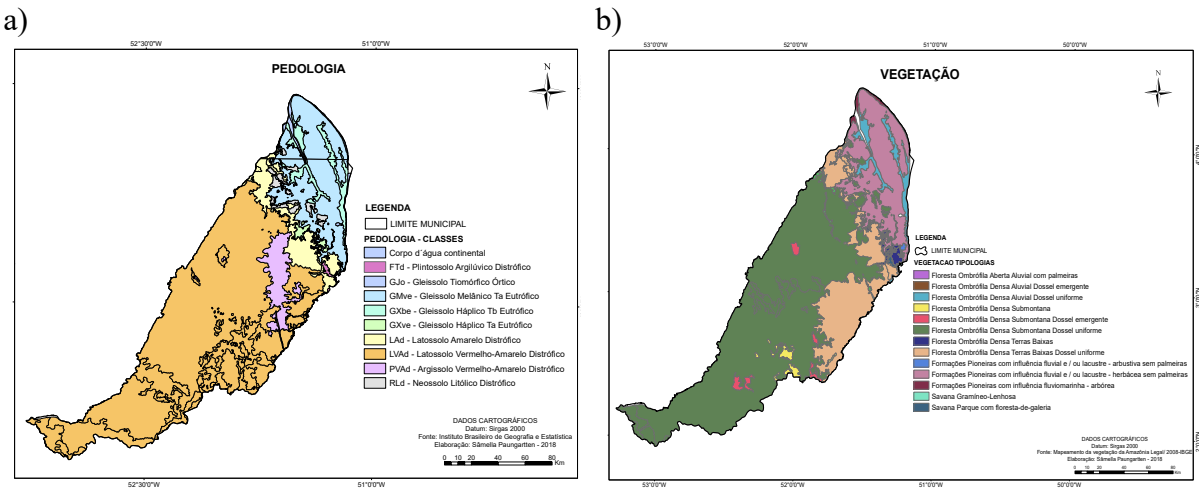


Figura 4 – a) Solos e b) Vegetação do município de Oiapoque

Como adota Ross (1994), as classes mapeadas, principalmente as de maior representatividade (Latossolo Amarelo Distrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo), apresentam um grau de fragilidade que varia de muito baixa a média.

Tabela 2- Classes de fragilidade dos solos

Classes de Fragilidade	Tipologias de Solo
1-Muito Fraca	Latossolo Roxo, ***Latossolo vermelho*** escuro e **Vermelho amarelo de** textura argilosa.
2-Fraca	***Latossolo Amarelo*** e Vermelho amarelo textura média/argilosa.
3-Média	***Latossolo Vermelho-amarelo***, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa.
4-Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, cambissolos.
5-Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Neossolo Litólicos e Areias Quartzosas.

Segundo Peres et al. (1974), os solos Latossolo Amarelo apresentam variação textural de média a muito argilosa, encontrados em terrenos dissecados-colinosos de topo aplainado e em áreas com drenagem pouco entalhada, provenientes de sedimentos argilosos e argilo

ISBN: 978-85-7282-778-2

arenosos do terciário. Neles se desenvolveu a vegetação de campo cerrado e floresta densa com capacidade de erosão que varia de não aparente a laminar ligeira.

Os solos Latossolos Vermelhos-Amarelos, são solos com perfil A, B e C poroso permeável e com estrutura pouco desenvolvida, oriundos da decomposição de granitos, gnaisses dentre outros minerais do período pré-cambriano, encontrados em superfícies de aplainamento, dissecados em colinas, com entalhes bastantes pronunciados nos vales, e também em áreas elevados com presença de relevo residual (PERES et al., 1974; AMAPÁ, 2002).

A análise da vegetação do município de Oiapoque é substancialmente representada pelas tipologias de Floresta Onbrófila Densa, conforme Figura 4b. Na interpretação de Ross (1994), esse tipo de cobertura protege o solo da ação erosiva das chuvas tornando os ambientes relativamente estáveis (classe Mata).

Desta forma, na área de estudo, segundo os parâmetros representados na Tabela 3, a distribuição da classe vegetação, concorre para a atenuação dos processos morfodinâmicos, especialmente, nas áreas cujas altimetrias e declividades são mais expressivas. Como trata-se de um município com grandes restrições de uso, devido à grande percentagem de unidades de conservação, a proteção da vegetação contribui para maior estabilidade dos seus sistemas físicos.

Tabela 3- Graus de proteção do solo segundo a cobertura vegetal

Graus de Proteção	**Tipos de Cobertura Vegetal**
1 - Muito Alto	***Mata***
2 - Alto	Reflorestamento
3 - Médio	Pastagem cultivada e em pastos naturais
4 - Baixo	Agricultura temporária, Café e Cana-de-açúcar

Fonte: Elaborado com base em ROSS (1994).

ISBN: 978-85-7282-778-2

4.3. Fragilidade ambiental

De modo geral, o município de Oiapoque apresentou características de pouca fragilidade devido à grande concentração de florestas ombrófilas. Por outro lado, a partir dos dados de vegetação e uso foi possível perceber, no mapa síntese de fragilidade ambiental (Figura 5), uma forte tendência à fragilidade na área central do município. Acredita-se que a modelagem conduzida foi influenciada pelas áreas de solo exposto, cuja fragilidade é muito alta.

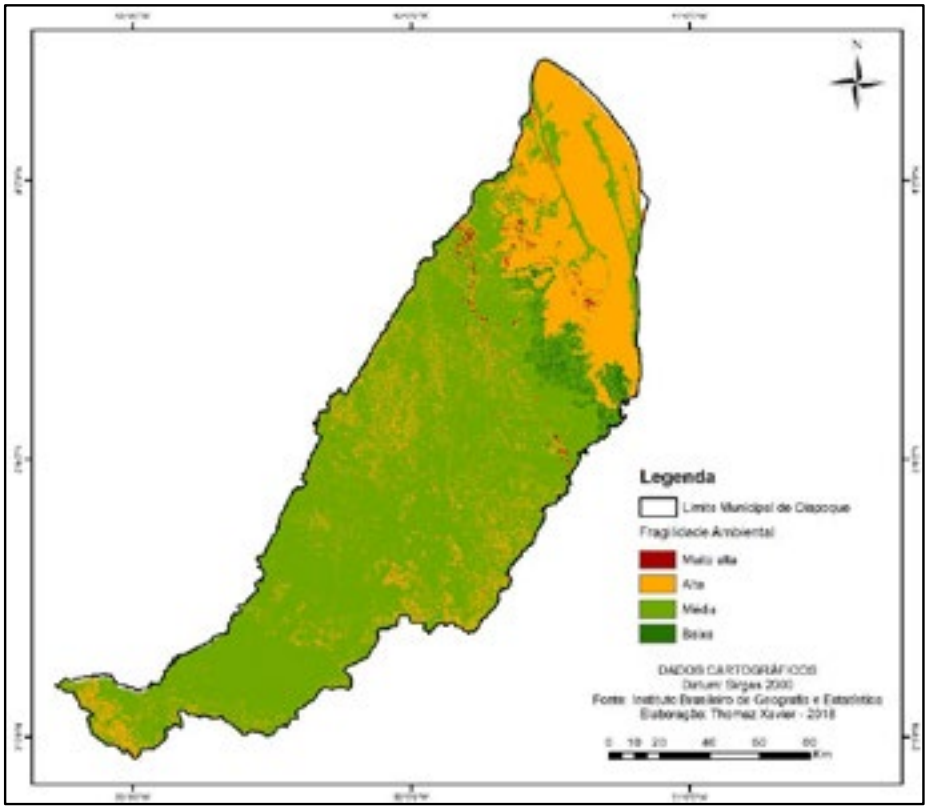


Figura 5 – Mapa de Fragilidade do Município de Oiapoque

Foram identificados quatro níveis de fragilidade em Oiapoque, sendo eles: Baixa, Média, Alta e Muito Alta, representando cerca de 4,66%, 19,11%, 74,73% e 1,50% do município, respectivamente. As classes baixa e média estão localizadas, sobretudo, em áreas de latossolo, florestas ombrófilas e baixas declividades, produzindo assim, níveis de fragilidade

ISBN: 978-85-7282-778-2

mais baixos. A classe alta (com significativa representatividade) está localizada, majoritariamente, na área da planície flúvio-marítima no extremo norte do município e nas localidades que apresentaram declividade mais expressivas. Por fim, as áreas com fragilidade ambiental muito alta circunscrevem-se, especialmente, as localidades com antropização mais intensa, independentemente de suas características físico-naturais.

5. Considerações Finais

O artigo analisou a fragilidade ambiental do município de Oiapoque através de técnicas de geoprocessamento. A produção do mapa síntese e a análise dos dados físicos no município de Oiapoque encaminha, metodologicamente, certa tendência de comportamento erosivo mediante a abordagem desenvolvida por Ross (1994). Indica-se que futuras abordagens incluam informações relacionadas às dinâmicas hidrológicas existentes no município. Analisar as fragilidades potenciais e naturais à inundação, contribuiria significativamente para uma melhor compreensão da ecodinâmica do território do município de Oiapoque.

Através da análise desenvolvida neste trabalho, espera-se ter contribuído para a produção de análises integradas que subsidiem o planejamento e a gestão do município de Oiapoque/AP, de maneira a resguardar as fragilidades inerentes a cada sistema ambiental e, por conseguinte, as vulnerabilidades sociais diante do enfrentamento de eventuais estados de riscos ambientais.

ISBN: 978-85-7282-778-2

6. Referências Bibliográficas

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**. Cidades. 2010. Disponível em: Acesso em: 23 set. 2010.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COSTA, Carlos Wilmer et al. Fragilidade ambiental e escassez hídrica em bacias hidrográficas: Manancial do Rio das Araras–Araras, SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p. 946-958, 2015.

DONHA, Annelissa G.; SOUZA, LC de P.; SUGAMOSTO, Maria L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p. 175-181, 2006.

DO AMARAL, Rosangela; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 26, p. 59-78, 2009.

FITZ, P. **Cartografia básica.** Canoas: La Salle, 45 pp., 2000.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

IEPA. **Macrodiagnóstico do Estado do Amapá**. Primeira aproximação do ZEE. Macapá: IEPA, 2ª edição, 2006.

KAWAKUBO, Fernando Shinji et al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil**, p. 16-21, 2005.

MORAIS, D.P.; MORAIS, J.D. **O Amapá em Perspectiva: Geografia do Amapá**. Macapá: Ed. JM, 2009. 80p.

NASCIMENTO, Oscarito A.; TOSTES, José A. **'Oiapoque–Aqui começa o Brasil' as perspectivas de desenvolvimento a partir da BR-156 e da Ponte Binacional entre o Amapá e a Guiana Francesa»**. In: Anais do VIII Congresso Científico da ANPPAS, Brasília. 2008.

PERES, R. et al. **Levantamento exploratório de solos da folha NA/NB.22 - Macapá.** In: BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. Projeto Radam: levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro: DNPM, v.6, 1974. 467p.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do departamento de geografia**, v. 8, p. 63-74, 2011.

SILVA, José Maria da. **A cidade de Oiapoque e as relações transacionais na fronteira Amapá-Guiana Francesa**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2005. História revista, [do Amapá].

SPRÖL, Christiane; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, n. 15, p. 39-49, 2006.

SILVA, G.V. **Observatório para o empreendedorismo sustentável e integração bilateral entre Amapá (Brasil) e Guiana Francesa (França).** Macapá: Banco da Amazônia, 2011.

_____. Oiapoque: **Potencialidades e caminhos neste século XXI**. Macapá: Editora Unifap, 2014.

VASHCHENKO, Yury; FAVARETTO, Nerilde; BIONDI, Daniela. Fragilidade ambiental nos picos Camacuã, Camapuã e Tucum, Campina Grande do Sul, PR. **Floresta**, v. 37, n. 2, 2007.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Ed. Bertrand. Rio de Janeiro, 2001.
_____. O que é Geoprocessamento? **Revista CREA RJ**, Rio de Janeiro, p. 42 - 44, 30 out. 2009.

ZHAO, Ming; LIU, Xiang. **Reprint of: Regional risk assessment for urban major hazards based on GIS geoprocessing to improve public safety**. Safety science, v. 97, p. 112-119, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GAMAESPECTRÔMETRO COMO FERRAMENTA AO CIENTISTA DO SOLO: IDENTIFICANDO O LIMITE ENTRE UM ARGISSOLO VERMELHO E UM PLANOSSOLO HÁPLICO

Hugo Machado Rodrigues [(a)], Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento [(b)], Marcos Bacis Ceddia [(c)], Gustavo Mattos Vasques [(d)], Raquel Gomes Feijó [(e)],

[(a)] Departamento de Solos, UFRRJ, rodrigues.machado.hugo@gmail.com

[(b)] Departamento de Solos, UFRRJ, carloswagner.geologia@yahoo.com

[(c)] Departamento de Solos, UFRRJ, marcosceddia@gmail.com

[(d)] Embrapa Solos, gustavo.vasques@embrapa.br

[(e)] Instituto de Agronomia, UFRRJ, raquel.raquel.rg@gmail.com

[(f)] Departamento de Solos, UFRRJ, martin_freire@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

Este trabalho teve como objetivo mapear o limite entre um PLANOSSOLO HÁPLICO e um ARGISSOLO VERMELHO utilizando um gamaespectrômetro. O estudo foi realizado na Fazendinha Agroecológica Km 47 em Seropédica-RJ. Foram abertos e descritos dois perfis do solo (PLANOSSOLO HÁPLICO e ARGISSOLO VERMELHO), sendo cada solo descrito em cada extremidade de um transecto com 70 m de comprimento. Posteriormente, passou-se o gamaespectrômetro pelo transecto, capturando as assinaturas dos elementos urânio e tório (eU e eTh, respectivamente). Em seguida, os dados foram krigados no software R e referenciados em ArcGis. Foram identificadas as maiores concentrações destes elementos em posições opostas no transecto, ainda que apresentando o mesmo ponto limite de transição, da área de maior concentração para menor concentração. A verificação por meio de tradagens na região limítrofe corroborou a identificação do limite entre os tipos de solo identificado no transecto pelo gamaespectrômetro.

Palavras chave: Gamaespectômetro, sensores proximais, proximal soil sensing, radiação, Brasil

1. Introdução

O campo da Pedologia aplicada à agricultura busca novas tecnologias para a complementar a agricultura convencional, assim como promover a agricultura de precisão. Estas tecnologias visam converter os trabalhos de campo tradicionais que são, geralmente, custosos e laboriosos em trabalhos dinâmicos, eficientes e apresentando menor tempo e menores custos (ADAMCHUK et al., 2004). Neste sentido, o gamaespectrômetro pode ser útil na exploração de diversas características do solo. A gamaespectrometria é uma técnica geofísica não invasiva utilizada para os estudos de materiais geológicos a partir da medição do decaimento radioativo dos elementos químicos K, U e Th nos 30 cm superiores da superfície da terra.

A exploração com o gamaespectrômetro está relacionada com a distribuição destes elementos químicos na natureza. De forma geral, os nucleotídeos tendem a se concentrar em solos que possuem maiores teores de argila, principalmente em relação ao tório. Isso se deve à capacidade de troca catiônica dessas partículas, adsorvendo os diversos elementos químicos, incluindo os radioativos. No caso do urânio, sua mobilidade depende das condições ambientais, tornando-se mais móvel em ambientes oxidantes e imóvel em ambientes redutores. O potássio, por outro lado, é mais móvel que os anteriores, tendendo a estar em maiores quantidades nas áreas de baixada (LIVENS; BEXTER, 1988).

No que tange o mapeamento de solos, Nascimento et al. (2004) constataram que o emprego da gamaespectrometria pode ser bastante útil na separação de solos que sejam arenosos daqueles mais argilosos. Becegato (2005) ainda salienta que ocorre correlação estatística positiva e significativa entre urânio e argila; urânio e matéria orgânica; urânio e pH; urânio e fósforo; urânio e cálcio; e urânio e magnésio.

Desta forma, visto que o tório, urânio e potássio apresentam comportamentos geoquímicos bem definidos na natureza, suas assinaturas radiométricas podem ser demarcadas em solos que apresentam características físicas contrastantes e que estão localizados em posições distintas do relevo. Assim, este trabalho propõe empregar o gamaespectrômetro com

o objetivo de identificar os limites entre dois solos descritos em um transecto de 70 metros de comprimento, sendo um PLANOSSOLO HÁPLICO na extremidade baixa, transicionando para um ARGISSOLO VERMELHO na extremidade alta, localizados na Fazendinha Agroecológica, em Seropédica-RJ. Para constatar o momento de transição de uma classe de solo para outra, realizaram-se tradagens com o trado holandês na posição de transição entre as classes de solos indicada pelo gamaespectrômetro.

2. Materiais e métodos

Este trabalho foi desenvolvido na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA) localizada em Seropédica nas coordenadas geográficas 22º 45’ S e 43º 40’30’’ W. Foram abertas duas trincheiras em dois pontos da paisagem onde foram descritos e classificados dois perfis do solo, sendo um perfil no terço médio (P3) e um no sopé da vertente (P2) (Figura 1).

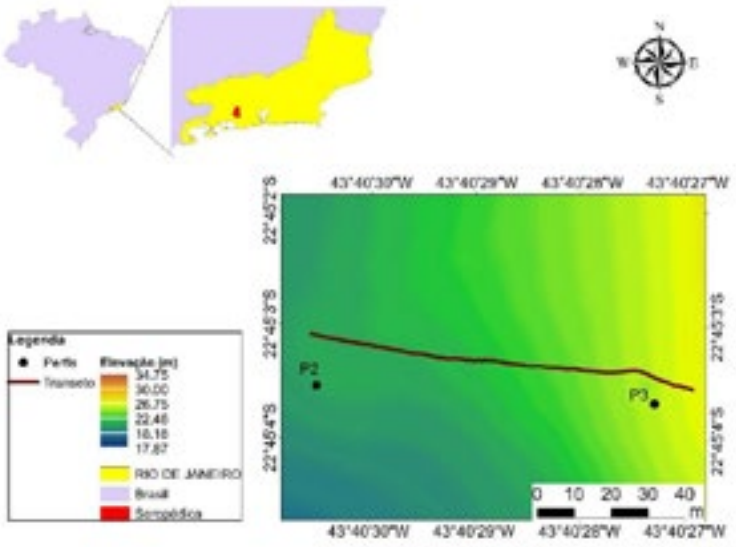


Figura 1. Mapa de localização dos perfis de solo e do transecto na área de estudo, mostrando o modelo digital de elevação do terreno no fundo.

De acordo com Silva (2001), a geologia da área é formada, principalmente, por um embasamento constituído por hornblenda-biotita gnaisse. Migmatitos e microclina-gnaisse podem aflorar como corpos intrusivos tabulares no hornblenda-biotita gnaisse. Diques ou *sills* de rocha básica com orientação preferencial NNE/SSW, ocorrem discordante à sub-concordante em relação ao bandamento principal da Unidade microclina-gnaisse.

Os perfis foram descritos e coletados seguindo as normas do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015). A análise granulométrica foi realizada em laboratório de acordo com as recomendações expressas em Donagemma et al. (2011). A classificação foi feita segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), sendo o P2 classificado como PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico arênico e o P3 como ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico nitossólico (Figura 2).

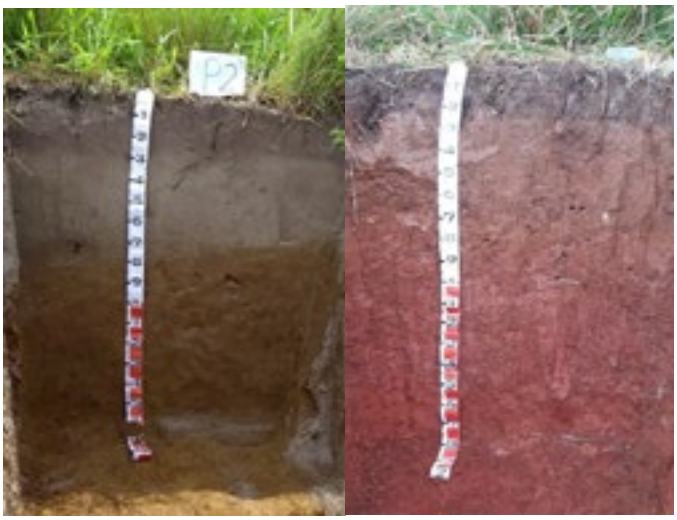


Figura 2. Perfis analisados na área de estudo. À esquerda está o PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico arênico (P2) e à direita o ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico nitossólico (P3).

Foi feito um transecto de P2 para P3, passando sobre os dois perfis com o gamaespectrômetro modelo Gamma-Ray Sensor MS 2000 (MEDUSA RADIOMETRICS, Holanda), transportado a uma altura de aproximadamente 10 cm do solo. Para validar o

momento de transição de uma classe de solo para outra, realizaram-se tradagens, com o trado holandês, especificamente onde o gamaespectrômetro indica a transição de tipos de solos.

Os dados coletados tiveram os semivariogramas ajustados e os dados posteriormente foram mapeados utilizando krigagem ordinária, ambos procedimentos realizados no software R (R Core Team; 2018). O *layout* final foi realizado no ArcGis (Esri, 2015). Somente os dados de tório e urânio foram analisados, visto que os valores das concentrações de potássio na área de estudo foram muito próximos de zero.

4. Resultados e discussões

No caso do Planossolo Háplico (P2), as profundidades e as análises granulométricas dos horizontes estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela I. Profundidades e texturas dos horizontes do Planossolo Háplico (P2).

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia	Argila
A	0-8	809	99
AE	8-22	876	43
E	22-69	831	92
BE	69-92	564	388
Bt1	92-133	441	443
Bt2	133-155^{+}	513	367

Este solo tem nos primeiros três horizontes uma matriz tipicamente arenosa, com menos de 100 g.kg^{-1} de argila. Além disso, percebe-se a presença da mudança textural abrupta que ocorre na passagem do horizonte E para o BE, com um aumento de cerca de 4 vezes de argila em BE.

Para os dados do Argissolo Vermelho (P3), os dados morfológicos e físicos estão expressos na Tabela 2.

Tabela II. Profundidades e texturas dos horizontes do Argissolo Vermelho (P3).

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia	Argila
A	0-10	544	307
AB	10-26	568	260

BA	26-48	486	349
Bt1	48-65	482	396
Bt2	65-86	421	421
Bt3	86-108	212	657

Este solo apresenta os teores de argila mais altos desde a superfície. Uma implicação relacionada a estes altos teores refere-se à maior capacidade de troca catiônica (CTC) neste solo, comparado ao Planossolo em que prevalece a fração areia (menor CTC) (DANIELS et al., 1988).

Após os dados de tório e urânio serem coletados, foram realizados testes geoestatísticos no software R para se obter um semivariograma teórico com a finalidade de krigar os valores das concentrações destes elementos. O semivariograma da concentração de Th está amostrado na Figura 3.

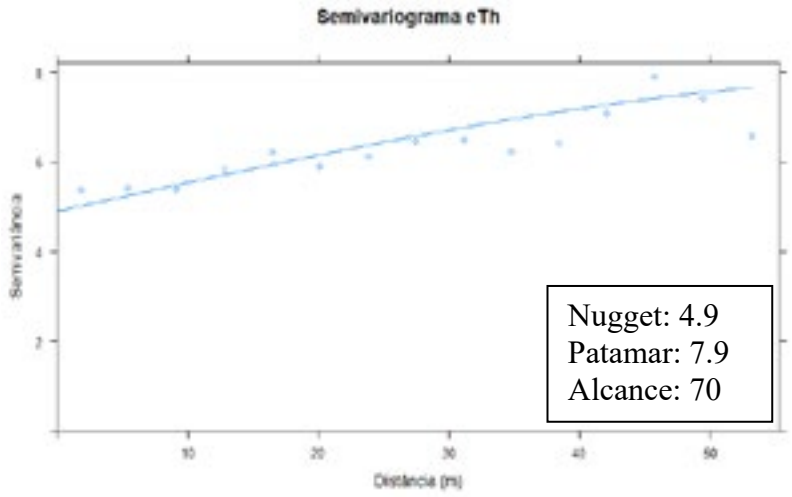


Figura 3. Semivariograma teórico ajustado do eTh.

O mapeamento do tório no formato de transecto é apresentado na Figura 4. De acordo com o mapa gerado, as maiores concentrações de eTh foram encontradas na região alta do

transecto, enquanto que as menores concentrações foram detectadas na parte baixa. Na área mais alta está o campo do Argissolo Vermelho. Como foi visto na Tabela 2, este solo apresenta maiores quantidades dos teores de argila ao longo do perfil, quando comparado ao Planossolo. As altas quantidades de argila favorecem o acúmulo dos nucleotídeos menos móveis, como é o caso do tório e seus átomos filhos. Isso acontece porque o tório é imóvel por estar fortemente adsorvido nas partículas coloidais do solo, como na argila (DICKSON; SCOTT, 1997) e na matéria orgânica (DOWDALL; O'DEA, 2002).

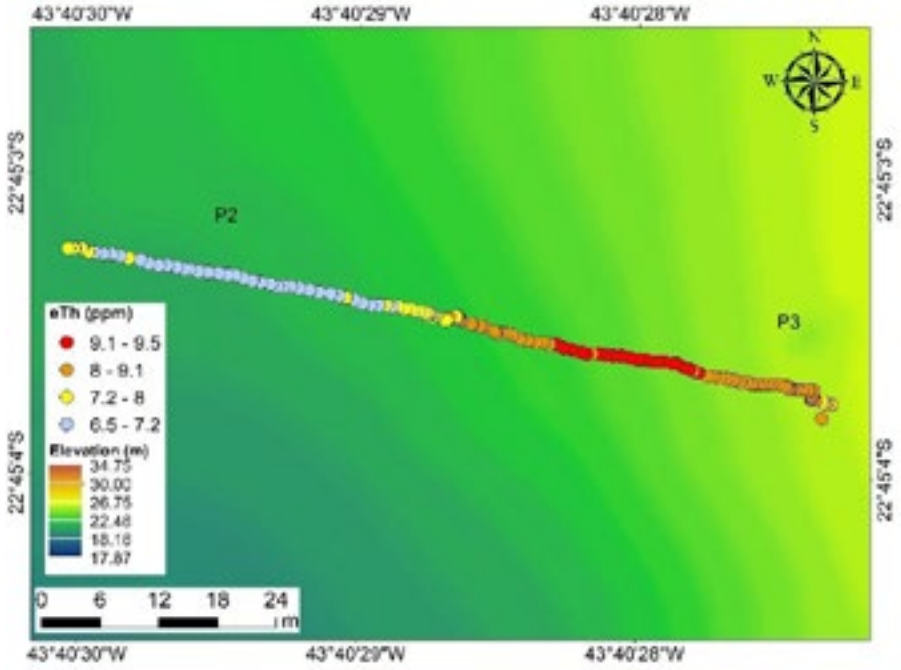


Figura 4: Mapa interpolado do tório em formato de transecto.

Esse fenômeno é normalmente verificado em solos de origem autóctone, onde há maior influência de minerais resistatos que apresentam, em sua constituição, o elemento tório (assim como urânio) devido ao material de origem (IAEA, 1979). São caracterizados como minerais resistatos àqueles que são resistentes ao intemperismo, como o zircão, a monazita e a allanita. Esses minerais, além de serem resistatos, também são considerados pesados, pois sua alta

densidade impede que os agentes erosivos e transportadores os carreguem facilmente para áreas de deposição de sedimentos.

Como o tório é um elemento praticamente imóvel, este elemento tende a ficar posicionado na paisagem onde esses minerais são originalmente formados. Assim, a concentração do tório torna-se um bom indicador na identificação de solos autóctones. Também, como consequência, solos com maiores quantidades de tório tendem a estar posicionados nas regiões mais altas da paisagem onde a deposição de sedimentos não é fator principal na pedogênese nestas posições da paisagem (WEIHERMANN et al., 2016).

Da mesma forma que o tório, as concentrações de urânio também foram interpoladas utilizando krigagem ordinária após o ajuste do semivariograma. Sendo assim, o semivariograma do urânio está apresentado na Figura 5.

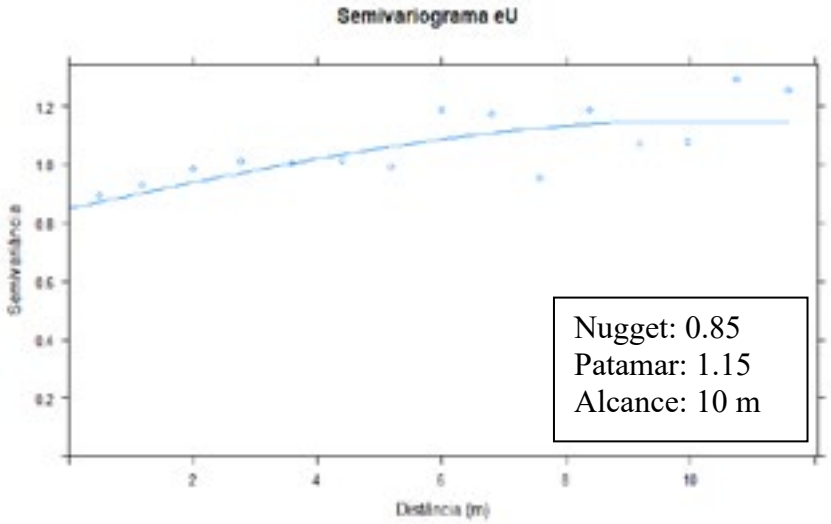


Figura 5: Semivariograma empírico e ajustado do urânio equivalente

Diferente da distribuição do eTh, as concentrações de eU foram maiores na região mais baixa do terreno (Figura 6). A região mais baixa do transecto marca o campo de ocorrência do Planossolo. Este solo possui características redutoras em sua pedogênese, o que favorece o acúmulo de urânio nesta área.

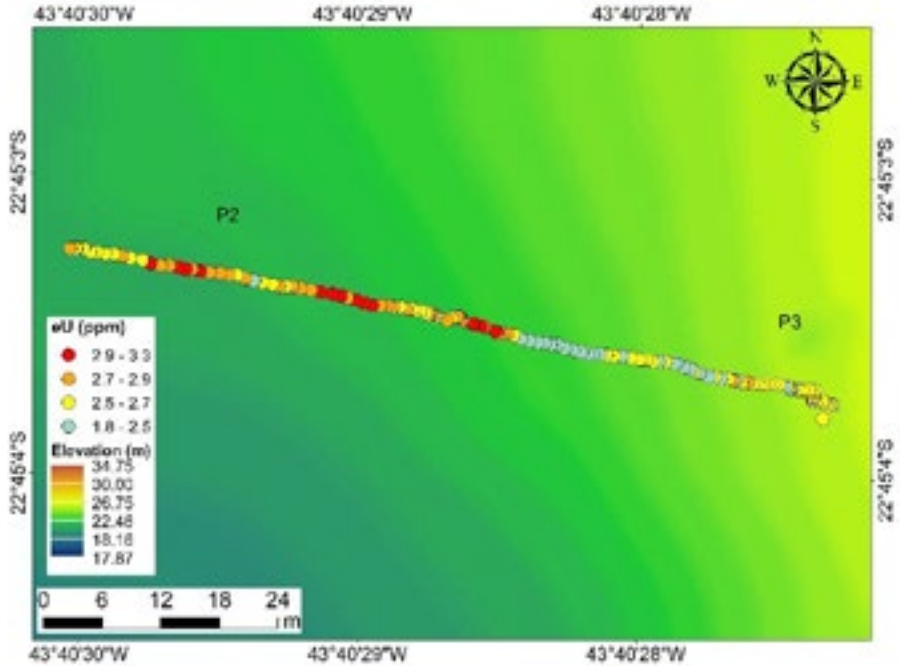


Figura 6**:** Mapa interpolado do urânio em formato de transecto.

Isso acontece porque, apesar do urânio provir de minerais resistatos, este elemento tem mobilidade em condições oxidantes (na forma de íon U^{+6}), o que favorece seu deslocamento por agentes transportadores das regiões mais altas para mais baixas da paisagem. Nas regiões mais baixas torna-se imobilizado quando depositado em ambiente redutor (passando para o íon U^{+4}) (DICKSON; SCOTT, 1997).

Comparando-se os mapas de eTh e eU mostrados nas Figuras 4 e 6, respectivamente, percebe-se que a relação inversa entre as distribuições dos elementos radioativos sinalizou, claramente, o limite de ocorrência entre esses solos em uma região comum no transecto. Tradagens confirmaram a mudança entre ambas as classes devido à rápida mudança textural em superfície (avaliada pelo método expedito) na posição indicada pelas leituras das radioatividades (Figura 7).

Figura 7**:** Tradagem do ponto de transição das classes de solo (foto da esquerda) e verificação pelo pesquisador (foto da direita).

5. Considerações finais

As análises comparativas entre as concentrações krigadas de tório e urânio no transecto foram úteis na determinação de uma faixa nítida onde ocorre a transição da zona do Planossolo para a do Argissolo, confirmada com tradagens localizadas nesta mesma faixa.

Constata-se, assim, que o gamaespectrômetro é uma ferramenta útil na delimitação dos limites entre classes de solos que apresentam características físicas contrastantes, principalmente quando estão localizadas em posições distintas do relevo.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

7. Referências Bibliográficas

ADAMCHUK, V. I.; HUMMEL, J. W.; MORGAN, M. T.; UPADHYAYA, S. K. On-the-go soil sensors for precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S.l.], v. 44, p. 71–91, 2004.

BECEGATO, V.A. **Aplicação de técnicas geofísicas e geoquímicas em duas glebas agrícolas do noroeste do Paraná e suas relações com fertilizantes fosfatados**. 2005. 198 f. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Federal do Paraná, Paraná, 2005.

DANIELS, D.J.; GUNTON, D.J.; SCOTT, H.F. Introduction to subsurface radar. **IEE Proc**, [S.l.], v. 135, p. 278-320, 1988.

DICKSON, B. L.; SCOTT, K. M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. **Journal of Australian Geology & Geophysics**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 187-200, 1997.

DONAGEMMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

DOWDALL, M.; O'DEA, J. $^{226}Ra/^{238}U$ disequilibrium in an upland organic soil exhibiting elevated natural radioactivity. **Journal of Environmental Radioactivity**, [S.l.], v. 59, p. 91-104, 2002.

ESRI. **ArcGIS Desktop**: Release 10.5 Redlands. California: Environmental Systems Research Institute, 2015

HANSEN D. A. **Geological Applications Manual for Portable Gamma Ray Spectrometers**. Toronto: Exploranium G. S. Limited, 1975. 87 p

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Gamma-ray surveys in uranium exploration**. Vienna, 1979. 91p.

LIVENS, F. R.; BAXTER, M. S. Particle size and radionuclide levels in some west soils. **The Science of the Total Environment**, [S.l.], v. 70, p.1-17, 1988.

MAHMOOD, H. S.; HOOGMOED, W. B.; VAN HENTEN, E. J. Proximal Gamma-Ray Spectroscopy to Predict Soil Properties Using Windows and Full-Spectrum Analysis Methods. **Sensors**, [S.l.], v. 13, p. 16263-16280, 2013.

MINTY, B.R.S. Fundamentals of airborne gamma-ray spectrometry. **Journal of Australian Geology & Geophysics**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 39-50, 1997.

NASCIMENTO, C. T.; PIRES, A. C. B.; MORAES, R. A. V. Reconhecimento de solos por meio de resistividade elétrica e radiação gama. **Revista Brasileira de Geociências**, [S.l.], v. 34, n. 3, p. 383-392, 2004.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2018.

SANTOS, H. G.; JACOMINE P. K. T.; ANJOS L. H. C.; OLIVEIRA V. A.; LUMBRERAS J. F.; COELHO M. R.; ALMEIDA J. A.; FILHO J. C. A.; OLIVEIRA J. B.; CUNHA T. J. F.; **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. DF: Embrapa, 2018. 356 p.

S. R. DAVID; SANTOS H. G.; KER J. C.; ANJOS L. H. C.; SHIMIZU S. H. **Manual de descrição e coletas de solos no campo**. 7.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

SILVA, L. C. **Geologia do Estado do Rio de Janeiro**. CPRM, DRM/RJ, 2001. 79p.

WEIHERMANN, J. D. ; FERREIRA, F. J. F. ; CURY, L. F. ; DA SILVEIRA, C.T. Gamma-ray spectrometry application for mass movements of the Paranaguá Terrane, southern Brazil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, VII., 2016, Ouro Preto. **Anais**... [S.l.]: [s.n.]. 6p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESTUDO DA CONECTIVIDADE INDIRETA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DO RELEVO

Valteir Vieira Marques[(a)], Bruna Henrique Sacramento [(b)], Roberto Wagner Lourenço [(c)]

Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Matemática Ambiental/Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, Universidade Estadual Paulista, [(a)] vmarques@ambraambiental.com.br, [(b)] bruna.sacramento@unesp.br, [(c)] roberto.lourenco@unesp.br.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Diversos aspectos condicionam diferentes níveis de fragilidade no ambiente. O sistema viário é uma variável sobre a fragilidade ambiental, de origem antrópica. O objetivo do estudo foi associar a Fragilidade Ambiental à conectividade hidrológica do escoamento superficial indireto em uma bacia hidrográfica localizada no oeste do Estado de São Paulo. Foram elaborados Mapas de Fragilidade da Declividade, Solos, Potencial e Emergente, além de Mapa de Grau de Proteção do Uso do Solo. A Fragilidade Emergente foi relacionada com a Conectividade Indireta do Escoamento Superficial para gerar a Fragilidade Ambiental da Drenagem. Quando relacionada à Conectividade Indireta do Escoamento Superficial, 32,79% da bacia hidrográfica foi classificada com grau de Fragilidade Emergente forte. Os resultados foram obtidos de maneira eficiente e podem ser utilizados para gestão de bacias hidrográficas.

Palavras chave: fragilidade ambiental, bacia hidrográfica, rede de drenagem, geotecnologias.

1. Introdução

Das fases do ciclo hidrológico, talvez seja o escoamento superficial um dos mais importantes processos, por ser a fase que trata da ocorrência e transporte da água na superfície terrestre, os quais estão ligados ao aproveitamento da água superficial e à proteção dos solos contra os fenômenos provocados pelo seu deslocamento. Normalmente ocorre quando as pequenas depressões do solo são preenchidas pela água da chuva, a taxa de infiltração excedida e a capacidade de retenção da vegetação ultrapassada, neste cenário começa a ocorrer o escoamento superficial. Inicialmente, formam-se pequenos filetes que escoam sobre a superfície do solo até se juntarem em corredeiras, canais e rios. O escoamento ocorre sempre de um ponto mais alto para outro mais baixo, sempre das regiões mais altas para as regiões mais baixas até o mar (FIENER; AUERSWALD; VAN OOST, 2011; SCHULTZ, 2013; ALDER et al. 2015).

A distância do escoamento superficial à rede de drenagem é um importante atributo de conectividade hidrológica entre as áreas de produção de sedimentos e a rede de drenagem por apresentarem condições típicas à erosão superficial e ao assoreamento das águas superficiais. Considerando-se a fragilidade da dinâmica da rede hidrográfica e das estradas e talvegues, é possivel estabelecer áreas sujeitas direta e indiretamente à erosão superficial (CARVALHO; DAVID, 2011; VIGIAK et al. 2012; PIRANI; MOUSAVI, 2016).

Neste sentido, este trabalho apresenta um estudo que utiliza a metodologia da Fragilidade Ambiental (ROSS, 1994) associada à conectividade hidrológica do escoamento superficial indireto em uma bacia hidrográfica localizada no oeste do Estado de São Paulo.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibu-Mirim, localizada inteiramente no municipio de Sorocaba, oeste do Estado de São Paulo (Figura 1). Destaca-se que o rio principal contribui com aproximadamente 7,5% do abastecimento de água do município, sendo um dos principais afluentes da margem direita do Rio Sorocaba, o que atesta sua importância no contexto local e regional.

ISBN: 978-85-7282-778-2

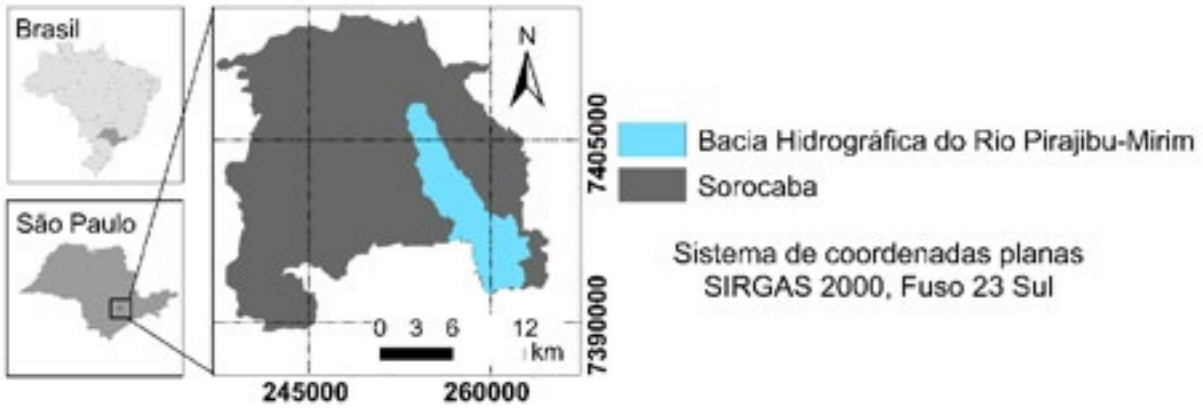


Figura 1 – Localização da área de estudo

2.2. Métodos

2.2.1. Mapeamento da Fragilidade Potencial

O Mapa de Fragilidade Potencial foi elaborado utilizando informações da declividade e dos solos da área estudada (ROSS, 1994), sobrepostos com ponderação de 80% e 20%, respectivamente.

A declividade foi obtida a partir de um Modelo Digital de Terreno – MDT e classificada em 5 intervalos, aos quais foram atribuídos graus de fragilidade de acordo com sua inclinação (Tabela 1).

Tabela 1 – Fragilidade de acordo com as classes de declividade.

Declividade (%)	Grau de fragilidade
< 6	Muito fraca
6 – 12	Fraca
12 – 20	Média
20 – 30	Forte
> 30	Muito forte

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

O Mapa de Solos foi elaborado segundo o método que emprega a análise estatística dos histogramas de frequência do MDT e da declividade, que juntamente com o conhecimento pedológico e levantamentos de campo, permite definir limites entre diferentes classes de solo (HERMUCHE et al., 2002).

ISBN: 978-85-7282-778-2

2.2.2. Mapeamento da Fragilidade Emergente

A Fragilidade Emergente foi obtida da sobreposição com pesos iguais (50%) do Mapa de Fragilidade Potencial com o Mapa Grau de Proteção de Uso do Solo e Cobertura Vegetal, cuja classificação (Tabela 2) foi aplicada sobre o mapeamento realizado através da interpretação visual (FITZ, 2008) sobre ortofotos do sobrevoo 2010/2011 e posteriores observações em campo para validação e retificações.

Tabela 2 – Graus de proteção do Uso do Solo e Cobertura Vegetal.

Grau de proteção	**Tipo de Uso do Solo e Cobertura Vegetal**
Muito fraca	Residencial
	Solo exposto
	Industrial
	Comércio e serviços
	Equipamentos públicos
Fraca	Sedes rurais e chácaras
	Clubes e áreas de lazer
	Culturas temporárias
Média	Pastagens
	Reflorestamentos
	Gramados urbanos
	Culturas permanentes
Forte	Vegetação est. pioneiro
Muito Forte	Veg. est. inicial a avançado
	Áreas de várzea
	Espelhos d'água

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

2.2.3. Determinação da Conectividade do Escoamento Superficial em relação à drenagem

A partir do MDT e da rede de drenagem, foram gerados Mapas de Distância do Escoamento Superficial à Drenagem. Primeiramente, essa distância foi calculada com a drenagem estendida, a qual considera a hidrografia, sistema viário, valas e drenos artificiais. Em seguida, essa distância foi calculada com relação à denominada drenagem simplificada, a qual considera apenas a hidrografia referente aos rios, lagos e represas. Então, as medidas de distâncias do escoamento superficial às drenagens estendida e simplificada foram tabuladas e as distâncias entre o fluxo e os canais de drenagem classificadas em 5 intervalos de graus de fragilidade - quanto mais próximo da rede

ISBN: 978-85-7282-778-2

drenagem, maior o grau de fragilidade, resultando no Mapa de Conectividade do Escoamento Superficial (ArcGIS 10.0, 2012; SAGA QGIS 3.0.0, 2016).

2.2.4. Determinação da Fragilidade Ambiental segundo a Drenagem

Finalmente, da associação do Mapa de Conectividade do Escoamento Superficial com a Fragilidade Emergente foi gerada a Fragilidade Ambiental da Drenagem no ArcGIS 10.0 (ESRI, 2012), conforme os fatores de ponderação da Tabela 3, no qual quanto maior a distância do fluxo do escoamento superficial e menor a fragilidade emergente, menor a Fragilidade Ambiental da Drenagem.

Tabela 3 – Fatores de peso adotado na Fragilidade Ambiental da Drenagem.

Fator de multiplicação das classes de distância de fluxo	Fator de multiplicação das classes de fragilidade emergente
0,50	0,50
0,60	0,40
0,70	0,30
0,80	0,20
0,90	0,10

A partir dos produtos cartográficos procedeu-se ao trabalho de campo, para verificação e levantamento de informações que serviram para a validação do modelo de análise proposto.

3. Resultados e discussões

3.1. Mapeamento da Fragilidade Potencial

A Tabela 4 mostra os parâmetros relacionados ao mapeamento da Fragilidade Potencial e a Figura 2 os respectivos mapas.

Tabela 4 – Áreas percentuais em relação aos graus de fragilidade de declividade, solos e fragilidade potencial.

	Declividade (A)		Solos (B)		Fragilidade Potencial (C)
Grau de fragilidade	**Classe (%)**	**Área (%)**	**Classe**	**Área (%)**	**Área (%)**
Muito fraca	< 6	15,88	-	-	1,42
Fraca	6 – 12	21,21	-	-	34,81
Média	12 – 20	22,67	Latossolos	2,13	23,54
Forte	20 – 30	16,61	Argissolos	76,65	16,61
Muito forte	> 30	23,62	Neossolos e Gleissolos	21,22	23,62

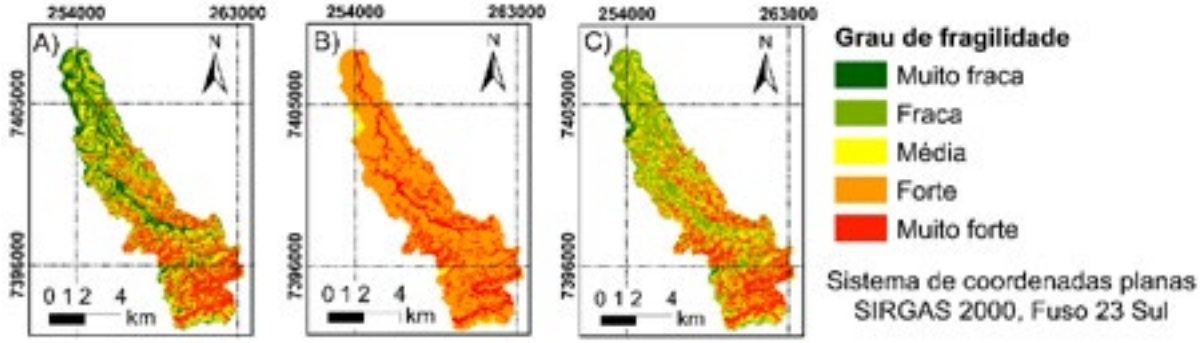


Figura 2 – Fragilidade relacionada à classes de declividade (A), classes de solo (B); e Mapa de Fragilidade Potencial (C).

Com relação à declividade, áreas com fragilidade forte e muito forte totalizaram 40,24% da área de estudo, indicando que a declividade é um importante fator no processso hidrológico da bacia hidrográfica. Quanto aos solos, foram delimitados como predominates os Argissolos (aproximadamente 76% da área), os quais normalmente estão associados solos rasos arenosos, de textura média ou argilosos no horizonte mais superficial, propícios também a alto escoamento superficial e processos erosivos (IAC, 2014).

Quanto à fragilidade potencial, as classes com baixa fragilidade concentram-se nas partes centro-norte da bacia, enquanto na transição do centro-sul predominam as classes de forte fragilidade potencial. De acordo com Tricart (1997) e IBGE (2009), locais com elevadas declividades e solos

ISBN: 978-85-7282-778-2

rasos arenosos são muito suscetíveis a processos erosivos, que conferem fragilidade ambiental a uma localidade.

3.2. Mapeamento da Fragilidade Emergente

A Tabela 5 mostra os parâmetros do Mapa de Uso do Solo e Cobertura Vegetal classificados segundo os graus de proteção para geração do Mapa de Fragilidade Emergente, e a Figura 3.A-B os respectivos mapas.

Tabela 6 – Áreas percentuais em relação aos graus de proteção uso do solo e cobertura vegetal e graus de fragilidade emergente.

Grau de proteção/fragilidade	**Uso do Solo e Cobertura Vegetal**		**Fragilidade Emergente**
	Classes	**Área (%)**	**Área (%)**
Muito fraca	Residencial, solo exposto, industrial, comércio e serviços, equipamentos públicos	10,32	0,22
Fraca	Sedes rurais e chácaras, clubes e áreas de lazer, culturas temporárias	9,55	16,19
Média	Pastagens, reflorestamentos, gramados urbanos, culturas permanentes	41,49	52,42
Forte	Vegetação est. pioneiro	5,34	28,67
Muito Forte	Vegetação est. Inicial a avançado, áreas de várzea, espelhos d'água	33,3	2,50

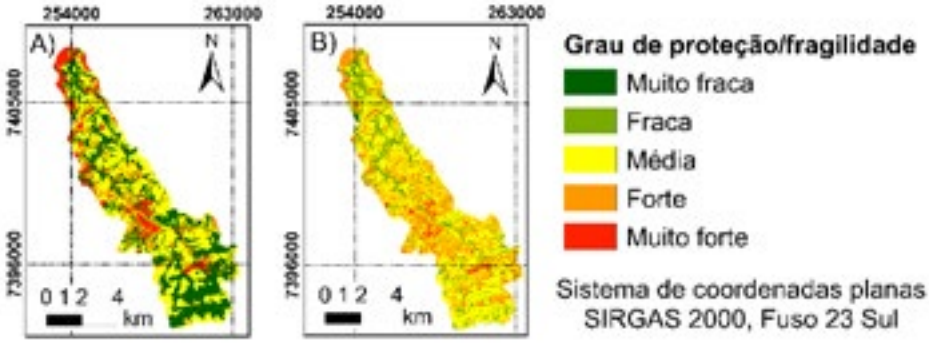


Figura 3 – Mapa do Grau de Proteção do Uso do Solo e Cobertura Vegetal (A) e Grau de Fragilidade Emergente (B).

A bacia hidrográfica apresenta 38,64% de áreas com alto grau de proteção (forte a muito forte), onde segundo campanhas de campo foram observados os principais remanescentes de vegetação da área estudo, além disso, foram observadas altas declividades, e em sua maioria sem qualquer prática conservacionista, foram classificados com grau médio de proteção.

3.3. Determinação da Conectividade do Escoamento Superficial em relação à drenagem

Na Figura 4.A-B, tem-se locais por onde o fluxo do escoamento superficial pode ser concentrado durante as precipitações, intensificando processos erosivos e facilitando a conexão no transporte de sedimentos e poluentes (SÃO PAULO, 1999; ALDER et al., 2015). Comparando as Figuras 4.A e 4.B, observa-se uma concentração de áreas com distâncias menores ao escoamento superficial, em maior parte provocadas pelo sistema viário, o que em tese aumenta o grau de fragilidade segundo o escoamento superficial (Figura 4.C). O sistema viário favorece a vulnerabilidade aos processos erosivos e transporte de sedimentos para a rede hidrográfica (ALDER et al., 2015).

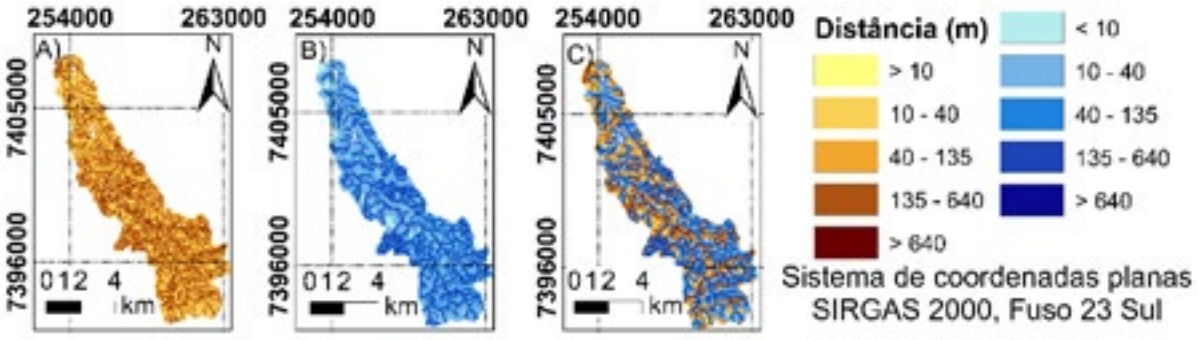


Figura 4 – Mapas de Distância do Escoamento Superficial à Drenagem Estendida (A), à Drenagem Simplificada (B) e Mapa da Conectividade do Escoamento Superficial (C).

Na Figura 4.C, Mapa de Conectividade do Escoamento Superficial, onde é apresentada as áreas diretamente e indiretamente conectadas classificadas de acordo com a distância do escoamento superficial, pode-se afirmar que em relação ao escoamento superficial este tem atingido rede hidrográfica de forma direta ou indireta em aproximadamente 42,22% da bacia hidrográfica, com fluxos conectados concentrado especialmente no sistema viário, podendo levar a severos danos erosivos e de assoreamento da rede hidrográfica.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3.4. Determinação da Fragilidade Ambiental segundo a Drenagem

O Mapa da Fragilidade Ambiental da Drenagem, gerado da associação do Mapa de Conectividade do Escoamento Superficial com a Fragilidade Emergente conforme a ponderação da Tabela 3, é mostrado na Figura 5.

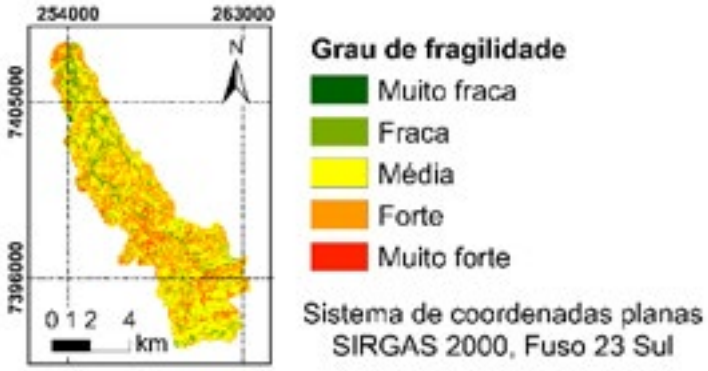


Figura 5 – Fragilidade Ambiental da Drenagem da área de estudo.

O Mapa da Fragilidade Ambiental da Drenagem, após comparação com observações de campo, mostrou-se bastante condizente com a paisagem atual. Na região norte da área, as extensas áreas de reflorestamento e vegetação nativa apresentam alta fragilidade pela presença de estradas e caminhos internos observados no local. Do centro-sul da bacia hidrográfica, nota-se forte influência da expansão urbana e quantidade relevante de construções de pequenas propriedades, que favorecem os processos erosivos contribuindo com o carreamento de sedimentos para os cursos d'água.

A metodologia com a inclusão da conectividade resultante do sistema viário (Figura 6), demonstra a forte influência sobre o escoamento superficial, facilitando o acúmulo e transporte de sedimentos (SÃO PAULO, 1999; ALDER et al., 2015).

ISBN: 978-85-7282-778-2

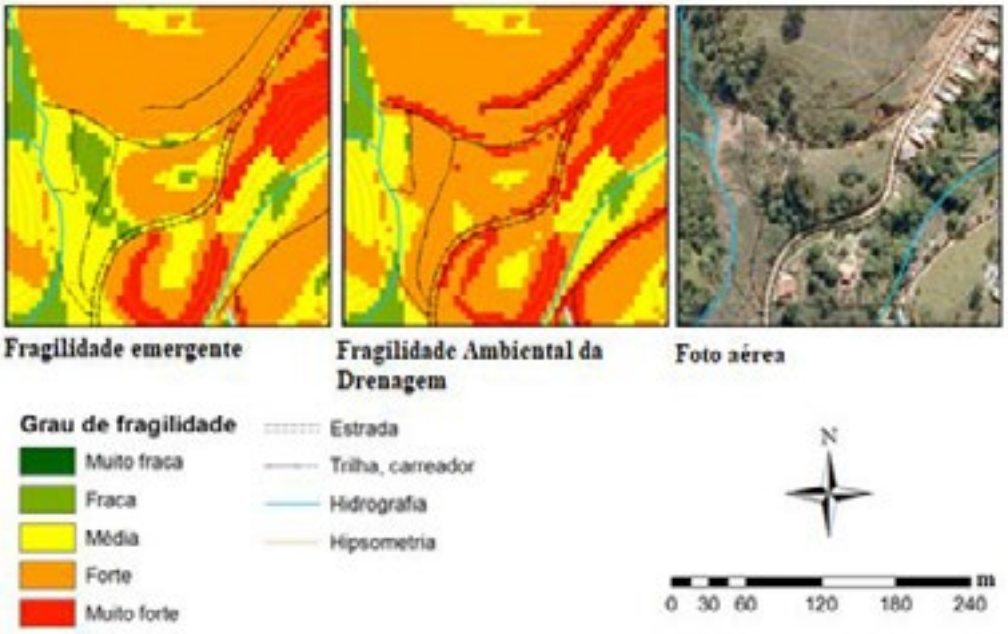


Figura 6 – Comparação da fragilidade emergente com a fragilidade ambiental da drenagem.

4. Considerações finais

O produto cartográfico obtido demonstrou-se adequado à representação do grau de fragilidade dos sistemas naturais diante das intervenções antrópicas, por considerar relações com o escoamento superficial, dado principalmente pela capacidade de representar a fragilidade emergente associada à produção de sedimentos em estruturas lineares, especialmente do sistema viário.

Por meio das técnicas empregadas foi possível alcançar resultados de maneira eficiente, ágil e confiável sobre a fragilidade ambiental na área de estudo, os quais podem ser replicados e utilizados como subsídio à gestão de bacias hidrográficas de outras áreas, requerendo apenas detalhado reconhecimento de campo, para que os pesos de cada parâmetro seja ajustado a situação recorrente.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências bibliográficas

ADAMI, S. F. et al. Environmental fragility and susceptibility mapping using geographic information systems: applicaions on Ribeirão do Pinhal watershed (Limeira, State of São Paulo). **Acta Scietiarum, Technology**, v. 34, n. 4, p. 433-440, 2012.

ALDER, S. et al. A high-resolution map of direct and indirect connectivity of erosion risk áreas to surface waters in Switzerland: A risk assessment tool for planning and policy-making. **Land Use Policy Journal**, v 48, p. 236-249, 2015.

BAHR, G. C.; CARVALHO, S. M. Identificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do arroio Uvaranal, como subsídio ao projeto de expansão urbana de Telêmaco Borba – PR. **RA'EGA**, v. 26, p. 157-181, 2012.

CARVALHO, A.; DAVID, C. Políticas públicas para o campo e desenvolvimento rural sustentável. **GeoUERJ**, v. 1, n. 22, 2011.

ESRI – Environmental Systems Research Institute, **ArcGIS for Desktop**. Versão 10.0. Redlands: ESRI, 2012.

FIENER, P; AUERSWALD, K; VAN OOST, K. Spatio-temporal patterns in land use and management affecting surface runoff response of agricultural catchments – a review. **Earth-Science Reviews**, v. 106, p. 92-104, 2011.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 1. ed, 2008.

GOLVEIA, R. G. L. et al. Análise da fragilidade ambiental na bacia do rio Queima-Pé, Tangará da Serra, MT. **Pesquisa em geociências**, v.42, n. 2, p. 131-140, 2015.

HERMUCHE, P. M. et al. **Morfometria como suporte para elaboração de mapas pedológicos**: I. Bacias hidrográficas assimétricas. Planaltina, DF, Embrapa Cerrados, 25 p., 2002.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS – IAC. **Argissolos**. In: Solos do estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/solossp/pdf/Argissolos.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2 ed, 2009. 182 p. (Manuais Técnicos de Geociências, 5).

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: A história de uma procura. 2. ed., São Paulo/SP, Contexto, 125 p., 2001.

MOORE, I. D et al. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**. v. 57, p. 443-452, 1993.

PIRANI, F. J.; MOUSAVI, S. A. Integrating socio-economic and biophysical data to enhance watershed management and planning. **Journal of Hydrology**, v. 540, p. 727-735, 2016.

PONÇANO, W. L. et al. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo** – Monografias 5. Nota explicativa. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT. v. 1, n. 1183, 126 p., 1981.

QGIS. **SAGA GIS**. Versão 3.0.0. 2016.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo/SP, DG-FFLCH-USP, n. 8, p. 63-74, 1994.

SANTOS, C. L.; GIRÃO, O. A teoria geossistêmica na pesquisa geomorfológica: uma abordagem teórico-conceitual. **Revista Geográfica de América Central**, n. 55, p. 49-65, 2015.

SÃO PAULO: Comitê Coordenador do Plano Estadual de Recursos Hídricos. **Relatório de situação dos recursos hídricos do Estado de São Paulo**. 1999. 128 p.

SCHULTZ, G. B. **Avaliação do processo de produção de sedimentos em um trecho de estrada não pavimentada**. Curitiba, 2013. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Terra) – Universidade Federal do Paraná.

SEMA - SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE (Município de Sorocaba). **Plano Diretor Ambiental de Sorocaba**. Sorocaba, 2011. Disponível em: <http://meioambiente.sorocaba.sp.gov.br/gestaoambiental/plano-diretor-ambiental-de-sorocaba/>. Acesso em: 01 out. de 2018.

SOUZA, G. O. C. Uso da cartografia no setor público: Geoprocessamento como tomada de decisão. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, Volume Especial Cartogeo, p. 180-202, 2014.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977. 97 p.

VASCONCELOS, V. et al. Sistema de classificação geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas: árvore de decisão e classificador espectral, no Parque Nacional Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 2, p. 171-186, 2012.

VIGIAK, O. et al. Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio. **Geomorphology**. V. 138, p. 74-88, 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO MAPEAMENTO DA COBERTURA DA TERRA E DO POTENCIAL EROSIVO DA BACIA HIDROGRAFICA DO RIO MANIÇOBA, SUB BACIA DO RIO IPOJUCA, SANHARÓ/PE

Ana Cláudia Almeida Calado [(a)], Cristiana Coutinho Duarte [(b)]

[(a)] PPGEC, Universidade Federal de Pernambuco, claudiacallado9@gmail.com
[(b)] DCG/ Universidade Federal de Pernambuco, crisdat@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A interferência no ambiente ocorre de forma dinâmica, para identificar e tentar compreender tais transformações é necessário fazer uso de tecnologias que possam abarcar tais estudos. O presente trabalho, realizou o mapeamento da cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Maniçoba, localizado na bacia leiteira do Agreste pernambucano. Utilizou-se o algoritmo da máxima verossimilhança, que possibilitou a classificação de quatro classes da cobertura da terra. Notou-se que o tipo de uso e cobertura, associado a declividade estavam diretamente relacionadas a tipos de processos erosivos.

Palavras chave: Agreste Pernambucano; Cobertura da terra; Geoprocessamento.

1. Introdução

A Bacia Hidrográfica ou Bacia de Drenagem é uma porção do território formada por um conjunto de sub bacias hidrográficas, que drenam as águas precipitadas e sedimentos ao longo de seus canais, concentrando-se em uma mesma saída (GUERRA & CUNHA, 2001). É vista como um sistema natural bem delimitado, do qual pode-se ter uma percepção das interações do meio físico (clima, relevo, vegetação, dentre outros), e antrópico, relacionando com as formas de uso (como recurso, produção, descarte de resíduos, por exemplo). Em estudos ambientais, ela é um dos pontos chaves do estudo, na compreensão das interações naturais e antrópicas.

Tureta (2011) ao tratar do uso da terra em bacias hidrográficas, afirma que "é sobre o território definido como bacia hidrográfica que se desenvolvem as relações sociais e ecológicas" e que "todos os espaços estão inseridos na bacia hidrográfica". Com isso, os usos que o homem faz em determinados

territórios influem direta ou indiretamente na bacia hidrográfica, e muitas vezes, suas ações sobre a cobertura vegetal, relevo e cursos d'água geram degradações desses ambientes.

A remoção da cobertura vegetal tem como consequência a diminuição da capacidade de infiltração da água no solo, e o aumento do escoamento superficial. Portanto a diminuição da densidade da cobertura vegetal é acompanhada pelo decréscimo da infiltração" (COELHO NETTO, 2001). O solo desprotegido facilita o escoamento e com isso processos erosivos e aumento do transporte de cargas de sedimentos para os canais de drenagem.

Seguindo uma visão de bacia hidrográfica enquanto sistema, o Geoprocessamento (Sensoriamento Remoto, Fotogrametria, Sistema de Informações Geográficas) surge como uma ótima ferramenta para coleta, análise, integração e apresentação dos dadados geoespaciais, por meio da modelagem das interações do mundo real no ambiente computacional.

O Sensoriamento Remoto (SR) consiste no "uso de sensores de radiação eletromagnética (REM) para registrar imagens que podem ser interpretadas para fornecer informação útil sobre o ambiente" (CURRAN,1985 apud SOUZA, 2010). Não necessita do contato direto com o alvo, uma vez que realiza a interpretação dos comportamentos espectrais, ou seja, observando a interação da radiação eletromagnética com os objetos (vegetação, solo, água e etc.). Essas informações podem ser analisadas e processadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os SIGs por sua vez são ferramentas especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais, além de integrar dados, como, posicionamento espacial de determinado objeto ou área espacial a partir de coordenadas geográficas, geologia, solos, drenagem, dentre outros (BURROUGH, 1986 e MEDEIROS, 1998), sendo assim tais informações são de grande utilidade na análise ambiental, análise da paisagem, tendo como unidade de análise a bacia hidrográfica. Os mapas de uso e cobertura da terra, gerados por interpretação de imagens de satélite e processados em softwares de Sensoriamento Remoto ou de SIG consiste num dos principais produtos gerado pelas citadas ferramentas que são de extrema importância nas análises ambientais. O uso e ocupação da terra para Santos (2004) demonstra como as atividades humanas estão se desenvolvendo no ambiente, podendo apresentar quadros de pressão e impactos sobre os elementos naturais.

O Agreste Pernambucano tem como principal característica a vegetação de transição com espécies representantes da mata úmida, na porção mais oriental, e da mata seca e espinhosa do Sertão na porção ocidental, localizando-se dentro dos limites do bioma caatinga. Foi uma das últimas regiões do estado a ser ocupada, tendo a pecuária como primeira atividade econômica e que perdura, em grande parte, até os dias atuais.

De acordo com Nogueira & Simões (2009) a partir do século XVII iniciava-se a exploração da pecuária no semiárido brasileiro. O avanço de tal atividade intensificou o processo de degradação da vegetação da caatinga e em conjunto com a agricultura vem transformando a paisagem do semiárido ao longo do tempo.

A bacia hidrográfica do Rio Maniçoba, a qual é objeto de estudo da presente pesquisa, é uma sub bacia do Rio Ipojuca, e localiza-se predominantemente no município de Sanharó, pertencente ao Agreste Pernambucano. Aquela bacia possui uma grande importância para o município, pois comporta duas barragens (barragem de Jenipapo e barragem do Sapato), que são utilizadas para o abastecimento da população local através da COMPESA, como também para a pecuária local.

Devido a referida importância para o município, com demandas crescentes, a bacia do rio Maniçoba vem passando por constantes processos de degradação ambiental, como retirada da vegetação natural para o cultivo de pastagens e o pisoteio do gado resultando em assoreamento dos rios. Assim, surge o interesse e a necessidade de se conhecer os problemas da supracitada bacia, com a finalidade de buscar soluções para mitigar os impactos causados a drenagem. Para tanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise da relação entre o uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Maniçoba, município de Sanharó, Pernambuco, e os processos erosivos, no momento atual, utilizando-se para isso técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento.

1.1 Localização e breve caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Maniçoba ocupa uma área de 84,34 km². É uma sub bacia do rio Ipojuca, localizada no município de Sanharó/PE (Figura 1), entre as coordenadas geográficas 08°21’38” Latitude Sul e 36°33’56” Longitude Oeste, a 198,2km da capital pernambucana, Recife, e insere-se na região de desenvolvimento Agreste Central, bacia leiteira de Pernambuco.

ISBN: 978-85-7282-778-2

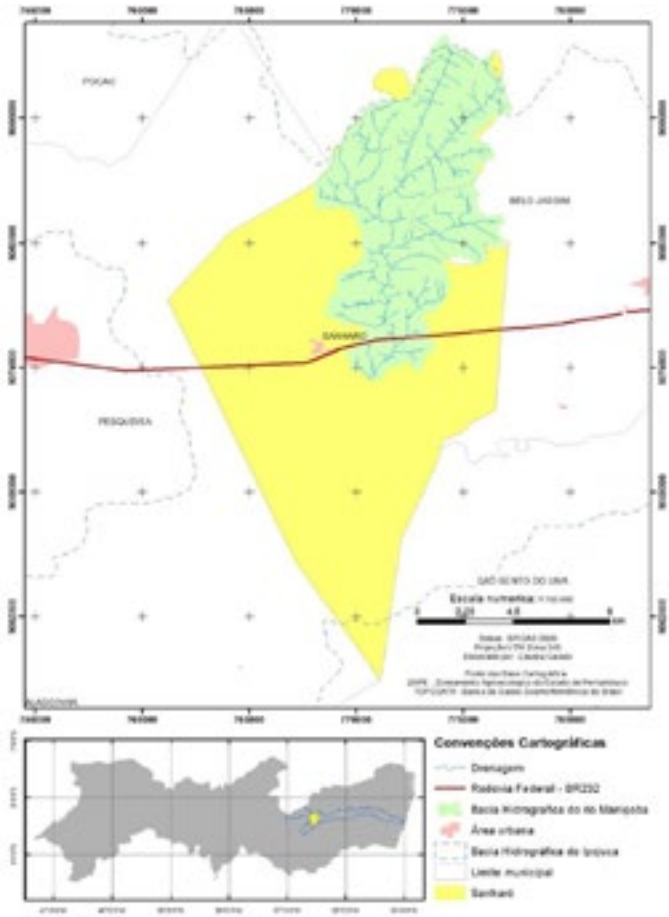


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Maniçoba, no município de Sanharó-PE

A área de estudo apresenta uma precipitação média anual de 700 a 850mm e temperatura máxima anual variando entre 28,1 a 28,8ºC e mínima de 15,6 a 19,0ºC (PAQUEREAU & DUARTE, *no prelo*, 2018, cap. 3, p. 20-22). O relevo é bastante sinuoso no alto curso da bacia, apresentando pouca sinuosidade no seu baixo curso. Destacam-se os solos Podizólicos e Litólicos no alto curso e parte do médio, os Planossolos são destaque no médio e baixo curso.

Os representantes florestais são formações do tipo subcaducifólia, conhecida como "mata-seca" (Andrade Lima, 1960 apud ZAPE, 2000, p.49) e formação de floresta caducifólia. A vegetação na bacia apresenta-se bastante devastada, dificultando a identificação em campo (ZAPE, 2000, p. 51).

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e Métodos

2.1. Materiais

A metodologia utilizada nesse trabalho voltou-se ao mapeamento do uso e cobertura da terra e sua relação com a intensificação/diminuição dos processos erosivos. Assim, para o mapeamento do uso foi adquirida imagem de satélite LANDSAT-8, sensor "OLI", órbita 215, ponto 066, com resolução espacial de 30 metros, datada de 19 de novembro de 2017, projetada em coordenadas geodésicas "World Geodetic System - WGS 1984", fornecida no catálogo de imagens do INPE.

As imagens foram selecionadas a partir da menor presença de nuvens, sendo admitido até 35% (PRADO, et al. 2007). As bases de dados vetoriais foram extraídas a partir do processamento do Modelo Digital de Elevação – MDE, folha número 08S375ZN, disponível em formato GeoTiff, com resolução espacial de 30m, fornecida pelo projeto TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, para extração do limite da bacia hidrográfica, e para os demais dados vetoriais, foram utilizados dados do Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco - ZAPE.

2.2. Processamento das Imagens de Satélite

A imagem LANDSAT-8 foi processada no *software* ArcGIS 10.1(software privado/licenciado da Universidade Federal de Pernambuco). Foram trabalhadas as bandas multiespectrais com resolução de 30m, na composição colorida 6(R)5 (G)4(B) falsa cor (sendo a banda 4 – vermelho visível, 5 – 6 – infravermelho médio/ISWIR), essas bandas espectrais são utilizadas porque permite a visualização diferenciada do comportamento da vegetação (JENSEN, 1983 *apud* KAWAKUBO, [ca. 2013]). As imagens foram georreferenciadas no Datum SIRGAS 2000, reprojetadas para o sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator – UTM, Fuso 24 Sul, na escala 1:100.000. Foram utilizados vetores para correção geométrica e a correção atmosférica seguiu metodologias estabelecidas para as imagens Landsat-8, disponibilizadas no site do Serviço Geológico Americano (USGS).

Através da ferramenta *Training Sample Manager,* no *software* ArcGIS 10.1, a qual cria amostras de treinamento e arquivos de assinatura espectrais, foram coletadas 30 amostras para cada classe e com a ferramenta *Maximum Likelihood classification* realizou-se a classificação supervisionada em quatro classes: vegetação (vegetação com densidade de alta a média), vegetação arbustiva ou herbácea e solo exposto, e para corpos d'agua foram apenas 8 amostragens por falta de massas d'agua visíveis na imagem. Para definição das classes mapeadas e as áreas utilizadas nas amostras de treinamento, foi

necessário um conhecimento prévio da área representada da imagem, feito por meio de visitas a campo e da utilização das imagens temporais do *Google Earth Pro*.

A partir do MDE, foi possível extrair a delimitação da bacia hidrográfica, drenagem, curvatura da encosta e declividade, neste último seguiu-se a metodologia desenvolvida pela EMBRAPA (1979), que é dada em porcentagem, utilizando o software ArcGIS 10.1 para o processamento dos dados. A declividade é extraída com o algoritmo Slope, o cálculo é embasado nos valores altimétricos dos pixels adjacentes do MDE, a equação para obtenção do valor da declividade faz relação "base/altura" do pixel central (DUNN; HICKEY, 1998 apud SANTOS et al. 2017). Após a extração da declividade, foi possível reclassificá-la em porcentagem, seguindo a classificação metodológica adotada pela EMBRAPA. Da qual os intervalos foram dados em porcentagens: de 0 – 3 refere-se ao relevo plano; de 3 – 8 suave ondulado; de 8 – 20 ondulado; de 20 – 45 forte-ondulado; de 45 – 75 montanhoso e acima de >75 forte-montanhoso.

Os dados pedológicos foram obtidos a partir do banco de dados do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE (EMBRAPA, 2001) na escala de 1:100.000.

2.3. Relação entre os tipos de uso e o potencial de erosão do solo

Para estabelecer uma relação entre os diversos tipos de uso e cobertura do solo identificados e o desencadeamento de processos erosivos fez-se uma sobreposição no ambiente SIG entre as classes de cobertura da terra e as classes de declividade e unidades de mapeamento de solos. Por meio de uma análise qualitativa identificou-se as áreas com maior potencial erosivo da bacia hidrográfica do Rio Maniçoba.

3. Resultados e Discussões

O resultado da classificação supervisionada foi satisfatório para uma análise simplificada do atual cenário da bacia. A classificação focou na cobertura da terra, dividindo-se em três níveis: Vegetação densa, para mata densa de caatinga; vegetação arbustiva, para vegetação arbustivas esparsa, e solo exposto, para áreas com pouca ou nenhuma cobertura e massa de água (figura 2). O tipo de classe "vegetação densa" foi encontrada predominantemente nos topos das serras e em suas vertentes mais declivosas. Esse índice foi o segundo com maior extensão territorial, cobrindo uma área de 21,7km²

(25,76%), esse fato está diretamente ligado a declividade, portando, o difícil acesso implica na menor procura pelo uso dessa área e uma maior preservação dessa cobertura.

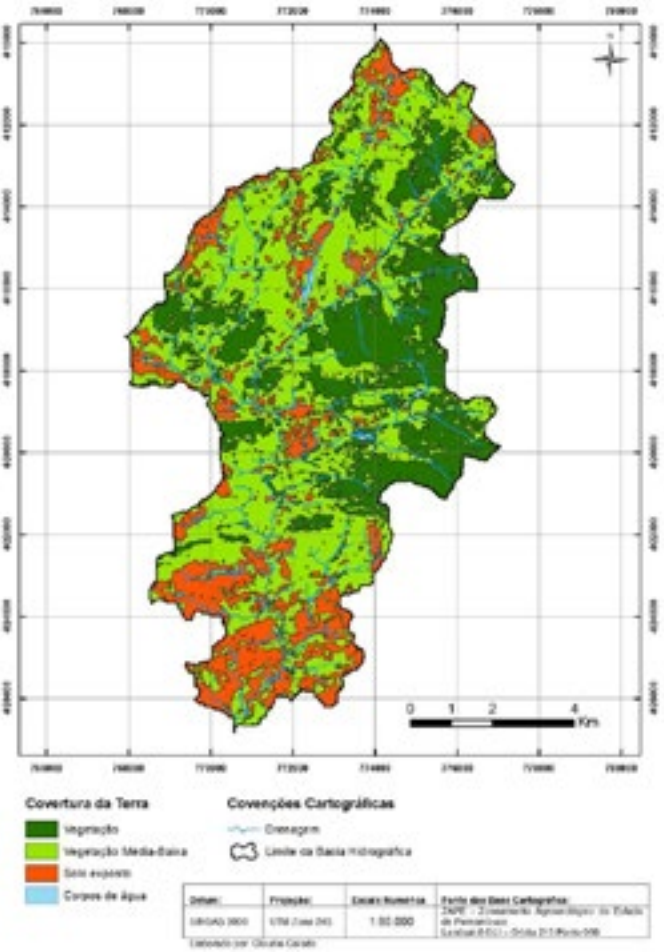
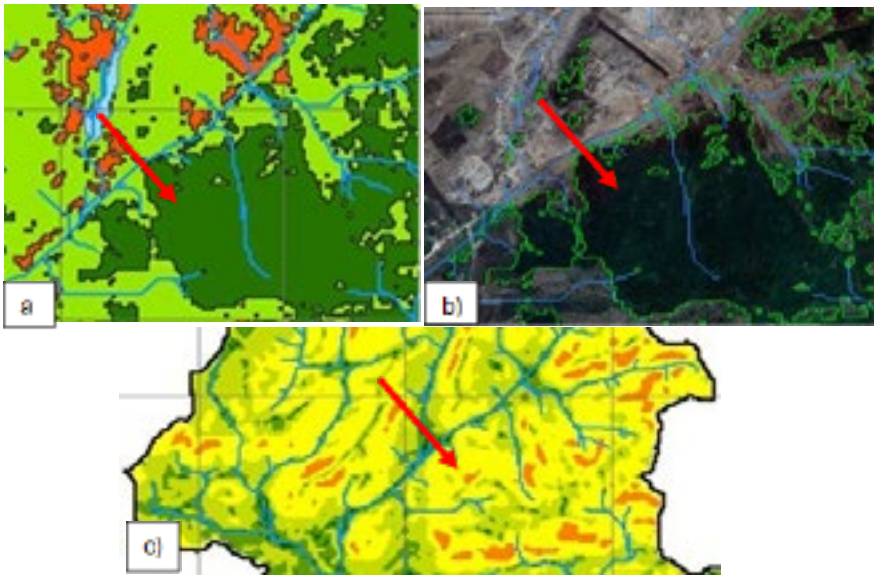


Figura 2 – Mapa de cobertura da terra.

A figura 3 mostra no recorte **a)** a classificação que foi obtida através da classificação da imagem (a seta indica a primeira classe). Em seguida, o recorte **b)** mostra uma imagem de outubro de 2017 (Google Earth Pro), na mesma área, porém apenas com os limites das classes). Nesse período a região passava por um longo período de seca, mas mesmo assim dá para perceber na imagem que a classificação conseguiu chegar próximo do real, onde a área com maior cobertura está sobre uma declividade forte-ondula. E por fim o recorte **c)** traz a declividade em graus, segundo a classificação da Embrapa.

A segunda classe "vegetação arbustiva ou herbácea" foi amplamente encontrada na bacia, desde as áreas aplainadas até encostas mais declivosas, de acordo com os dados obtidos a partir do mapeamento da cobertura, a área soma 47,29km² (56,08%). O uso do solo para a pecuária é bastante acentuado, nas proximidades do distrito de Jenipapo, no alto curso do rio Maniçoba, existindo criação suína, bovina e pastagem. Além da pecuária nesse trecho, também se encontram algumas pequenas plantações da agricultura familiar.



CLASSIFICAÇÃO DE DECLIVIDADE

	Declividade (%)	Relevo	Área (m)	Área (%)
1	0 – 3	PLANO	82174403	23,075
2	3 – 8	SUAVE ONDULADO	82175343	23,076
3	8 – 20	ONDULADO	67991336	19,093
4	20 – 45	FORTE-ONDULADO	62429893	17,531
5	45 – 75	MONTANHOSO	61324936	17,221
6	>75	FORTE MONTANHOSO	9404	0,002
Total			356105315	100

Figura 3 – Comparação da classe Vegetação com uma imagem do Google Earth Pro e declividade da área.

A terceira classe "solo exposto" teve 15,07km² (17,87%), destacando-se principalmente no final do médio curso e em todo o baixo curso, nessas áreas a declividade é pouco acentuada. De acordo com a classificação de declividade da EMBRAPA, a área tem predominantemente um relevo que vai do plano ao suave ondulado, juntos somam 46,14% da área. Na figura 4 observa-se que nas áreas que possui uma grande representação do solo exposto, tem como característica uma declividade mais suave.

Essa área possui um grande uso para fins pecuários. Nas visitas a campo a criação bovina esteve bastante presente em todos os trechos, já agricultura, possui maior evidência no médio e alto curso, por serem áreas com maior disponibilidade hídrica. A quarta classe "corpos d'água" não ganhou tanto destaque na classificação. Os trechos da bacia que tiveram maior destaque da massa d'água foram alguns açudes/reservatórios do médio e alto curso, por possuírem maior extensão da lâmina d'água, sendo assim, maior representação espectral.

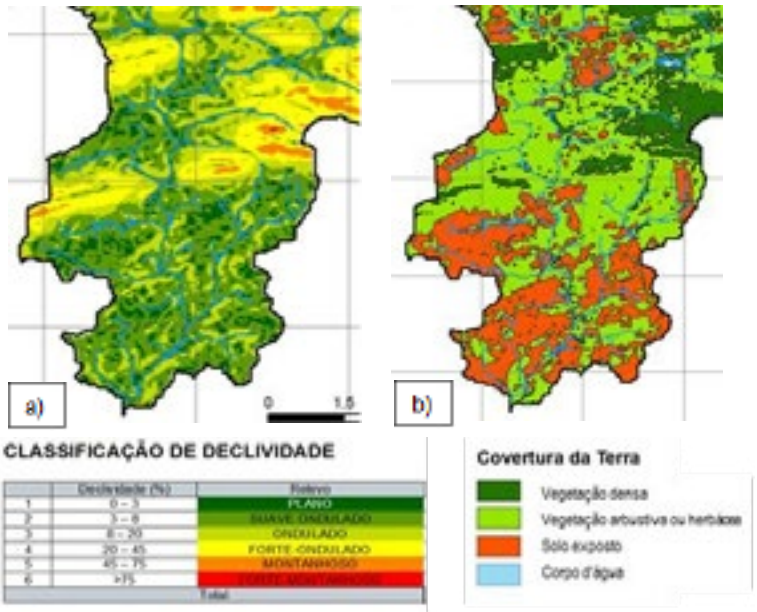


Figura 4 – Relação entre o mapa de cobertura da terra e a declividade. Na imagem **a)** refere-se a declividade do médio e o baixo curso da drenagem, apresentando principalmente um relevo suave ondulado, e na imagem **b)** uma amostra do mapa de cobertura da terra, onde a classe solo exposto, em laranja, está bastante evidente no baixo curso da drenagem.

A vegetação das encostas encontra-se bastante alterada, como consequência, ao ocorrer uma forte precipitação, somando ao clima semiárido, e com a falta de uma cobertura vegetal adequada, a remoção das partículas de solo e de matéria orgânica ocorrerão com maior facilidade, depositando-se na base do relevo. Nos topos das serras/morro encontram-se uma vegetação mais arbórea, nessas áreas, as erosões tendem a ser de menor impacto, pois a cobertura vegetal, funciona como um amortecedor da força exercida pelas gotas de chuva sobre o solo. A cobertura desses ambientes, além da vegetação natural, encontra-se também troncos, folhas, dentre outros componentes biológicos que formam a

serrapilheira, essa camada tem como umas das funções evitar erosões e lixiviação do solo, pois serve como uma das camadas protetoras do solo.

Os processos erosivos tendem a ocorrer com maior intensidade nas classes de vegetação arbustiva-herbácea e solo exposto, sua intensidade, dependerá de outros fatores, como a declividade, tipo de solo, e uso que está sendo dado a área. Essas áreas apresentam com destaque relevos ondulados e forte ondulado.

No entanto, as formas de uso em alguns trechos da bacia mostraram ações antrópicas que causaram maiores efeitos no assoreamento dos canais do rio, devido a necessidade de armazenamento de água, para produção animal, alguns produtores projetam pequenos barramentos, que são um tipo de descontinuidade do fluxo. Esses barramentos por serem mal estruturados não suportam um alto volume de massa d'água, rompendo-se logo após um evento de precipitação intensa, transportando uma carga sedimentar que se depositam nos canais em sequência. As consequências em bacias do semiárido são difíceis de avaliar, visto que são poucos estudos voltados para esse tipo de análise, principalmente no semiárido brasileiro.

6. Considerações

Com base na análise dos resultados conclui-se com apresente pesquisa que as áreas que estão passando por pressões sobre sua vegetação merecem uma atenção, não só dos que fazem parte da bacia, como também, da gestão pública e produtores que utilizam os potenciais da bacia para fins econômicos e de consumo.

A pesquisa chegou ao resultado das áreas com tendências a erosões, baseadas na inclinação das vertentes, seu tipo de cobertura e o uso dado a área. O uso e cobertura da terra em áreas com declividades mais acentuadas, relevos ondulado e forte-ondulado necessitam de uma atenção, por serem áreas com tendências a erosão, e em clima semiárido pode potencializar os processos. O conhecimento prévio dá área estudada foi fundamental a analise, principalmente nesse diagnóstico inicial, onde constatou que áreas mais declivosas da bacia tendem a ter uma cobertura vegetal mais preservada devido à dificuldade de se ocupação, diferindo das áreas com menor declive.

Houve limitações na produção de resultados, visto que a qualidade da imagem de matricial de 30m para identificação da cobertura do solo deixou a desejar, principalmente no quesito corpos d'água,

pois a resolução do pixel não atende a necessidade, principalmente se o objetivo do trabalho final for a geração de dados espaciais com escala de planejamento no semiárido. Nesse caso é de suma importância que o dado matricial, seja ele para interpretação de imagem, sensoriamento remoto ou produção de dados topográficos, possuam uma imagem com maior resolução, e com erro GSD (relação entre a altura de voo e o nível de detalhamento do terreno) mínimo possível.

5. Referências Bibliográficas

ALVARENGA, A. S. & MORAES, M. F. Utilização de imagens LANDSAT – 8 para caracterização da cobertura vegetal. 2014. Disponível em: < http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/> acesso em agosto 2018.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. Geomorfologia uma Atualização de Bases e Conceitos. Organização: Antônio José Teixeira Guerra e Sandra Baptista da Cunha. – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

Câmara, G.; Ortiz, M.J. "Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral". In: Souza E SILVA,M., "Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento", cap. 2, pp.59-88. Lavras, UFLA/SBEA, 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1)

EMBRAPA; GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária. Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE. Pernambuco: Documentos nº35. CD-ROM, 2001.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Geomorfologia: Uma Atualidade de Bases e Conceitos – 4ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p 93 – 144.

KAWAKUBO, F. S. Sensoriamento remoto aplicado a geografia: Comportamento espectral dos objetos. USP [s.d]. Disponível em: <

https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2197878/mod_resource/content/1/Aula4SR.pdf > acesso em: jan. 2018.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M.; PEREIRA, M. N. Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica de contribuição para o reservatório de Barra Bonita - SP. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 127-135, ago. 2007. Disponível em: < https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148419/1/305-864-1-PB.pdf > acesso em novembro de 2017.

PAQUEREAU, B.; DUARTE, C. C. Indicação Geográfica: Caracterização e Delimitação do Território (Terroir) de Produção do Queijo de Coalho de Pernambuco. Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP-OS) - Recife, PE, 2018. No prelo, cap. 3, p. 20-22.

SANTOS, R. L. R.; MELO, D. H. C. T. B.; ROVANI, F. M. Decifrando a ferramenta SLOPE com arquivo raster (MDE) no no ArcGIS. Revista MundoGEO. Curitiba: MundoGEO, ano 19, n. 82, jul. 2017. (Conteúdo Complementar, on-line). Disponível em: < http://mundogeo.com/blog/2017/07/26/artigo-decifrando-a-ferramenta-slope-com-arquivo-raster-mde-no-arcgis/>. Acesso em: 28 jul. 2017.

SANTOS, R. F. dos. Planejamento Ambiental: Teoria e Pratica – Indicadores Ambientais e Planejamento. São Paulo – SP. Oficina de Texto, 2004.

SOUZA, R. B. de. Sensoriamento Remoto: conceitos fundamentais e plataformas – Central Regional Sul de Pesquisas Espaciais – CRS / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Santa Maria – RS, 2010. Disponível em: < http://www3.inpe.br/crs/crectealc/pdf/ronald_ceos.pdf> acesso em: Jan. 2018.

TURETTA, A. P. D. Mudanças de uso da terra em bacias hidrográficas — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. Disponível em: < https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/87953/1/DOC-139-Mudancas-Uso-Terra-BH.pdf> acesso em outubro, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOPROCESSAMENTO APLICADO À ANÁLISE DAS MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO DOMINGOS (GO) NOS ANOS DE 1997 E 2017.

Ana Elisa de Lima Oliveira[a], Pâmela Camila Assis[b], Maximiliano Bayer[c]

[a] Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), anaelisaalima@outlook.com.
[b] Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), pamela.assis1994@gmail.com.
[c] Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Universidade Federal de Goiás (UFG), maxbayer@ufg.br.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As paisagens são constantemente modificadas pelo homem, que causa grandes impactos à natureza quando substitui áreas de vegetação por outros tipos de uso do solo, como pastagem e agricultura. No Cerrado goiano essas mudanças aconteceram rapidamente e sem planejamento, causando sérios desequilíbrios ambientais. Desta forma, este trabalho buscou analisar as mudanças no uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio São Domingos, num período de vinte anos (1997 a 2017), através do uso de instrumentos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, de forma a auxiliar no manejo sustentável dos recursos naturais e no planejamento do uso das terras nesta bacia. Os resultados mostraram que há predominância da classe pastagem sobre as demais classes e que houve um aumento, de cerca de 23%, das áreas voltadas para o cultivo agrícola nesse intervalo de vinte anos na bacia hidrográfica do Rio São Domingos.

Palavras chave: Bacia Hidrográfica; Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto; Uso e Cobertura do Solo

1. Introdução

Para Coelho *et al* (2014, p. 64) "as ações antrópicas têm gerado grandes impactos nas paisagens através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal. Neste sentido, a cartografia das mudanças de uso e ocupação do solo à escala das bacias hidrográficas é importante para poder quantificar as superfícies de pastagens, vegetação, culturas agrícolas e de corpos d'água existentes nestas unidades, bem como suas alterações no decorrer do tempo (STRAT, SANTOS & DUBREUIL, 2011).

O geoprocessamento aplicado na área ambiental se tornou uma ferramenta extremamente importante e eficaz. A classificação de dados procedentes do sensoriamento remoto, por exemplo, constitui um dos elementos que permite uma melhor gestão de terras nas áreas das bacias hidrográficas, pois possibilitam o monitoramento/mapeamento de áreas rurais e urbanas, através de dados temporais contínuos.

Considerando estas premissas, este trabalho buscou analisar as mudanças no uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Rio São Domingos, num período de vinte anos (1997 a 2017), através do uso de instrumentos de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, de forma a auxiliar no manejo sustentável dos recursos naturais e no planejamento do uso das terras nesta bacia.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio São Domingos (Figura 01) está localizada na porção centro-sul do Estado de Goiás, sendo uma sub-bacia do Rio Claro, que caracteriza-se por ser um dos mais importantes afluentes da Alta Bacia do Rio Araguaia. Essa bacia compreende os municípios de São Luís de Montes Belos (30.034 habitantes), Aurilândia (3.650 habitantes), São João da Paraúna (1.689 habitantes), Firminópolis (11.580 habitantes) e Paraúna (10.863 habitantes), drenando uma área de 1151,67 km².

ISBN: 978-85-7282-778-2

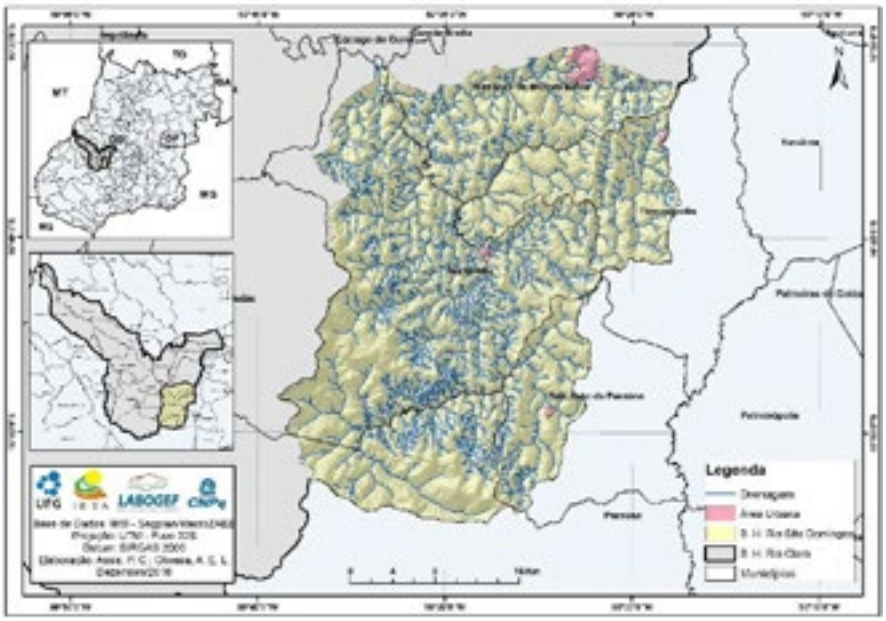


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do rio São Domingos

2.2. Base de dados e procedimentos metodológicos

As duas imagens/cenas utilizadas na classificação de uso e ocupação do solo, para o ano de 1997, foram do satélite Landsat-5 (TM), de órbitas e pontos 223/71 e 223/72, com resolução espacial de 30 metros e composição RGB-543 (realizada no *software* ENVI versão 4.5). Já na classificação para o ano de 2017, utilizou-se uma cena/imagem do satélite Sentinel-2A (MSI), órbita 81, com resolução espacial de 10m e composição RGB-432. Todas as cenas escolhidas são de uma mesma época do ano (mês de julho) e foram adquiridas gratuitamente no site do Departamento de Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2017). No *softwar*e ArcGIS 10.3 foi realizada a classificação supervisionada destas imagens, através do algoritmo *mean shift*, comparando as feições encontradas com imagens do Google Earth (2017), obtendo-se assim os mapas de uso e cobertura do solo para os anos de 1997 e 2017.

3. Resultados e discussões

3.1. Uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio São Domingos, nos anos de 1997 e 2017

ISBN: 978-85-7282-778-2

Analisando o resultado da classificação supervisionada feita para os anos de 1997 e 2017, foi possível mapear cinco principais classes de uso, sendo elas: agricultura, pastagem, vegetação, área urbana e água (represamento artificial dos cursos d'água).

No mapa de 1997, verifica-se o predomínio da pastagem sobre as demais classes de uso, ocupando uma área igual a 824,45 km^2 (71,59%). A vegetação nesta bacia hidrográfica compreendia uma área de 287,78 km^2 (24,99%), seguida pela agricultura, com 27,46 km^2 (2,38%); área urbana 10,80 km^2 (0,94%) e água, que ocupava cerca de 1,18 km^2, (0,10%) de sua área total.

Já em 2017, nota-se um considerável aumento das áreas voltadas para o cultivo agrícola, que ocupou cerca de 292,94 km^2 (25,44%) da bacia, um aumento de 23% em relação ao ano de 1997. Além disso, existem onze pivôs de irrigação, que, de acordo com as imagens do Google Earth, foram implantados a partir do ano de 2013, estando cinco deles no município de São Luís de Montes Belos (ocupando uma área de 212,36 ha) e seis no município de São João da Paraúna (totalizando uma área de 375,10 ha). Os mapas de uso do solo da bacia do rio São Domingos, de 1997 e 2017, estão representados na figura 2 abaixo.

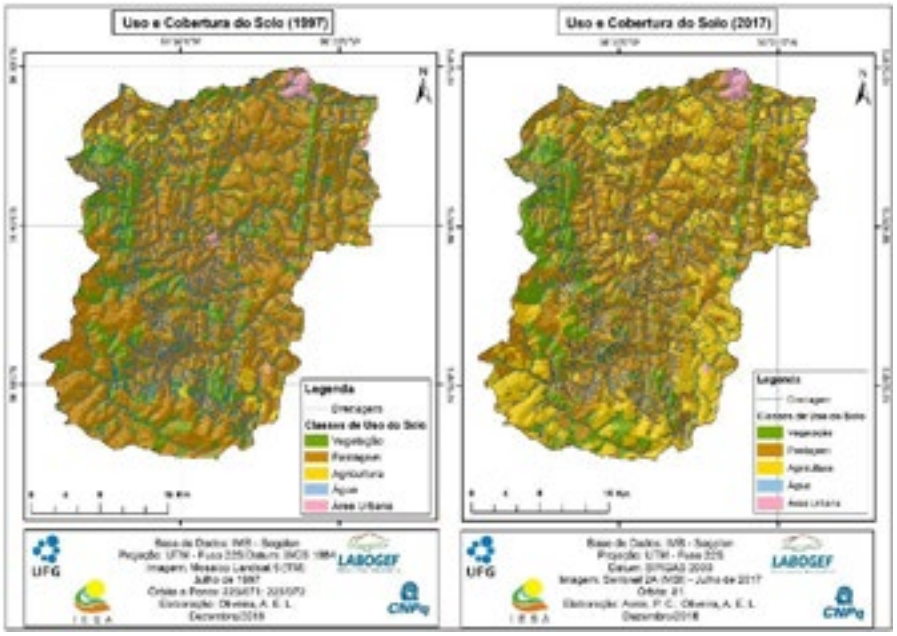


Figura 2 - Uso e Ocupação do solo, nos anos de 1997 e 2017, na bacia do rio São Domingos

ISBN: 978-85-7282-778-2

Em relação à vegetação, no ano de 2017, foi possível notar que não houve muita perda da cobertura vegetal original da bacia no período de 20 anos, pois, muitas destas áreas observadas se encontram em morros e colinas, com solos pouco férteis e/ou pouco profundos (onde predominam os afloramentos rochosos), o que não favorece a agricultura intensiva e mecanizada, por exemplo. A área urbana na bacia ocupou 11,30 km^2 (0,98%), e a água (represamento artificial) compreende 0,77 km^2, (0,07%) de sua área total. Contudo, pastagem continua sendo a classe que predomina nesta bacia hidrográfica.

Na Tabela I estão apresentados os dados referentes aos valores de área (km^2 e %), ocupada por cada classe de uso do solo, nos anos de 1997 e 2017.

Tabela I: valores de área ocupada pelas classes de uso do solo na bacia, em 1997 e 2017.

Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio São Domingos				
Ano de 1997			**Ano de 2017**	
Uso	**Área (km^2)**	**%**	**Área (km^2)**	**%**
Vegetação	287,78	24,99	233,27	20,25
Pastagem	824,45	71,59	613,38	53,26
Agricultura	27,46	2,38	292,94	25,44
Água	1,18	0,10	0,77	0,07
Área Urbana	10,80	0,94	11,30	0,98
Total	1151,67	100	1151,67	100

4. Considerações Finais

Com o auxílio de tecnologias de geoprocessamento na área ambiental, como o sensoriamento remoto e *softwares* de SIG, foi possível diagnosticar as mudanças no uso e cobertura do solo da bacia do Rio São Domingos, de 1997 a 2017. Os resultados mostraram que há predominância da classe pastagem sobre as demais classes e que a mudança mais expressiva foi o aumento, de cerca de 23%, das áreas voltadas para o cultivo agrícola (que correspondia a 2,38% da bacia em 1997 e, em 2017, passou a ocupar cerca de 25,44% de sua área total) nesse intervalo de vinte anos na bacia hidrográfica do Rio São Domingos.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF), do Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), e a Universidade Federal de Goiás (UFG), pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho. E também ao CNPq, pela bolsa concedida/financiamento do projeto de pesquisa.

6. Referências Bibliográficas

COELHO, V. H. R. *et al*. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e** Ambiental, Campina Grande, v. 18, n. 1, p. 64-72, jan. 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000100009&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 24 jan. 2019.

STRAT, A. L.; SANTOS, J. W. M. C.; DUBREUIL, V. Avaliação das mudanças de uso do solo na bacia hidrográfica do rio Manso – MT– Brasil. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 15., 2011, Paraná. **Anais [...]**. Curitiba: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2011. p. 6081. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/53011037.pdf. Acesso em: 22 jan. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS À ANÁLISE DO FENÔMENO DE ILHAS DE CALOR NA CIDADE DE CÁCERES-MT, BRASIL

Alexander Webber Perlandim Ramos [(a)], Sandra Mara Alves da Silva Neves [(b)]
Rivanildo Dallacort [(c)], Camila Souza da Silva [(a)]

[(a)] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, webber.unemat@gmail.com; camilaengftal@gmail.com
[(b)] Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação Geografia, Universidade do Estado de Mato Grosso, ssneves@unemat.br
[(c)] Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, rivanildo@unemat.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O crescimento urbano tem ocasionado diversas consequências para o ambiente, dentre elas as ilhas de calor, que são formadas em áreas urbanizadas a partir de déficits de vegetação e uso de materiais com maior retenção de calor solar. Assim, o escopo deste estudo é analisar o fenômeno de ilhas de calor na área urbana do município de Cáceres-MT, através do uso de geotecnologias visando à geração de subsídios que contribuam no planejamento urbano. O comportamento da temperatura superficial nas áreas de vegetação preservadas na cidade apresentou os menores valores variando de 22.63 a 26.60 ºC, enquanto nas áreas construídas e de solo expostos alcançaram 30.58 ºC, mostrando que as ilhas de calor são influenciadas pela cobertura vegetal, indicando que as áreas verdes são fundamentais para à amenização do fenômeno e no conforto térmico no ambiente urbano.

Palavras chave: Urbanização, Sensoriamento Remoto, Temperatura Superficial.

1. Introdução

O processo de urbanização, iniciado no Brasil a partir de 1940, vem causando alterações na estrutura da sociedade e do meio ambiente para atender as demandas do desenvolvimento. Nos dias atuais, a intensificação desse processo, cujas transformações são refletidas no espaço físico das grandes cidades, principalmente em relação à diminuição da cobertura natural e aumento de espaços construídos, na intenção de propiciar conforto e bem-estar à sociedade, porém, provocam relevantes perturbações ao meio ambiente (SOUZA et al., 2017).

As atividades antrópicas, como as industriais e a constante circulação de veículos automotivos, acarretaram mudanças na composição da atmosfera através do aumento nas concentrações de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono. A substituição de superfícies vegetais por edificações e pavimentações, decorrentes do processo de urbanização aumentam significativamente a impermeabilização dos solos e a irradiação de calor para a atmosfera (COSTA; SILVA; PERES, 2010).

Com o crescimento urbano desordenado e o déficit de áreas verdes no interior das cidades, o balanço de energia é alterado, havendo assim, maior emissão de ondas longas pelas superfícies urbanas e, consequentemente, a formação de ilhas de calor (PEREIRA et al., 2006). Caracterizadas pelo aumento da temperatura do ar em relação ao meio rural ou regiões menos urbanizadas dos arredores, principalmente à noite (CHAGAS, 2005). O aumento da temperatura em diversas áreas urbanas vem prejudicando a saúde da população devido a maior suscetibilidade de problemas à saúde, como desidratação, oscilação de pressão arterial, problemas respiratórios, renais, dentre outros (RAMOS; NEVES; SILVA, 2017).

Várias informações do ambiente terrestre atualmente podem ser obtidas através do uso de geotecnologias, como os dados do sensoriamento remoto e seu tratamento por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG), considerando a melhoria constante das resoluções das imagens de satélite. Dentre as informações contidas nas imagens, cita-se a temperatura aparente da superfície, obtida por meio da captação da energia eletromagnética emitida por determinado ambiente ou objeto (MASHIKI; CAMPOS, 2013). Mashiki (2012) acrescenta que os SIGs são ferramentas fundamentais para aplicação das técnicas de processamento digital das imagens, pois permitem a transformação dos dados do infravermelho termal em temperatura aparente da superfície, essenciais na identificação das ilhas de calor.

Diante do exposto, pesquisas com o propósito de identificar ilhas de calor são importantes, pois podem subsidiar o poder público no planejamento e na tomada de decisões

relativas ao crescimento urbano visando que este ocorra de forma mais equilibrado, contribuindo assim na melhoria da qualidade ambiental urbana (ORTIZ; AMORIM, 2011).

Assim, o escopo deste estudo é utilizar as geotecnologias para analisar o fenômeno de ilhas de calor na área urbana do município de Cáceres-MT, visando à geração de subsídios que contribuam no planejamento urbano e na tomada de decisão para que possa ocorrer melhorias na qualidade de vida da população.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

O município de Cáceres está localizado na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso (MATO GROSSO, 2017), com área territorial de 24.612 km² (IBGE, 2017), sendo desta extensão territorial 69,95 km² (COCHEV et al., 2010) é de área urbana (FIGURA 1). A população municipal é de 87.942 mil habitantes, sendo que destes 76.568 residem no perímetro urbano (IBGE, 2017).

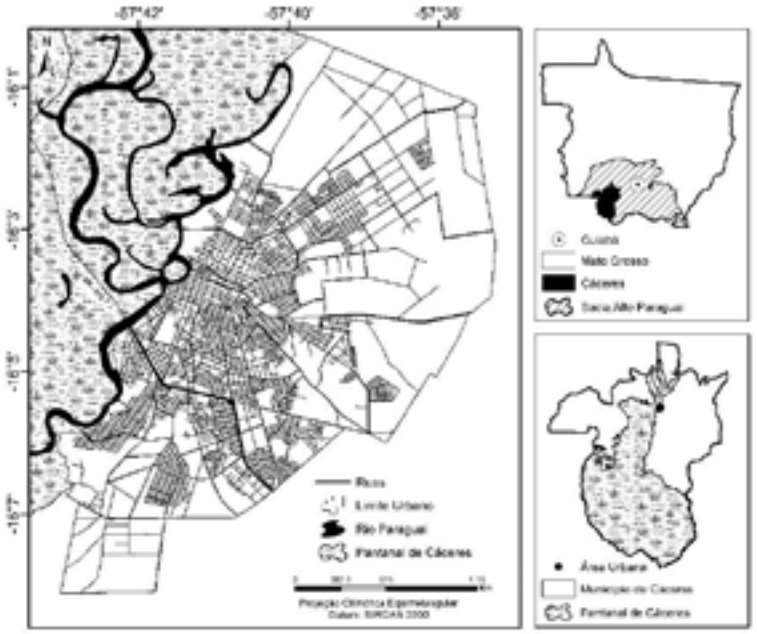


Figura 01 – Perímetro urbano do município de Cáceres-MT, no contexto da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal. Bases cartográficas: LabGEO UNEMAT. Elaboração: Os autores (2018).

2.2. Procedimentos metodológicos

Para geração do mapa de uso e cobertura vegetal da terra foi utilizado imagem do satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI), com resolução espacial de 30 metros do mês de março de 2018, referente à órbita 227, ponto 071, obtidas no sítio do United States Geological Survey (USGS, 2016).

A imagem do satélite foi recortada, segmentada e classificada no software SPRING, versão 5.5.3 (CÂMARA et al., 1996). Foram definidas três classes temáticas, sendo duas pertencente a categoria de influência antrópica: área construída e solo exposto, e uma relativa a formação vegetal natural. O recorte foi feito utilizando a base cartográfica digital do perímetro urbano como máscara.

Os limiares da segmentação foram similaridade 20 e área 20 (pixel com semelhanças), método crescimento de regiões e classificador Bhattacharya, com um limite de aceitação de 99,99%.

Para a geração do mapa termográfico foi utilizado o software ArcGis 10.5 (ESRI, 2017), utilizando-se da banda 10 (infravermelho termal) do satélite Landsat 8, sensor Operational Land Imager (OLI), do mês de março de 2018, referente à órbita 227, ponto 071, obtida no sítio do United States Geological Survey (USGS, 2016). Os procedimentos de recorte e conversão dos níveis de cinza para radiância foi dado por meio da fórmula 1 (COELHO; CORRÊA, 2013).

$$L\lambda = ML * Qcal + AL \quad (1)$$

Onde: Lλ= Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm); ML= Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04; AL= Fator de redimensionamento aditivo especifico da banda 10 = 0.10000 e Qcal= Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Os valores de radiância foram obtidos através da aplicação da fórmula 2 (COELHO; CORRÊA, 2013), visando a aquisição dos diferentes níveis de temperatura da imagem.

ISBN: 978-85-7282-778-2

$$T = K2/(in(K1/L\lambda+1)) \quad (2)$$

Sendo: T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K2: Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K); K1: Constante de calibração 1 = 774.89 (K) e Lλ: Radiância espectral em Watts/ (W m-2sr -1).

Após a conclusão das etapas apresentados os valores de temperatura em Kelvin foram convertidos em graus Celsius (°C) através da fórmula 3.

$$Tc = Tk–273{,}15 \quad (3)$$

Onde: Tc: Temperatura em Celsius e Tk: Temperatura em Kelvin.

3. Resultados e discussões

Há maior adensamento de áreas construídas próximo a orla no bairro Centro e dos bairros cortados pela Av. São Luís onde ocorrem as mais elevadas temperaturas superficiais (Figura 02). Essas variaram de 26.61 °C a 29.26 °C em algumas áreas (Figura 02 – Encarte A), mesmo havendo a presença de córregos (Figura 02 – Encarte B), que em alguns trechos tem sua superfície canalizada e recoberta por concreto (Figura 02 - Encarte C). As temperaturas elevadas estão associadas as áreas edificadas, cujas ruas são pavimentadas, porém ocorrem em locais cujo solo encontra-se exposto (Figura 02 - Encarte D).

ISBN: 978-85-7282-778-2

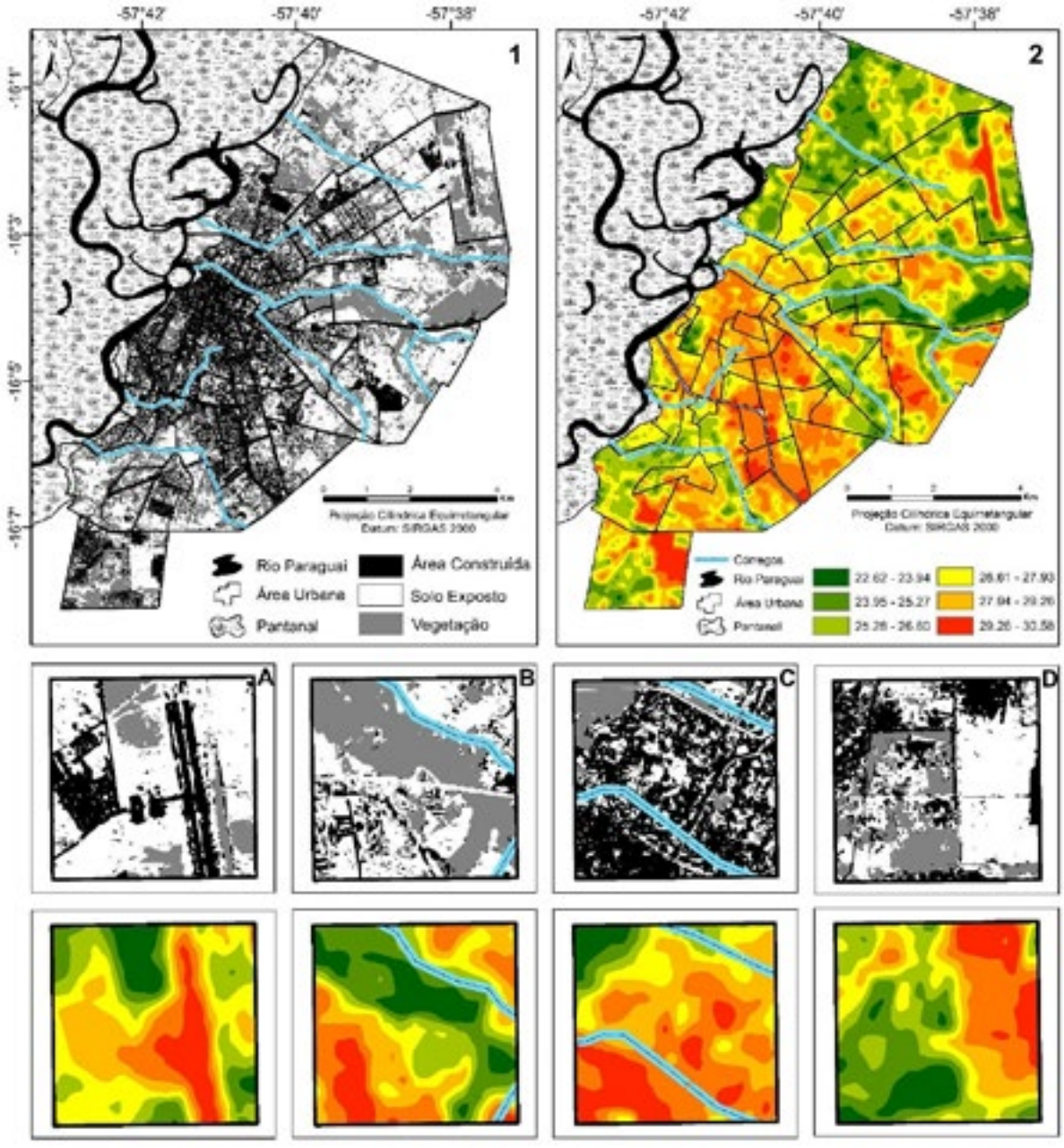


Figura 02 – Temperatura Superficial (1) e Uso e Cobertura Vegetal das Terras (2) do perímetro urbano do município de Cáceres-MT, no contexto do Pantanal. Bases cartográficas: LabGEO UNEMAT. Elaboração: Os autores (2018).

Segundo Ugeda Júnior (2011), essas elevadas temperaturas tendem a ocorrer devido a uma série de fatores, tais como às altas taxas de impermeabilização do solo, a retirada de vegetação nativa e

a canalização de córregos, o que potencializa o aquecimento das superfícies urbanas, principalmente em função da diminuição de umidade nesses espaços.

As áreas de entorno aos córregos, situadas longe do adensamento urbano (Figura 2 – Encarte B) apresentaram temperaturas relativamente baixas (23.95 °C), fato que pode ser atribuído a supressão parcial da vegetação ciliar ocorrida nessas áreas, contudo em alguns trechos em que vegetação ciliar encontra-se degradada a temperatura superficial foi mais elevada, alcançando 26.60 °C.

Os bairros mais distantes do bairro Centro, em que há maior quantidade de vegetação nativa (Figura 2 – Encarte D) apresentaram temperaturas mais amenas (25.28 ºC a 27.93 ºC). Essa menor temperatura é resultado do efeito de sombreamento das superfícies e pelos altos níveis de fluxo de calor latente, o que segundo Oke (1982) é devido a uma maior quantidade de água disponível para os processos de evaporação e evapotranspiração da vegetação.

As áreas construídas com presença de solo exposto no entorno (Figura 2 – Encarte A) apresentaram temperaturas mais elevadas (29.26 °C a 30.58 °C), decorrente da substituição da cobertura vegetal. Este fato pode ser atribuído a impermeabilização do solo por materiais, como asfalto e concreto, resultantes da redução de áreas vegetadas, o que altera as propriedades térmicas, radiativas da área urbana (OKE; MAXWELL, 1975), fazendo com que haja mais retenção de calor, nessas áreas.

As menores temperaturas registradas (22.62 ºC a 25.27 ºC) foram nas áreas de vegetação densa (Figura 2 – Encarte B), próximo as matas ciliares dos córregos situados distantes das áreas edificadas e com maior adensamento, sendo que tais valores são resultantes da forte presença de umidade encontradas nesses ambientes, uma vez essas áreas possuem grande capacidade de absorção de radiação solar. De acordo com Alcântara et al. (2011) parte da energia que é recebida nesses locais é convertida em calor latente e emitida a atmosfera pelo processo de evaporação da água.

4. Considerações Finais

O adensamento urbano sem o planejamento ambiental resulta no aparecimento do fenômeno de ilhas de calor, sendo que o comportamento da temperatura nas áreas de vegetação preservadas apresentou as menores valores variando entre 22.63 a 26.60 ºC, enquanto que nas áreas construídas e de solo expostos as mesmas alcançaram até 30.58 ºC, mostrando que as ilhas de calor são influenciadas diretamente pela cobertura vegetal, indicando assim que a implementação de áreas verdes é fundamental

para a amenização do fenômeno, ajudando no conforto térmico e melhorando a qualidade de vida no ambiente urbano.

5. Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, E. H.; STECH, J. L.; LORENZZETTI, J. A.; NOVO, E. M. L. M.; SOUZA, A.F. Estimativa dos fluxos de calor sensível e latente na superfície da água do reservatório de Itumbiara (GO) por meio de dados MODIS/Terra. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos/SP: INPE, 2011. p. 5185-5192.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, v. 9, n. 1, p. 71-90, 2010.

CÂMARA, G.; SOUZA, FREITAS, R. C. M.; GARRIDO U. M. J. SPRING: Integrating remote sensingand GIS by object oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

CHAGAS, G. A morada do calor. **Jornal Unesp**, n. 203, 2005**.** Disponível em: <http://www.unesp.br/aci/jornal/203/ilhas.php>, acesso em 03 dezembro de 2018.

CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; LI, P. X.; YIN, Z. Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, p. 133-146, 2006.

COCHEV, J. S.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Espaço urbano de Cáceres/MT analisado a partir de imagens de sensoriamento remoto e SIG. **Revista GeoPantanal**, v. 5, n. 8, p. 145-160, 2010.

COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Temperatura de Superfície Celcius do Sensor TIRS/LandSat – 8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.

COSTA, D. F.; SILVA, H. R.; PERES, L. F. Identificação de ilhas de calor n área urbana de Ilha Solteira - SP através da utilização de geotecnologias. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 5, p. 974-985, 2010.

ESRI. **ArcGIS Desktop**: release 10. 5. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2017.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor:** como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de textos, 2010. 248 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=51&dados=0>, acesso em 01 dezembro de 2018.

MASHIKI, M. Y. **Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP.** 2012. 67 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu/SP, 2012.

MASHIKI, M. Y.; CAMPOS, C. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP. **Revista Energia na Agricultura**, v. 28, n. 3, p. 143-149, 2013.

MATO GROSSO. Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes**. Disponível em: <http://metadados.seplan.mt.gov.br/metadados/srv/metadata/396e96a7-6279-4173-9174-a935ee4b32f>, acesso em 03 dezembro de 2018.

NICHOL, J. E. High-Resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study. **Journal of Applied Meteorology**, v. 35, p. 135-146, 1996.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 8, p. 1-4, 1982.

OKE, T. R.; MAXWELL, G. B. Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**, v. 9, p. 191-200, 1975.

ORTIZ, G. F.; AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Cândido Mota/SP: algumas considerações. **Revista Formação Online**, v. 1, n. 18, p. 238-257, 2011.

PEREIRA, G.; CAMARGO, F. F.; OLIVEIRA, L. G. L.; GUERRA, J. B. Identificação do fenômeno de ilhas de calor para a região Metropolitana de São Paulo através de dados provenientes do satélite LANDSAT 7 ETM+. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 3., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 2006. p. 1-7.

RAMOS, A. W. P.; NEVES, S. M. A. S.; SILVA, G. J. O. Análise, a partir de imagem Landsat 8, de ilhas de calor na cidade brasileira de Cáceres/MT. In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Org.). **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**. Campinas/SP: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017, p. 2715-2720.

SANTOS, A. M.; RODRIGUES, G. A. Ilhas de Calor: Conceito, Problemas e Alternativas. In: SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga, 3., Taquaritinga/SP. **Anais...** Taquaritinga: FATEC, 2015. p.1-10.

SOUZA, B. P.; COSTA, J. A. L.; COSTA, S. S.; MARINHO, R. R. Análise Espacial de Ilhas de Calor da Área Urbana de Manaus a partir de imagens Landsat 8. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18., 2017, Santos/SP. **Anais...** São José dos Campos/SP: INPE, 2017. p. 336-343.

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP.** 2011. 383 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP, 2011.

USGS. **United States Geological Survey**, 2016. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov>, acesso em 02 de novembro de 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA COMO SUBSÍDIO PARA A IDENTIFICAÇÃO DAS UNIDADES DE PAISAGEM DO MUNICÍPIO DE PARANAÍBA – MS.

Matheus Henrique de Souza Barros[(a)], Patricia Helena Mirandola Garcia[(b)]
Eduardo Salinas Chávez[(c)], Rafael Martins Brito[(d)], Cesar Cardoso Ferreira[(e)]

[(a)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, matheus.geo2013@gmail.com
[(b)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, patriciaufmsgeografia@gmail.com
[(c)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, esalinasc@yahoo.com
[(d)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, rafaelgeografiaufms@gmail.com
[(e)] Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, cesar.ufms@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Com o desenvolvimento das tecnologias informatizadas, sobretudo na segunda metade do século XX, tornou-se possível armazenar e manipular dados em ambiente computacional, auxiliando na realização das mais diversas atividades da sociedade contemporânea. Neste sentido, o mapeamento de uso e cobertura da terra tem se tornado uma ferramenta fundamental para o planejamento, manutenção e consolidação das atividades humanas, identificado com maior precisão e rapidez as problemáticas dentro de um determinado território. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar, a partir da aplicação das geotecnologias, o uso e cobertura da terra no município de Paranaíba, tal como sua distribuição, sendo este um indicador fundamental para a identificação das unidades de paisagem do município de Paranaíba, Mato Grosso do Sul.

Palavras chave: Geotecnologias, Uso e Cobertura da Terra, Paisagem, Planejamento

1. Introdução

Em tempos de mudanças globais associadas a um acelerado processo de desenvolvimento da sociedade, a ocorrência de impactos indesejáveis tem se tornado cada vez mais visivel. Deste modo, fica evidente a necessidade de se propor medidas eficazes que busquem amenizar os efeitos destes impactos e promovam um desenvolvimento susténtavel.

Na busca por medidas que contribuem para a diminuição dos problemas socioambientais, é fundamental o conhecimento da distribuição geográfica dos elementos da natureza, tal como as problématicas fruto da dominação humana sobre estes elementos. Neste sentido a aplicação das geotecnologias vem se tornando fundamental na realização de atividades cujo o objetivo consiste na análise espacial do planeta Terra.

Segundo Rosa (2013), desde a antiguidade até os tempos atuais, informações e dados espacializados têm sido apresentados por pesquisadores da área de cartográfia, sendo utilizado em atividades fundamentais para a sobrevivência e desenvolvimento da sociedade em geral. Neste sentido a origem do Sensoriamento Remoto está diretamente ligada ao surgimento da fotográfia aérea, sendo estreitamente ligada ao uso militar. Foi durante a Segunda Guerra Mundial o grande desenvolvimento desta ferramenta, introduzindo novos sensores, como o radar e os filtros infravermelhos (FLORENZANO, 2007). Atualmente o Sensoriamento Remoto tem se tornado uma geotecnologia essencial para realização de diversas atividades, possuindo imagens orbitais de alta resolução espacial e inúmeros satélites.

Aliado ao Sensoriamento Remoto, o uso de SIG'em trabalhos geográficos, sobretudo em mapeamentos temáticos, já se tornou algo, não apenas comum, mas sim fundamental. Nesta plataforma é possivel trabalhar com dados espaciais e dados alfanumericos em ambiente computacional, promovendo uma integração de informações. Para Mirandola (2004), os SIG's possuem um enorme potencial, pela capacidade de manipular e armazenar grande quantidade de dados, além de possuir um leque de ferramentas integradas.

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo analisar e espacializar o uso e cobertura da terra do município de Paranaíba, sendo este um indicador fundamental para a identificação das unidades de paisagem de uma determinada área de estudo.

A identificação das unidades de paisagem serve de base para inúmeras pesquisas e atividades de carater ambiental, que vão desde os diagnósticos primários até o ordenamento ambiental e territorial, já que a partir das propriedades e caracteristicas destas unidades se pode promover um modelo de uso e ocupação do território adequado (SALINAS et al., 2013).

Mateo e Silva (2002) salientam que o ordenamento ambiental e territorial susténtavel é visto como um paradigma, que exige a aplicabilidade de solídas e fundamentadas metodologias que se baseiam em uma análise sistêmica e fortemente integrada. Deste modo, a classificação das paisagens, a partir de uma visão geosistêmica, surge como uma contribuição inovadora e funcional.

Paranaíba, objeto de estudo deste trabalho, é um município localizado na região leste do estado de Mato Grosso do Sul (Figura 1), possui cerca 42.010 habitantes segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) distribuídos ao longo de seus 5.402,652 km² de território (IBGE, 2017).

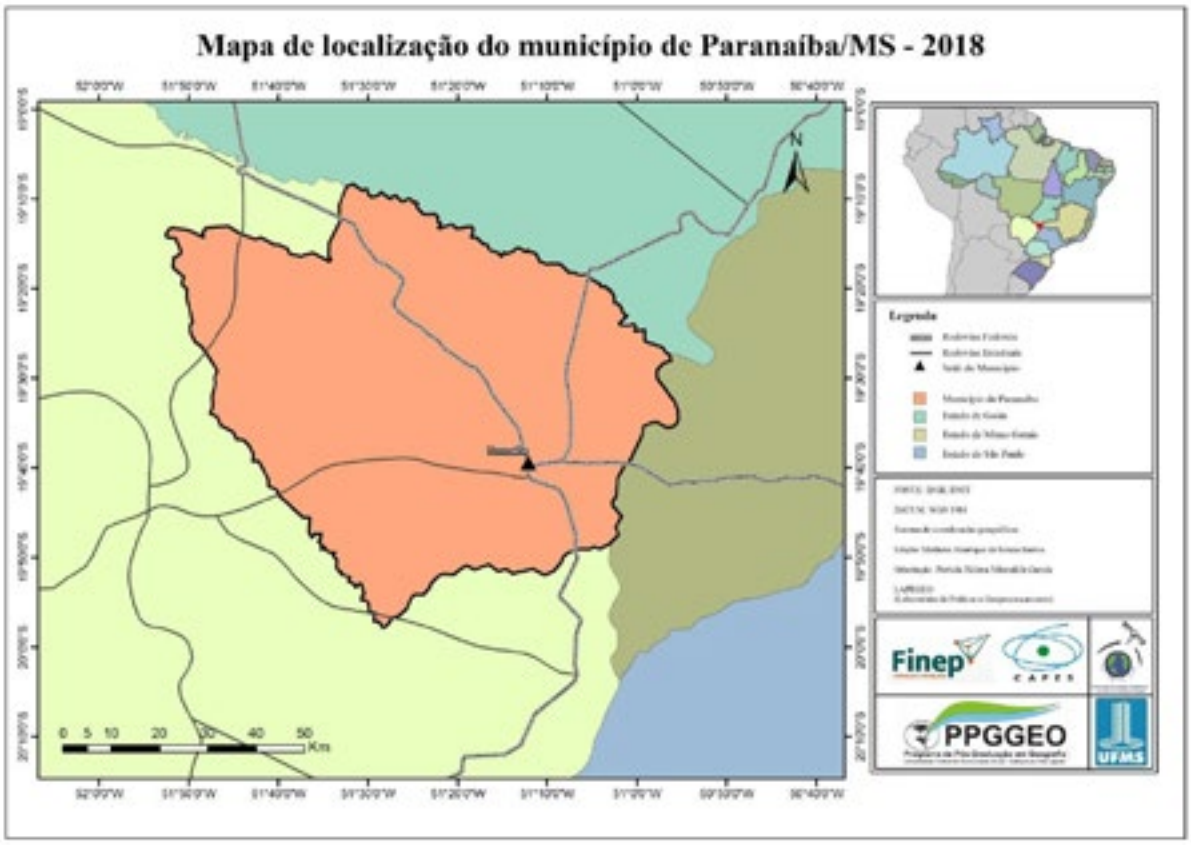


Figura 1 – Localização do município de Paranaíba-MS

2. Materiais e Métodos

A metodologia deste trabalho foi estruturada em duas etapas, sendo a primeira o levantamento bibliográfico, que consistiu na leitura de obras cientificas referentes aos temas aqui discutidos, junto com a aquisição de dados espaciais em plataformas digitais. A segunda etapa consistiu na aplicação de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto para fins de mapeamento do uso e cobertura da terra do município de Paranaíba – MS.

2.1. Levantamento Bibliográfico e aquisição de dados

Esta etapa iniciou-se com os trabalhos de gabinete, nos quais foram levantadas teses, dissertações, artigos e livros que discutem os temas que fundamentam esta pesquisa, tais como: geotecnologias, paisagem, planejamento, etc.

Em um segundo momento foram obtidos os dados necessários para realizar o mapeamento do uso e cobertura, para isso foi acessado o catalogo de imagens da Divisão de Processamento de Imagens (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no qual foram adquiridas as imagens do Satélite Landsat 8, de forma gratuíta. Os *shapefiles* dos limites politico/administrativos foram obtidos na plataforma digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estátistica (IBGE).

O Landasat 8 é um satélite norte-americano, lançado em 2013, com uma resolução de 30 metros, sendo uma ferramenta muito utilizada em trabalhos de mapeamento. Deste modo foram obtidas imagens do dias 18/07/2018 e 10/08/2018, pontos 73,74 e orbitas 222, 223.

2.2. Aplicação das Geotecnologias

Os trabalhos nesta estapa se iniciaram a partir do uso do SIG Spring, em sua versão 5.3, disponibilizado gratuitamente pelo INPE. Sendo assim, primeiramente foi criado um banco de dados para se utilizar a plataforma SIG e um projeto delimitado a partir das coordenadas geográficas do município de Paranaíba.

Com o projeto criado, foram importadas as imagens do Landsat 8, mais precisamente as bandas 4,5 e 6, e em seguida iniciou-se o processo de união das imagens, já que se fez necessário utilizar mais de uma imagem, devido a localização e a extensão territorial do município. Para isso, utilizou-se a ferramenta de criação de mosaicos no Spring.

Para melhor visualização dos elementos distribuidos ao longo do território de Paranaíba, foi aplicado o contraste nas três bandas (RGB), criando assim uma imagem sintética. Terminado este processo, utilizou-se do *shapefile* do limite municipal para delimitar a área de estudo.

Utilizando o método de crescimento de regiões, sendo uma técnica de agrupamento de dados, onde se associa apenas as regiões adjacentes, foi realizado o processo de Segmentação. Tal processo, rotula cada pixel como uma região distinta, calculando sua similiaridade e o tamanho de sua área.

No processo de classificação supervisionada, utilizando o classificador *Bhattacharya,* foram determinadas seis classes temáticas, sendo: área urbanizada, representando o perimetro de urbano de Paranaíba e construções em geral no município; Corpo d'agua continental, que consiste nos rios e mananciais com maior representatividade espacial na resolução da imagem utilizada; Florestal, representando a vegetação natural, áreas de proteção permanente (APP) e mata ciliar; Lavoura temporária, equivalente ao cultivo de cana-de-açucar; Pastagem, sendo as áreas destinadas a pecuária, podendo ser pastagem natural ou plantada; Silvicultura, representando a cultura de eucalipto e seringueira.

Vale ressaltar que o mapeamento de uso e cobertura da terra teve como base a aplicação de técnicas de processamento digital de imagens proposta por Florenzano (2007), e a definição das classes temáticas seguiu o Sistema de Classificação do Uso da Terra (SISCUT), incluso no Manual técnico de uso da terra do (IBGE).

3. Resultados e discussões

Conhecer a dinâmica espacial e as mudanças que ali ocorrem é de suma importância para se realizar qualquer que seja a atividade em uma determinada área de estudo. Analisar os usos que ocorrem em Paranaíba, assim como sua cobertura vegetal é uma etapa fundamental para se identificar os tipos de paisagem no município, e assim promover a elaboração de diretrizes e planos de ação para o ordenamento territorial.

Deste modo, no processo de classificação foram consideradas áreas de 30x30, devido a resolução espacial do satélite utilizado, identificando seis classes temáticas abrangentes. Vale ressaltar que existe uma homogeneidade no município de Paranaíba, em relação ao seu uso e cobertura da terra, como apresentado na Figura 3. Percebe-se

que a classe Pastagem é claramente predominante, rearfirmando o fato do município ter ser desenvolvido estruturalmente dentro das atividades agropastoris, sobretudo a criação bovina.

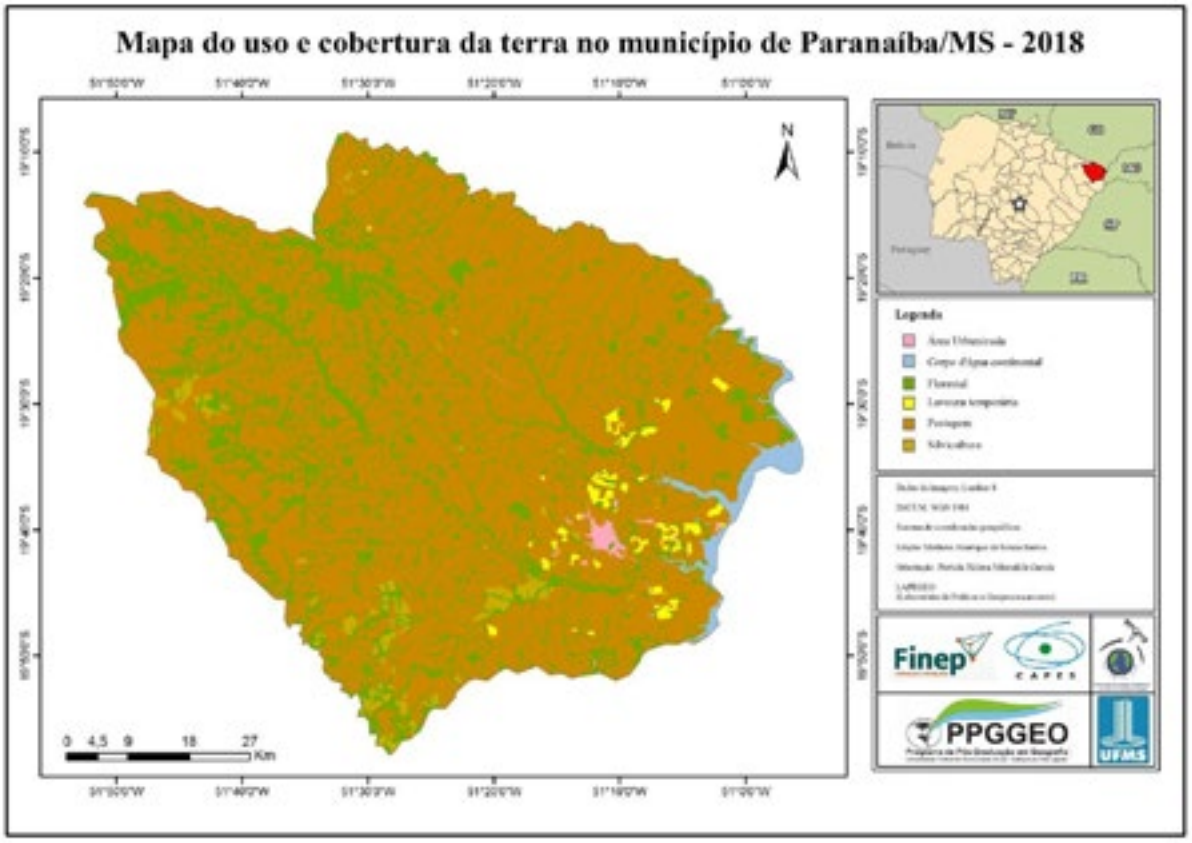


Figura 3 – Uso e Cobertura da Terra do município de Paranaíba-MS

A classe Pastagem, representando as gramineas que, em quase que sua totalidade, são destinadas a pecuária, equivalem a 72,99% do território de Paranaíba, tendo uma área de 3941,73 km² de extensão e está distribuida por todo o município. No entanto, pode-se destacar a concentração da classe Florestal, representando a vegetação natural e matas ciliares, na parte noroeste do município, na qual está localizada a Serra do Aporé, que é o setor mais alto de Paranaíba. Outra observação importante é a

concentração de lavouras temporarias e silvicultura no setor sudeste e leste do município.

Tabela 1 – Uso e Cobertura da Terra do município de Paranaíba-MS

Classes Temáticas	**Km²**	**%**
Área Urbanizada	21,80	0,40%
Corpo d'agua continental	85,93	1,59%
Florestal	1208,27	22,40%
Lavoura Temporária	54,89	1,01%
Pastagem	3941,73	72,99%
Silvicultura	87,44	1,61%

Compreende-se então que o uso e cobetura da terra em Paranaíba possui uma grande homogeneidade, porém existem certos fragmentos concentrados em algumas partes do território. Essa concentração, de determinadas classes em certos setores do município, é um fator que deve ser levado em consideração na identificação das paisagens, pois sendo um indicador de classificação, pode alterar completamente a dinâmica das mesmas.

4. Considerações finais

O uso das geotecnologias na Gegorafia Física nas ultimas décadas tem possibilitado a obtenção de resultados mais precisos e integrados dos processos e componentes naturais que se manifestam na superfieice terreste, além do uso e o modificação dos mesmos pelas atividades humanas.

A análise do uso e cobertura da terra se converteu em um elemento fundamental para avaliar a modificação dos componentes naturais no processo de assimilação do território pela sociedade, contribuindo também para estabelecer os cenários mais provaveis de sua dinâmica, o que contribui para o planejamento ambiental e o ordenamento territorial.

Nesse sentido, o mapeamento do uso e cobertura da terra subsídia a classificação e a cartografia das unidades de paisagem, já que é considerado um

indicador diagnóstico, ou um fator diferenciador das unidades inferiores da referida classificação.

Por fim, no município de Paranaíba as grandes unidades de paisagem são definidades por indicadores como o relevo e o predominio de um tipo de litologia, sendo que as unidades de ordem inferior são diferenciadas pelas caracterisitcas do solo e seus usos, no qual foi apresentando neste trabalho.

5. Referências Bibliográficas

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**: 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MATEO, J. M. R; SILVA, E. V. **A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica**. Mercator – Revista de geografia, UFC**,** Fortaleza, v. 01, n. 1, p. 95-112, 2002.

MIRANDOLA, P. H. **A trajetória da tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na pesquisa geográfica**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, Três Lagoas, v. 1, n. 1, p. 21-38, 2004.

ROSA, R. **Introdução ao Geoprocessamento**. Uberlândia, EDUFU, 2013.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia, EDUFU, 7a ed. 2009.

SALINAS, E. C; RAMÓN, A. M. **Propuesta metodológica para la delimitacion semiautomátizada de unidades depaisaje de nível local**. Revista do Departamento de Geografia, USP**,** São Paulo, v. 25, n. 1, p. 1-19, 2013.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO, NO MUNICÍPIO DE JARDIM DE PIRANHAS/RN

Adonias Ferreira Neto [(a)], Aline Soares da Silva [(b)], Betania Queiroz da Silva [(c)], Renato de Medeiros Rocha [(d)]

[(a)] Estudante do Curso de Geografia / CERES / Universidade Federal do Rio Grande do Norte, adonias.labesa@yahoo.com

[(b)] Estudante do Curso de Geografia / CERES/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, alinesoaressf@gmail.com

[(c)] Professora do Curso de Geografia / CERES/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, bethqueiroz@gmail.com

[(d)] Professor do Curso de Geografia / CERES/Universidade Federal do Rio Grande do Norte, renatocaico@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Estudos sobre uso e ocupação do solo são imprescindíveis à gestão dos municípios. Este trabalho teve como objetivo mostrar a aplicabilidade e as vantagens da utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o mapeamento da análise da evolução do uso e ocupação do solo no município de Jardim de Piranhas/RN, para gerar informações geoambientais através da metodologia sistêmica com vistas a subsidiar tomadas de decisões no planejamento ambiental. Este trabalho foi desenvolvido em três etapas, dividiram-se na escolha da área de estudo, posteriormente foi à obtenção das imagens de satélite através do site do INPE, e montagem do mapa pelo software de geoprocessamento. Os dados obtidos permitiram analisar a situação atual do uso e ocupação do solo, uma vez que o último mapa feito retratando essa temática foi do ano de 2008 e no decorrer desses 10 anos muito se modificou na área.

Palavras chave: Geotecnologias; uso e ocupação; vegetação; antropização; degradação.

1. Introdução

O município de Jardim de Piranhas/RN se localiza na região do Seridó, na microrregião do Seridó Ocidental, mesorregião Central Potiguar, aproximadamente a 31 km da cidade de Caicó, fazendo divisa com a Paraíba.

O trabalho teve como objetivo mostrar a aplicabilidade e as vantagens da utilização de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para o mapeamento da análise da evolução do uso e ocupação do solo no município de Jardim de Piranhas/RN, para gerar informações geoambientais através da metodologia sistêmica com vistas a subsidiar tomadas de decisões no planejamento ambiental no município em questão.

A partir do uso de geotecnologias foi possível analisar o uso e a ocupação do solo na área de estudo, com as ferramentas de sensoriamento remoto e o geoprocessamento. De acordo com Tôsto (2014) tais ferramentas retratam-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros ao longo do tempo. Imagens de satélite são muito importantes e necessárias, uma vez que permite avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado tempo, registrando a cobertura vegetal em cada passagem.

Para análise do satélite foram realizados Processamento Digital de Imagens (PDI) e o gerenciamento no SIG, estas ferramentas ão capazes de armazenar, analisar e localizar espacialmente dados de um fenômeno, e também permitem o manuseio e a saída de dados já analisados e tratados.

A análise de características, como cobertura vegetal, drenagem e tipo de solo, permitirão chegar ao mapeamento de uso e ocupação do solo de um determinado espaço geográfico. Determinando as áreas de vegetação ciliar, preservada, rarefeita, como também os corpos d'água e áreas antropizadas no limite do município de Jardim de Piranhas/RN.

Diante de tais procedimentos, este trabalho visa identificar e analisar a situação atual do município de Jardim de Piranhas/RN, fazendo uma análise integrada dos

componentes e identificando as classes de uso do solo presentes na área, através do mapeamento das mesmas, como apoio técnico preliminar em um estudo em ambientes com maior fragilidade ambiental, para manejo e posterior planejamento ambiental.

De acordo com Mendonça (1997) *apud* Ferreira (2010), a identificação da ocupação e uso da terra constitui-se em importante elemento para um estudo ligado à temática ambiental, pois as informações quando atualizadas, sobre uma determinada área auxiliará, na identificação e localização dos agentes responsáveis pelas suas condições ambientais. Sendo assim, é de grande importância considerar a forma pela qual este espaço está sendo ocupado.

Para Campos (2008) é de fundamental importância identificar e mapear as diferentes classes de uso da terra, bem como as atividades desenvolvidas, a fim de gerar subsídios para a análise da dinâmica socioambiental na bacia, visando identificar e quantificar os impactos gerados e suas consequências para o bem-estar da população.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido em três etapas distintas, elas se dividiram num primeiro momento com a escolha da área de estudo, logo após foi à obtenção das imagens de satélite e em seguida a montagem do mapa de uso e ocupação do solo, conforme explicado a seguir.

2.1 Área de estudo

A escolha da área de estudo foi o município de Jardim de Piranhas/RN (figura 1), localizado na região do Seridó, mesorregião Central Potiguar, aproximadamente a 31 km da cidade de Caicó, fazendo divisa com a Paraíba. Uma vez que o rio Piranhas está inserido em seu território, o qual tem grande importância para o Seridó potiguar, levando em consideração tanto o abastecimento na cidade em questão quanto aos vizinhos. Além disso, tem grande fluxo comercial, advindo das indústrias têxtil.

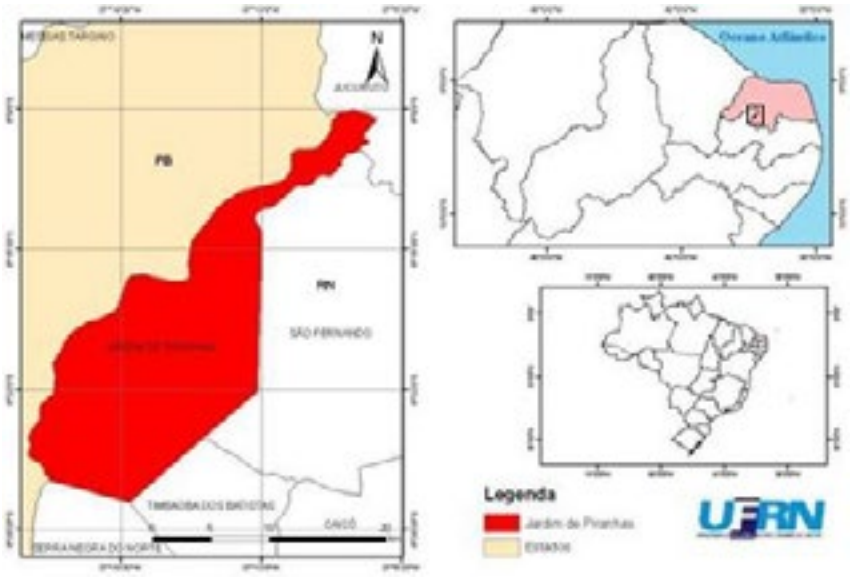


Figura 1. Mapa de localização do município de Jardim de Piranhas/RN

Fonte. Acervo dos autores, 2018.

Diante de tais fatos mencionados, percebe-se a importância de um estudo mais atualizado em relação ao uso e ocupação do solo no município, visto que o último foi do ano de 2008. Seguindo essa linha de pensamento, buscou-se a atualização desse estudo para identificar e compreender as mudanças e transformações ocorridas entre esse período.

2.2 Procedimentos metodológicos

Após a escolha da área de estudo, a etapa seguinte foi à obtenção das imagens de satélite através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, as imagens foram adquiridas por meio do satélite CBRES-4A, do dia 09/10/2018. Buscando as imagens mais atuais possíveis que apresentassem as bandas 2, 3 e 4 que são as mais apropriadas para corresponder à metodologia trabalhada.

A ferramenta utilizada para o processamento digital de imagens foi o software ArcGIS 10.2, versão free trial, com o objetivo de elaborar um mapeamento de uso e

ocupação do solo do município de Jardim de Piranhas/RN, a partir das informações concedidas pelas imagens de satélite CBRES- 4A, Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM). Por meio do processamento de imagens, foi realizada a caracterização da área de estudo, deste modo foi possível interpretar as quantificações estabelecidas nesse tipo de mapeamento, com o intuito determinar os diferentes cenários ambientais da área.

De acordo com Câmara (1996), Sistemas de Informação Geográfica – SIGs – são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la. Após esta fase, foi realizada a escolha de um conjunto de três bandas (2, 3 e 4), as quais são fundamentais para se trabalhar com uso e ocupação do solo, sendo essencial esse agrupamento, realizando a composição das imagens.

De acordo com Medeiros (2018), as bandas espectrais representam faixas do espectro eletromagnético e têm a capacidade de discriminar e/ou realçar diferentes objetos nas imagens. Cada banda encontra-se em tonalidades de cinza e devido a isso é possível criar uma composição falsa-cor para melhorar a visualização dos objetos. Foi indispensável fazer um procedimento simples para recortar uma imagem através de um polígono irregular do limite municipal.

De acordo com o INPE (2018) a classificação é o processo de extração de informação em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em sensoriamento remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse.

A área de estudo foi classificada usando o classificador supervisionado e interpretação digital das imagens de satélite CBERS-4. No programa GIS após a criação da imagem segmentada e de criar o arquivo, foi executado o treinamento, realizado com a obtenção de amostras para cada classe de uso e cobertura da terra. Em seguida as amostras

foram analisadas, permitindo verificar a validade das amostras coletadas. Nessa classificação, o treinamento diz respeito ao reconhecimento da assinatura espectral de cada uma das classes de uso do solo da área da imagem. As classes propostas para a categorização foram as seguintes: Água; Vegetação: Ciliar, Preservada e Rarefeita; além de área Antropizada. A escolha dessas cinco classes se deu em razão das imagens de satélite obterem uma resolução espacial de 55m, servem ao monitoramento de fenômenos ambientais e regionais dinâmicos, pois tem alta frequência e uma razoável resolução espacial. Por isso, não foi possível uma classificação mais detalhada. Concluído a classificação das imagens, fez-se elaboração do Layout do mapa.

A transformação das imagens, resultando no mapa de uso e ocupação do solo teve como propósito a possibilidade de quantificar as áreas de alterações, fazendo comparações em um intervalo de tempo de 10 anos. É importante destacar que a característica do mesmo é apresentar um estudo ainda preliminar, de caráter comparativo como foi exposto, a partir das tecnologias disponíveis.

Por meio da interpretação e análise das imagens de satélite, foram estabelecidos alguns critérios, sendo possível a realização dos mapeamentos segundo as classes de uso e ocupação do solo. Para a elaboração do mapa, foi preciso determinar alguns parâmetros de classificação, ao fato das imagens obtidas não apresentarem uma alta resolução espacial. Desta maneira, foi proposta a seguinte categorização:

Tabela I – Classes de uso e ocupação do solo
Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Classes de uso e ocupação do solo	
Classificação	**Características**
Água	Todos os corpos d'água.
Vegetação Ciliar	Vegetação remanescente nas margens dos cursos d'água.
Vegetação Preservada	A Caatinga preservada, mais densa.

Vegetação Rarefeita	A Caatinga degradada, vegetação rala.
Área Antropizada	Perímetro urbano, solos expostos.

Os dados obtidos permitiram analisar a situação atual do uso e ocupação do solo, no município de Jardim de Piranhas/RN, uma vez que o último mapa elaborado retratando essa temática foi do ano de 2008 e no decorrer desses 10 anos, muito se modificou em relação à vegetação, água e antropização.

É de suma importância ter disponível o levantamento de informações sobre o atual uso do solo de determinada área, pois, de posse das mesmas, será possível munir o poder público para o adequado monitoramento preventivo de riscos que estejam associados ao mau uso dos solos (HORTA, et al., 2006).

3. Resultados e discussões

Na perspectiva de compreender a dinâmica de uso e ocupação do solo no município de Jardim de Piranhas/RN, foi realizada uma comparação entre dois mapas dos anos de 2008 e 2018. O mapa correspondente ao ano de 2008, elaborado a partir da imagem do sensor CCD do satélite CBRES-2B, adquirida em 23 de agosto de 2008, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Figura 2). Enquanto o mapa referente ao ano de 2018 foi gerado pelos autores com imagens com satélite CBRES-4A.

Figura 2 - Mapa de uso e ocupação do solo, no município de Jardim de Piranhas/RN
Fonte: INPE, 2008.

A classificação automática das imagens orientada ao objeto resultou em um mapa de uso e ocupação do solo, no município de Jardim de Piranhas/RN para o ano 2018 (Figura 3).

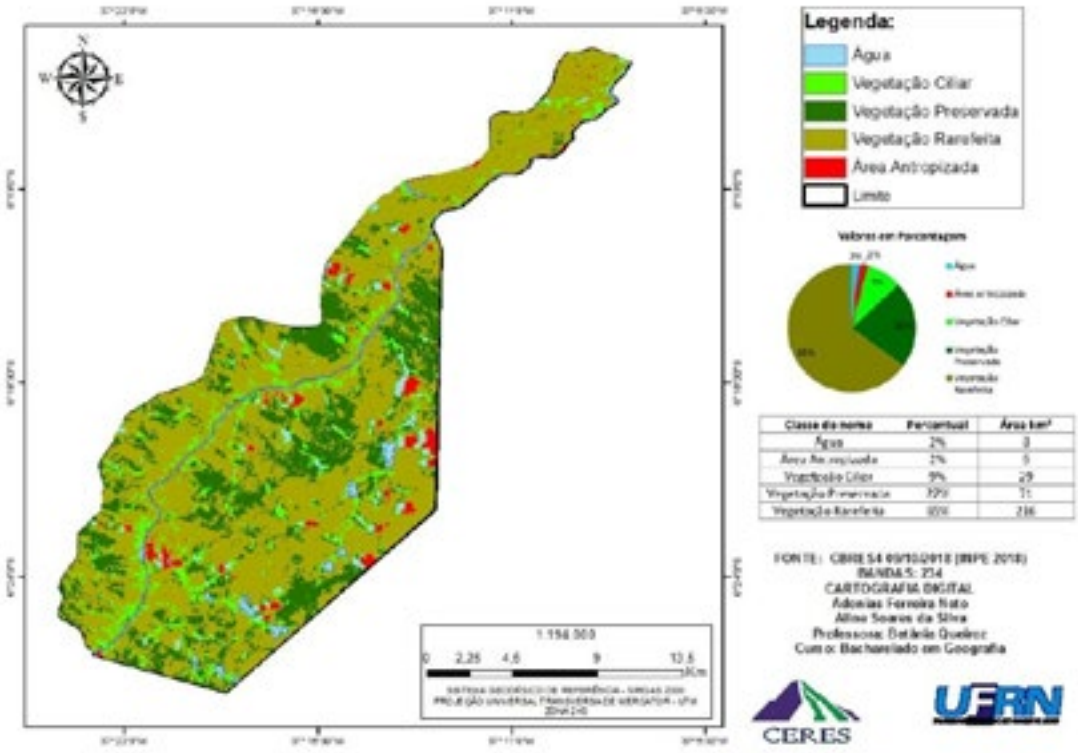


Figura 3 - Mapa de uso e ocupação do solo, no município de Jardim de Piranhas/RN
Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Tabela II – Classes de uso e ocupação do solo, valores em K²/Porcentagem
Fonte: Acervo dos autores, 2018.

Classe de nome	Percentual (%)	Área (km²)
Água	2	8
Área Antropizada	2	6
Vegetação Ciliar	9	29
Vegetação Preservada	22	71
Vegetação Rarefeita	65	216

A partir da análise dos mapas, permitiu-se a visualização geral do ambiente, tornando assim, possível analisar e quantificar os tipos de uso e ocupação do solo, e também identificar alterações ambientais. Por meio da classificação foi possível detectar a presença de cinco classes de uso e ocupação do solo, sendo estas representadas por água, vegetação ciliar, vegetação preservada e vegetação rarefeita, além da área antropizada.

A metodologia utilizada respondeu aos objetivos propostos, uma vez que permitiu identificar os diferentes usos e ocupação da área, assim como também os problemas relacionados à degradação e às pressões antrópicas. Ao longo da história da humanidade, o homem ocupou e transformou o seu meio, ou seja, sempre fez uso dos recursos naturais como forma de suprir suas necessidades básicas de sobrevivência. Neste sentido, vem ocupando diferentes espaços, o que geralmente ocorre de forma desordenada ou sem um estudo apropriado, o que tem causado sérios prejuízos ao Meio Ambiente (HORTA, et al., 2006).

Segundo Nardini (2009), o levantamento do uso do solo, em uma determinada região, torna-se um aspecto de interesse fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço, já que o conhecimento das alterações ambientais, provocadas pela ação antrópica, possibilita uma visão dos problemas existentes e produz subsídios para gestão dos recursos naturais.

Contudo, por meio das análises das modificações na extensão das classes temáticas no município estudado, foi possível perceber nitidamente tamanho a degradação da vegetação no período de 10 anos, onde se perdeu bastante da flora, decorrente de vários fatores existente na cidade como desmatamento para expansão da área cultivada nas propriedades rurais. Sendo assim, ocasionou uma diminuição da vegetação ciliar que no ano de 2008 tinha um percentual de 16 % e o resultado do ano de 2018 apenas 9%, além disso, teve um aumento da vegetação degradada, que antes era de 51% e nesse intervalo de 10 anos se agravou, chegando a 65%. Com a seca dos últimos anos na região, os produtores agrícolas buscaram novas áreas e na

busca pela água aproximaram ainda mais das margens do rio; pisoteio e trânsito de banhistas; expansão de áreas urbanas, devido os últimos anos sem ocorrer uma precipitação pluviométrica de alta expressão, a população acaba construindo suas moradias nas áreas de APP; extração de areia no rio; criação de bovinos, caprinos, etc., que além de se alimentar da vegetação, eles compactam o solo. Desta forma, resultou numa degradação que deu lugar para uma vegetação rarefeita. Nesse sentido, os resultados corroboram a hipótese de que os corpos d'água sofrem pressões ambientais, o que pode impactar seriamente os recursos hídricos da bacia, que abastece grande parte do Seridó Potiguar, uma vez que nos dados do primeiro mapa (figura 2) se obteve uma porcentagem de 4%, diminuindo para 2% a quantidade de água do segundo mapa (figura 3).

4. Considerações finais

A utilização de Geotecnologias, como Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento em ambiente SIG geográfica apresentam-se como importantes ferramentas, em função da facilidade e rapidez no mapeamento das unidades de paisagem, contribuindo desta forma na elaboração de mapas digitais, concedendo resultados confiáveis em um pequeno intervalo de tempo.

Nesta perspectiva, a adoção de um município como unidade de planejamento permite correlacionar diferentes variáveis ambientais e antrópicas. A caracterização do uso e ocupação do solo no entorno do município em questão foi importante para compreender a dinâmica das transformações sofridas durante o período de 2008 a 2018.

Com o presente trabalho foi possivel mostrar dasdos quantitativos de intensas atividades antrópicas que contribuem para aumentar cada vez mais os problemas ambientais na área, afetando tanto a população, como comunidades vegetais e animais, que necessitam do rio. No entanto, é recomendável fazer a análise a partir de imagens de satétile obtidas com o mesmo sensor, evitando conflito de escala e resolução espacial.

Contudo, esta análise evidenciou-se a necessidade da realização de trabalhos futuros com o intuito de monitorar a situação urbana e ambiental do município de Jardim de Piranhas/RN e contribui para estudar os processos de degradação existentes na cidade.

5. Referências Bibliográficas

CÂMARA, G.; FREITAS, U.M.; SOUZA, R.C.M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, vol. 15, n.6, July 1996.

CAMPOS, D. C**. *Dinâmica de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Arroio dos Pereiras em Irati – PR e sua influência na qualidade das águas superficiais***. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

FERREIRA, C. C. **Uso de imagens de sensoriamento remoto para mapeamento do uso e ocupação da terra da Bacia Hidrográfica do Alto Sucuriú- MS-BR**. II Simpósio Internacional da Cartografia na Geografia. São Paulo. 2010.

HORTA, I. M. F. Levantamento dos Solos e Ocupação da superfície do Município de Nazareno/MG. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras. Lavras/MG, 2006.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

MEDEIROS, A. **Composição de Bandas Espectrais com ArcGIS**. Disponível em:http://www.andersonmedeiros.com/arcgis- composicao-bandas-imagens-de-satelite/ Acesso em: 23 de novembro de 2018.

NARDINI, R. C. **Determinação do conflito de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanente da microbacia do ribeirão Água-Fria, Bofete (SP), visando a conservação dos recursos hídricos**. 2009. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Irrigação e Drenagem)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista. Botucatu- SP. UNESP. 2009.

TÔSTO, S. G. **Geotecnologias e Geoinformação**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS EM ESTUDOS DE ALOCAÇÃO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA ZONA DE AMORTECIMENTO DO PARQUE NACIONAL DAS EMAS

Alécio Perini Martins[(a)], Carlos Eduardo Damasceno[(b)], Bruno Jefferson Soares de Oliveira[(c)]

[(a)] Professor, Doutor, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, alecioperini@yahoo.com.br

[(b)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, eduardo.geo@outlook.com.br

[(c)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, jeffbrunojeffersoms.o@gmail.com

Eixo: 9 - Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Localizado no sudoeste de Goiás, o Parque Nacional das Emas apresenta área de 132.813ha e uma Zona de Amortecimento com 263.432ha, ocupando parte dos municípios de Chapadão do Céu e Mineiros, em Goiás e Costa Rica, no Mato Grosso do Sul. Além destes municípios, a Zona de Amortecimento abrange parte dos territórios de Serranópolis (GO), Alcinópolis (MS), e Alto Taquari (MT). 63,7% da Zona de Amortecimento é ocupada por atividades agrícolas, sobretudo grãos e 25% ainda encontra-se com diferentes feições de cerrado conservadas. Assim, a pesquisa desenvolvida teve como objetivo a realização de uma análise geoambiental da região, indicando áreas prioritárias para a criação de unidades de conservação que prolongariam a área de influência do parque. Na análise foram utilizadas geotecnologias e técnicas como a análise multicritério para indicar três áreas propícias para a criação de Unidades de Conservação e/ou Corredores Ecológicos complementares ao Parque Nacional das Emas.

Palavras chave: Geotecnologias; Unidades de Conservação; Cerrado.

1. Introdução

No Brasil, as Unidades de Conservação (UC's) apresentam-se como alternativas para a conservação da biodiversidade e uso sustentável dos recursos naturais. No Estado de Goiás, as UC's ainda não são suficientes para a efetiva conservação das diferentes fitofisionomias do

Cerrado, como por exemplo o Parque Nacional das Emas, que se apresenta como uma "ilha" em meio a grandes áreas de agricultura e pastagem no sul do Estado (SANTOS, 2018).

A primeira legislação ambiental brasileira que apresenta conceitos, objetivos e instrumentos claros para a defesa do meio ambiente entra em vigor apenas em agosto de 1981, representada pela Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/1981), que prevê, em seu artigo 9º, a criação de espaços territoriais especialmente protegidos pelo Poder Público, viabilizando a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) no ano de 2000 (Lei 9985/2000), estabelecendo critérios para criação e gestão de Unidades de Conservação no Brasil. No Estado de Goiás, o Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) entrou em vigor no ano de 2002 (Lei 14247/2002).

O SNUC divide os tipos de Unidades de Conservação em dois grandes grupos, sendo as Unidades de Proteção Integral, nas quais se enquadram os Parques Nacionais, visando a preservação integral da natureza, e as Unidades de Uso Sustentável, com objetivo de compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. Neste último grupo, se enquadram unidades como as Áreas de Proteção Ambiental (APA's), Áreas de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN's), que têm se mostrado como alternativas importantes para Zonas de Amortecimento dos Parques Nacionais, garantindo a conectividade destas com outras áreas de vegetação natural ainda conservadas.

De acordo com Santos (2018), no Sul do Estado de Goiás existem 12 Unidades de Conservação, sendo um único Parque Nacional (Parque Nacional das Emas), 3 Parques Estaduais, 1 Parque Municipal, 1 APA, 1 Floresta Nacional e 5 RPPN's, totalizando uma área de 149.981 ha, das quais o Parque Nacional das Emas responde por 88,5% do total.

Localizado no extremo sudoeste do Estado de Goiás (figura 1), o Parque Nacional das Emas (PNE) foi criado no ano de 1961, tendo seus limites revistos no ano de 1972, apresenta uma

área total de 132.813ha e uma Zona de Amortecimento com 263.432ha, que não cumpre totalmente o seu papel ecológico. O PNE ocupa parte dos municípios de Chapadão do Céu e Mineiros, em Goiás e Costa Rica, no Mato Grosso do Sul.

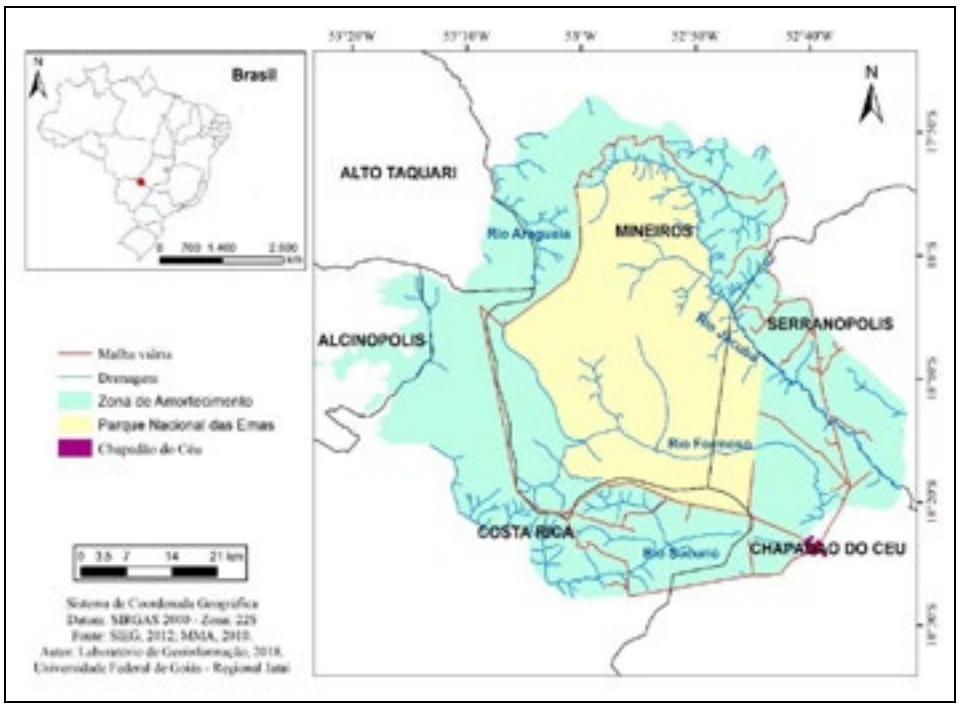


Figura 01 - Localização do Parque Nacional das Emas e Zona de Amortecimento
Fonte: MMA, 2010; SIEG, 2012.

Vitalli, Zakia e Durigan (2009, p.67-68) destacam que a integridade das Unidades de Conservação e sua efetividade em cumprir suas funções ambientais dependem da criação de "Zonas Tampão", que devem funcionar como filtros, contendo os efeitos de borda causados pela fragmentação dos ecossistemas e "impedindo que atividades antrópicas externas coloquem em risco os ecossistemas naturais dentro das áreas protegidas". "(...) A regulamentação das atividades nessa zona deveria ser, portanto, uma das práticas conservacionistas a ser incorporada pelas unidades de conservação" (VITALLI, ZAKIA e DURIGAN, 2009, p.68).

O Plano de Manejo do Parque Nacional das Emas, elaborado em 2004, define em seu item 4.5.3 os vértices que delimitam a Zona de Amortecimento e, no item 4.6, algumas normas gerais para uso, principalmente, para o uso de agrotóxicos. De acordo com o Plano de Manejo, em uma faixa de 2km contígua às áreas do PNE e nas APPs que margeiam os cursos d'água da Zona de Amortecimento, é permitido somente o uso de agrotóxicos pouco ou muito pouco tóxicos (classe IV), considerada como faixa verde. Outro ponto importante diz respeito às reservas legais das propriedades, que teriam um prazo de 2 anos para se adequar ao Plano de Manejo (até 2006), sendo que as reservas das propriedades confrontantes ao PNE deverão ser localizadas preferencialmente junto aos limites do parque, objetivando a conectividade com outras áreas de preservação.

Visto a intensa ocupação agropecuária na Zona de Amortecimento do Parque Nacional das Emas, a pesquisa desenvolvida teve como objetivo a realização de uma análise geoambiental da região, indicando áreas prioritárias para a criação de unidades de conservação que prolongariam a área de influência do parque.

2. Material e métodos

Inicialmente, foram realizados levantamentos bibliográficos e documentais, a fim de criar um banco de dados geográficos sobre a área, especialmente para a Zona de Amortecimento do Parque Nacional das Emas. Entre os documentos, foi realizada a leitura do Plano de Manejo do parque, do Plano Nacional do Meio Ambiente, do Código Florestal Brasileiro e do Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Para a criação do banco de dados geográficos, foram levantadas informações em formato "shapefile" (.shp) dos temas Geologia, Relevo, Solos, Recursos Hídricos, Malha Viária e Clima, além de informações socioeconômicas sobre ocupação do território e principais atividades produtivas nos municípios que compõem a Zona de Amortecimento do Parque Nacional das Emas. Também compõem o banco de dados imagens do satélite Sentinel2, com resolução espacial de 10 metros e do sensor PALSAR/ALOS, com imageamento do relevo em resolução de 12,5m. Todos os

mapeamentos foram desenvolvidos utilizando o software ArcGIS 10.1®, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG/Regional Jataí.

Para o mapeamento de uso e cobertura da terra foram utilizadas imagens do satélite SENTINEL2, de 18 de outubro de 2017 com resolução espacial de 10 m, onde foi realizada a composição das bandas: 3 (Azul – 490 nm), 4 (Verde – 560 nm), 5 (Vermelho – 665 nm) e 8 (Infravermelho Próximo – 842 nm). Obtidas de forma gratuita no domínio eletrônico do serviço geológico dos Estados Unidos - USGS (*United States Geological Survey*).

Após o mapeamento prévio, foi realizada atividade de campo entre os dias 10 e 13 de maio de 2018, quando toda a área de estudo foi percorrida, georreferenciada e registrada por levantamento fotográfico. Os levantamentos seguiram as recomendações do Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH, 1991) e dos manuais técnicos do IBGE de Geomorfologia (2009), Pedologia (2015) e Uso da Terra (2013).

Foi realizado um estudo de possibilidade de alocação de Unidades de Conservação e criação de Corredores Ecológicos para a conservação da biodiversidade, considerando o aspecto de "ilha" apresentado pelo Parque. O objetivo é procurar formas de conectar a Unidade a outras bacias hidrográficas e áreas que apresentem vegetação natural ainda conservadas. O mapeamento foi baseado nos estudos de Cabral e Souza (2005), Matsumoto et. al. (2012) e Santos (2018) e considerou as seguintes variáveis: a) Faixa de 100 metros a partir de cada margem dos cursos d'água; b) Áreas úmidas; c) Áreas com declividade superior a 25%; d) Remanescentes de vegetação natural, com área superior a 100ha. Após o cruzamento das informações, foram identificadas áreas com baixo, médio e alto potencial para alocação de Unidades de Conservação, além da indicação de áreas para criação de Corredores Ecológicos.

Apesar de o parque ser cercado por estradas, ferrovias e áreas de intenso uso agrícola, é possível estabelecer conexões entre a Unidade de Conservação e as bacias dos rios Corrente,

Verde, Sucuriú e Araguaia, seja por meio de corredores, seja pela criação de Áreas de Proteção Ambiental ou Reservas Particulares do Patrimônio Natural. Salienta-se que a criação destas unidades de conservação pode ser revertida em benefícios ambientais e fiscais aos proprietários, conforme previsto na legislação ambiental vigente.

3. Resultados e discussão

O Parque Nacional das Emas e sua Zona de Amortecimento encontram-se em uma região caracterizada pelos altos índices de produtividade no campo. O município de Chapadão do Céu, por exemplo, figura entre os maiores produtores de grãos do Estado de Goiás, principalmente de milho e soja, com uma média de 93.000 ha colhidos de soja nos últimos 10 anos. Com relação à Zona de Amortecimento que, além do município de Chapadão do Céu, abrange áreas dos municípios de Serranópolis e Mineiros, em Goiás, Costa Rica e Alcinópolis, no Mato Grosso do Sul, e Alto Taquari em Mato Grosso, 63,7% da área é ocupada por atividades agrícolas, sobretudo grãos (Figura 2).

De um total de 2.634,3 Km², 20,1% da área da Zona de Amortecimento do PNE ainda encontra-se recoberta por diferentes feições de Cerrado, 2,9% por formações florestais, matas ciliares e de galeria e Cerradão e 2% por áreas úmidas, totalizando 25% de áreas ainda conservadas. Por se tratar de uma Zona de Amortecimento de uma área de conservação desta importância, considera-se um número bastante reduzido. Os outros usos identificados foram de Pastagens (11,2% da área), principalmente em áreas dos municípios de Serranópolis e Mineiros caracterizadas por solos mais arenosos e declividades mais acentuadas e de Silvicultura em um percentual de área ainda pouco significativo (0,1%). Diferentes categorias de corpos d'água recobrem menos de 0,1% da Zona de Amortecimento.

A partir da análise do ambiente, foi desenvolvido um mapeamento (Figura 3) com a finalidade de indicar áreas potenciais para a criação de Unidades de Conservação na Zona de

Amortecimento e de estabelecer ligações entre o parque e outras áreas com vegetação natural conservada na região.

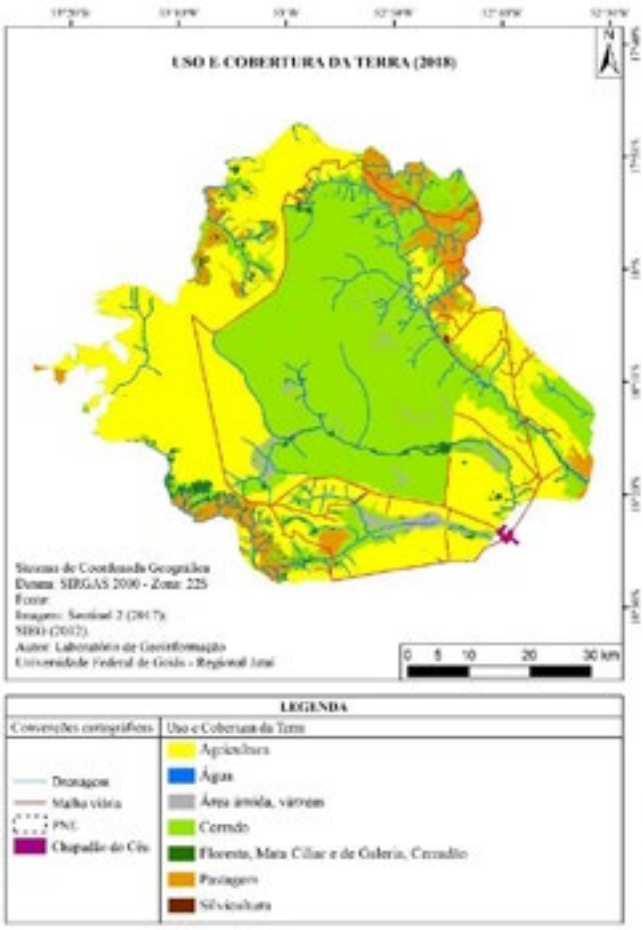


Figura 2 – Uso e cobertura da Terra (2017).

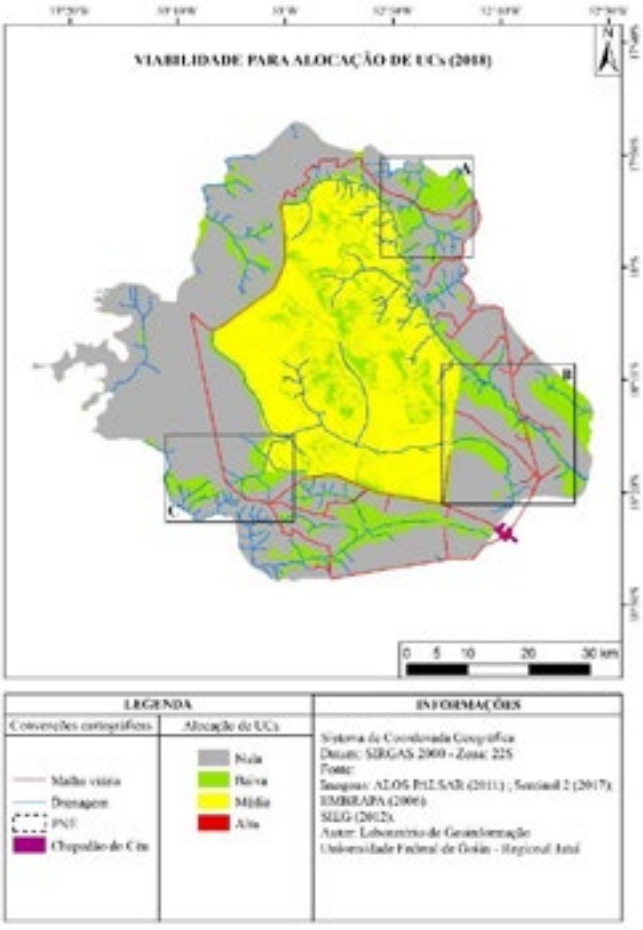


Figura 3 – Viabilidade para alocação de unidades de Conservação (2018).

Para esta análise foram consideradas as seguintes variáveis: a) manchas com vegetação remanescente (feições de cerrado e floresta) com áreas superiores a 100ha; b) Zona de 500m no entorno do Parque Nacional das Emas; c) Faixa de 100 metros a cada margem dos cursos d'água; d) Áreas úmidas; e) Declividade do terreno (inclinações superiores a 25%).

Excluindo-se a área do Parque Nacional das Emas, que já é uma Unidade de Conservação consolidada, apenas 1,3% da área apresentou alto potencial para implantação de unidades de conservação, se restringindo às faixas de preservação permanente determinadas para os cursos d'água. Esse baixo percentual deve-se, principalmente, à intensa fragmentação vegetal da Zona de Amortecimento e indica a possibilidade de criação de corredores ecológicos nas margens dos principais cursos d´água que drenam a região.

A área com viabilidade média coincidiu com os limites do Parque Nacional das Emas e cabe destacar aqui diversas áreas classificadas como baixas (18,6% da área total), mas que coincidem com os maiores fragmentos de vegetação natural conservados, que podem servir como pontos de conexão entre o parque e áreas de nascentes e bacias hidrográficas do entorno (Figura 4 A, B e C). Juntos, estes fragmentos somam mais de 70.000ha que podem ser aproveitados para a conservação da biodiversidade local.

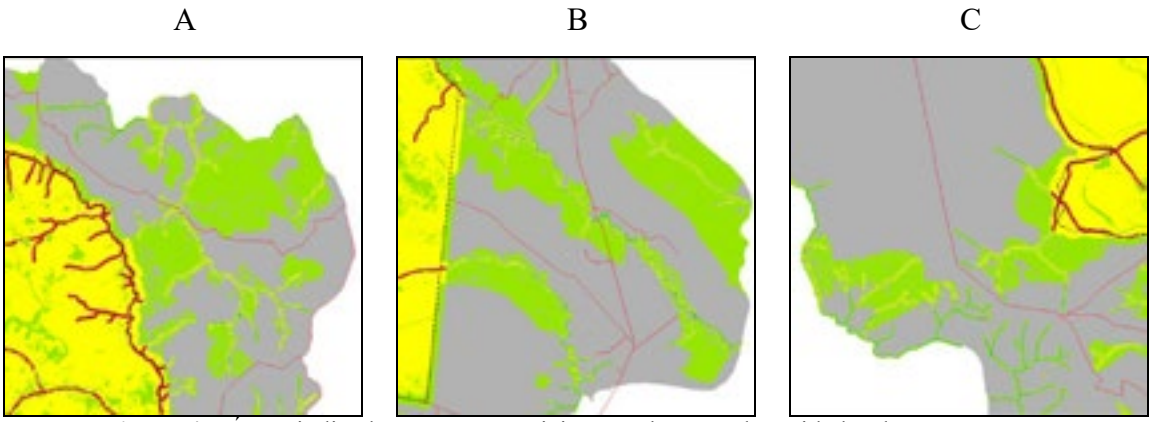


Figura 4 – Áreas indicadas como potenciais para alocação de Unidades de Conservação.

O ponto indicado como A encontra-se entre os municípios de Serranópolis e Mineiros (figura 5), apresenta relevo predominantemente ondulado, solos arenosos e diferentes feições de cerrado, em especial áreas de Cerradão que são pouco observadas na área do Parque Nacional das Emas. Além da proximidade com o parque, possibilita a conexão entre a Unidade de Conservação e a bacia do Rio Verde, importante afluente da margem direita do Rio Paranaíba,

em conjunto com o Rio Corrente. A região apresenta algumas áreas de criação extensiva de gado, mas apresenta potencial para constituição de uma Área de Preservação Ambiental (APA), embora esteja distante das áreas ocupadas por plantios da Usina Cerradinho e mais próximo a áreas de cultivo no município de Mineiros, pertencentes a outra empresa do setor.

Figura 5 – Panorâmica da região do Córrego Faveiro no município de Serranópolis, indicada para criação de Unidade de Conservação ligando o Parque Nacional das Emas à bacia do Rio Verde. A região apresenta alta fragilidade ambiental, solos muito arenosos, relevo ondulado, presença de alguns processos erosivos e manchas de vegetação natural ainda conservadas. A qualidade das estradas é muito ruim e observam-se algumas fazendas com práticas pecuárias na região.
Dos autores, 2018.

A segunda região identificada, representada pela letra B, localiza-se entre os municípios de Chapadão do Céu e Serranópolis, às margens dos Rios Formoso e Jacuba e nascentes do Rio Douradinho. Pela intensa ocupação agrícola, não se mostra viável a criação de unidades de conservação, mas recomenda-se a criação de corredores ecológicos utilizando as faixas marginais dos cursos d´água, visto que estes apresentam consideráveis áreas de vegetação conservada, além de porções de áreas úmidas. Avaliando o ambiente de forma integrada, seria a área mais favorável ao desenvolvimento de ações de compensação e conservação ambiental.

A terceira área selecionada, indicada pela letra C, localiza-se em uma faixa de contato entre o Parque Nacional das Emas (nascentes do Rio Formoso) e afluentes da bacia do Rio Sucuriú, no Mato Groso do Sul. Além das áreas de remanescentes, a região apresenta porções significativas de áreas úmidas, cuja conservação é condição fundamental para a manutenção

do sistema hídrico. Apesar da intensa ocupação agrícola, entende-se que seja viável a criação de unidades do tipo APA ou RPPN para a conservação deste conjunto de nascentes.

4. Considerações finais

Considerando a intensa ocupação agropecuária ocorrida a partir do final da década de 1970, o Parque Nacional das Emas apresenta-se hoje como uma "ilha", não cumprindo totalmente sua função de conservação da biodiversidade e manutenção dos sistemas ambientais. Apesar desta configuração, a Zona de Amortecimento da unidade encontra-se em uma área com potencialidades para a criação de corredores ecológicos e unidades de uso sustentável que auxiliem o Parque Nacional das Emas em suas funções ambientais, diminuindo os impactos das atividades desenvolvidas, principalmente os efeitos de borda.

Cerca de 25% da Zona de Amortecimento encontra-se, ainda, coberta por remanescentes de vegetação, sobretudo nas proximidades dos cursos hídricos, e áreas úmidas com potencial para conservação. Estas últimas, representam os principais pontos de conflito ambiental, apresentando áreas de cultivo em terrenos que deveriam ser destinados à conservação dos recursos hídricos, motivo pelo qual sugere-se um acompanhamento mais cuidadoso destas áreas, sendo ideal a criação de Áreas de Preservação Ambiental ou Reservas Particulares do Patrimônio Natural. Além das áreas úmidas, merecem atenção especial as zonas de neossolos quartzarênicos, ambientes com uma maior susceptibilidade natural à erosão.

5. Agradecimentos

Agradecemos a UFG/Regional, especificamente a Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos; a Usina Cerradinho Bioenergia S.A. pelo apoio logístico e pela autorização de ingresso em áreas de plantio para realização das análises; E a Hidrocon Consultoria e Engenharia Ltda. pela disponibilização de bolsas de estágio para os estudantes e pela viabilização das atividades de campo.

6. Referências

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispões sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: Acesso em: 25 de maio de 2018.

CABRAL, N. R. A. J.; SOUZA, M. P. Área de proteção ambiental: planejamento e gestão de paisagens protegidas. 2 ed. São Carlos: RiMa, 2005. 158 p.

ESRI - Environmental Systems Research Institute Inc. ArcGis versão 10.1. EUA: Environmental Systems Research Institute, 2012.

GOIÁS. Lei n. 14.247, de 29 de julho de 2002. Institui o Sistema Estadual de Unidades de Conservação no Estado de Goiás. Disponível em: < http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2002/lei_14247.htm>. Acesso em: 25 de maio de 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de Pedologia. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de uso da Terra. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico de Geomorfologia. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.

LEPSCH, I. F. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 2 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

MATSUMOTO, M. et al. LegalGeo: Um aplicativo pra a identificação das áreas potenciais para recuperação e implementação de reservas legais no cerrado. In: PAESE, A. et al. (Org.) Conservação da Biodiversidade com SIG. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. 240 p.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano de manejo do Parque Nacional das emas. Disponível em: <http://observatorio.wwf.org.br/site_media/upload/gestao/planoManejo/PM_parna_emas.pdf> Acesso em 15 mar. 2018.

SANTOS, P. T. Planejamento ambiental de unidades de conservação: estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Claro – Goiás. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFG/Regional Jataí. Jataí-GO, 2018. 152f.

SIEG – Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás. Base cartográfica e Mapas temáticos do Estado de Goiás. Disponível em: < http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 25 mar. de 2018.

VITALLI, P. L.; ZAKIA, M. J. B.; DURIGAN, G. Considerações sobre a legislação correlata à zona-tampão de unidades de conservação no Brasil. Ambiente & Sociedade, n.1, v.12, p.67-82, jan./jun. 2009.ESRI - Environmental Systems Research Institute Inc. ArcGis versão 10.1. EUA: Environmental Systems Research Institute, 2008.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Downloads de imagens Landsat, SRTM e Sentinel. Disponível em: < https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 20 mar. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SÃO DOMINGOS, TRÊS LAGOAS (MS).

Rafael Martins Brito [(a)], Patricia Helena Mirandola Garcia [(b)], Amanda Moreira Braz [(c)], Cesar Cardoso Ferreira [(d)], Renan de Almeida Silva [(e)], Erivelton Pereira Vick[(f)], Matheus Henrique de Souza Barbosa [(g)]

[(a)] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, rafaelgeografiaufms@gmail.com
[(b)] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, patriciaufms@gmail.com
[(c)] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, amandabraz.geo@gmail.com
[(d)] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, cezar.ufms@gmail.com
[(e)] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, geo.renanalmeida@gmail.com
[(f)] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, e.vick@hotmail.com
[(f)] Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, matheus.geo2013@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo o mapeamento e análise das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do córrego São Domingos, municipio de Três Lagoas/MS no ano de 2016. Com o apoio de geotecnologias e organizado conforme os niveis de pesquisa prpostos por Libault (1971), fez-se uma análise sistêmica das condições de uso e ocupação da terra dentro dos limites de faixa estabelecidos pelo código florestal Lei Nº 12.651. Detectou-se cinco classes de uso e cobertura da terra: corpos d'água continental, área úmida, campo sujo, pastagem e vegetação natural florestal. Identificou-se que áreas com plantio de silvicultura tendem a propiciar maior proteção ao solo e contra ação das águas pluviais, respeitados os limites das APP's. As situações mais nocivas foram verificadas em relação à presença de gado em barramentos que servem como bebedouro e em nascentes sem o devido cercamento.

Palavras chave: Geotecnologias; Bacia Hidrográfica; Áreas de Preservação Permanente.

1. Introdução

Mediante a recorrente falta de planejamento, e a ocupação desordenada do homem sobre a superfície terrestre, a preocupação de como ocorre a utilização dos recursos naturais em detrimento à preservação do ambiente, tem se tornado cada vez mais alvo de debates no meio acadêmico e em várias esferas da sociedade.

As áreas destinadas à preservação permanente são consideradas essenciais ao meio natural e a sociedade humana por desempenharem um papel fundamental na manutenção e proteção dos mananciais. Águas e matas são indissociáveis, a vegetação por ser diretamente relacionada à permeabilidade dos solos, é determinante para a regularidade da vazão dos rios, onde permeiam nesta relação também outros fatores como a estabilidade das margens dos cursos d'água impedindo a erosão e o assoreamento dos cursos hídricos, dentre outras tantas funções importantes, (SMA, 2009, p. 3).

Assim, justifica-se a realização do presente trabalho mediante as significativas alterações no uso e cobertura da terra que vem sendo detectadas ao longo da última década na Bacia Hidrográfica do Córrego São Domingos (BHCSD), principalmente pelo avanço da silvicultura na região, com o objetivo de analisar as Áreas de Preservação Permanente (APP's) no ano de 2016 a partir da Lei Nº 12.651, observando suas condições de preservação e/ou degradação.

1.1. Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do córrego São Domingos encontra-se entre as coordenadas geográficas 21° 9' 53" S e 20° 0' 39" S e 52° 19' 50" W e o 51° 30' 17" W, é afluente à margem direita da bacia do Rio Sucuriú com uma área estimada em aproximadamente 112,839 Km². As principais atividades encontradas na BHCSD (Figura 1) e que ocupam a maior parte de sua extensão correspondem à pecuária e silvicultura.

Figura 1 - Mapa de localização da BHCSD.

2. Materiais e métodos

Partindo do pressuposto de uma análise sistêmica do ambiente conforme Bertalanffy (1975), a organização dos procedimentos metodológicos está disposta conforme o Quadro 1, empregando a metodologia de Libault (1971), subdividindo os procedimentos em quatro níveis: compilatório, correlatório, semântico e normativo.

Quadro 1 - Níveis da pesquisa organizados segundo a metodologia de Libault (1971).

Metodologia Libault (1971)	
Nível Compilatório	Coleta de dados pré-existentes (dados secundários) e dados primários obtidos através de saídas de campo. As ações deste nível são referentes a aquisição de informações, análise e seleção dos dados a serem compilados. Dentre esses dados estão as consultas bibliográficas textuais e cartográficas, ações essas que permeiam todos níveis da pesquisa.

Nível Correlatório	Fica a cargo deste nível a correlação entre os dados adquiridos com a realidade do trabalho em seus diferentes momentos. Neste nível aplica- se a interpretação das imagens de satélite e a produção cartográfica base para a confecção dos mapas necessários (que também se encontra no nível semântico), além da confirmação desses dados obtidos juntamente com a validação em campo, e o ordenamento das informações por categorias que também englobam esta etapa. Assim sendo, também contempla a elaboração de documentos cartográficos e demais produtos como tabelas, gráficos e apresentação de imagens captadas *in loco.*
Nível Semântico	Após a execução das correlações, faz-se necessário uma análise geral dos dados gerados até esta etapa da pesquisa, analisando a necessidade (ou não) da inserção ou exclusão de dados, correções, exclusões e inserção de informações pertinentes ao estágio da pesquisa, tendo assim uma visão dos produtos gerados e do avanço da pesquisa até o presente momento.
Nível Normativo	Por fim, a etapa relativa ao nível normativo é responsável pela distribuição sistemática dos resultados obtidos nos processos pretéritos. Os produtos gerados e as conclusões formuladas a partir do objetivo central da pesquisa são apresentadas.

Em um primeiro momento fez-se necessário a elaboração de um mapa base da BHCSD, utilizando a carta topográfica da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), Folha Três Lagoas SF-22-V-B-V, onde posteriormente ocorreu a coleta dos dados secundários, obtendo-se imagens de Radar do satélite ALOS-PALSAR (©JAXA/METI 2007) e do satélite CBERS 4 (10 metros) referentes ao ano de 2016 para a delimitação da bacia e a elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.

Em etapa posterior, elaborou-se a delimitação da BHCSD, realizada automaticamente por meio do software Global mapper V16.0, a partir de imagens de Radar do satélite ALOS-PALSAR (©JAXA/METI 2007), utilizando-se do SIG ArcGis 10.3.1 pela ferramenta *analysis, em analysis> generate watershed*. Usando à distribuição espacial da altitude e da superfície do terreno, denominada Modelo Numérico de Terreno (MNT), como explica Sobrinho et al. (2010), a automatização da delimitação de bacias hidrográficas por meio de imagens de radar apresenta-se vantajosa e estabelece uma padronização do traçado e evita posteriores conflitos quanto aos recursos correspondentes a esta delimitação.

Os procedimentos para a realização do mapa temático de uso e cobertura da terra do ano de 2016, foram realizados por meio do programa SPRING® 5.3 (CÂMARA et al., 1996), usando como base imagens de satélite do sensor PAN (10M), do satélite CBERS 4, órbita 162/ponto 123, datadas de 15/07/2016, com resolução espacial de 10 metros. As bandas referentes à composição colorida utilizadas foram: Banda 2 (Verde), Banda 3 (Vermelho) e Banda 4 (Infra-vermelho próximo). Após a escolha e importação da imagem, foi aplicada a técnica de realce do contraste, que tem por objetivo, segundo o INPE (2006), melhorar a qualidade das imagens sob os critérios subjetivos do olho humano, utilizando-a como uma etapa de pré-processamento para sistemas de reconhecimento de padrões. Posteriormente, a imagem foi segmentada com similaridade no valor 10 e área (*pixels*) valor 8.

Após a obtenção do mapa de uso e cobertura da terra realizou-se o mapeamento e quantificação das APP's designadas pela Lei Nº 12.651 em toda extensão da bacia, com o intuito da verificação quanto às normas estabelecidas. Aplicou-se o *buffer* de distância das APP's compatíveis a largura dos cursos d'água, utilizando a ferramenta presente em *ArctoolBox> Analisty Tolls> Proximity> Buffer.*

O prévio levantamento de gabinete realizado nas etapas que precederam a saída de campo, coletando e organizando em banco de dados as informações secundárias referentes ao local de estudo, deram suporte a posterior organização da saída de campo e coleta de dados primários, dispostos em 3 etapas: 1 - Definição dos pontos de visita, seus respectivos critérios e a rota a ser traçada durante o percurso do trabalho; 2 - seleção e organização dos equipamentos e materiais utilizados; 3 - parte prática da saída de campo.

A escolha dos pontos de coleta e a rota foram definidas com o apoio das imagens de satélite CBERS 4, Google Earth e basemap Imagery. Foram escolhidos 8 pontos para a coleta de dados, obedecendo critérios como: confluências fluviais, rupturas estruturais, formas de uso, cobertura e manejo da terra e acessibilidade. O registro de informações em campo como

imagens fotográficas e coordenadas dos locais de visita estipulados serviram como parâmetros de validação para o mapeamento realizado e posterior análise das APP's.

3. Resultados e discussões

Classificado o uso e cobertura da terra na BHCSD, realizou-se o mapeamento das APP's designadas pela Lei Nº 12.651 em toda extensão da bacia, com o intuito da verificação quanto às normas estabelecidas como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Mapa de Áreas de Preservação Permanente da BHCSD em 2016.

Verifica-se na bacia a predominância do uso e cobertura da terra direcionada para a pastagem voltada à pecuária e silvicultura. Segundo kudlavicz (2011), entre o período de 2005 a 2009 houve um aumento de 156,44% no plantio de eucalipto no estado do Mato Grosso do

Sul, reflexo este verificado na BHCSD. A Tabela 1 mostra as classes de uso e cobertura da terra encontradas especificamente em APP's.

Tabela 1 - Classes de uso e cobertura da terra em APP's no ano de 2016.

Classes	**Área Total (Km²)**	**Alto Curso (Km²)**	**Mèdio Curso (Km²)**	**Baixo Curso (km²)**
Corpos d'água continental	0,213	0,090	0,085	0,038
Área Úmida	0,316	0,066	0,239	0,011
Campo Sujo	0,009	0,009	0	0
Pastagem	0,155	0,081	0,055	0,019
Vegetação Natural Florestal	1,588	0,822	0,486	0,280
Total	2,281			

A classe corpos d'água continental aparece com 0,213 Km² em áreas destinadas a preservação permanente, sendo 0,090 Km² no alto, 0,085 Km² no médio e 0,038 Km² no baixo curso. Explica-se este volume no alto curso pela quantidade de barramentos presentes principalmente nos pontos 1, 2 e 4, ao longo do curso do córrego São Domingos e de seu afluente a margem direita córrego Valinho. No médio curso esta classe é identificada nas APP's dos afluentes Cabeceira do Açude e Cabeceira da Lagoa, ambos à margem direita, também influenciados pelo aprisionamento da água. No baixo curso os corpos d'água foram mapeados no barramento localizado no córrego Santa Livia e na foz do córrego São Domingos. Parte dos corpos d'água continentais acabam não sendo mapeados e quantificados, pelo fato de que em trechos do córrego principal e de seus afluentes os topos das árvores existentes na mata ciliar encobrem sua abrangência.

A classe área úmida apresenta total de 0,316 Km² em toda a bacia, sendo 0,066 Km² no alto, 0,239 Km² no médio e 0,011 Km² no baixo curso. No alto curso estas áreas estão

próximas à nascente do córrego São Domingos no ponto 1, à margem esquerda próximo ao ponto 3, e em áreas próximas ao ponto 4 na nascente do afluente Cabeceira do Açude. No médio curso estas áreas localizam-se principalmente na nascente do afluente Cabeceira da Lagoa no ponto 6 e às margens de seu curso até a confluência com o córrego São Domingos. No baixo curso a classe área úmida se concentra próximo à foz na margem direita.

A classe campo sujo obteve 0,009 Km² em áreas de preservação permanente no alto curso da BHCSD, próximo a nascente do curso principal em uma área caracterizada por formações campestres, com predomínio de espécies herbáceas e arbustivas, com ausência de árvores na paisagem.

A pastagem aparece com 0,155 Km² de área total em APP's, sendo 0,081 Km² no alto, 0,055 Km² no médio e 0,019 Km² no baixo curso. No alto curso esta classe concentra-se em áreas próximas à nascente do único afluente à margem esquerda do córrego Valinho. No médio curso localiza-se principalmente adjacentes a cursos d'água e em áreas delimitadas como nascente em dois afluentes à margem esquerda do córrego Cabeceira da Lagoa. No baixo curso áreas mapeadas como pastagem aparecem na nascente do córrego Santa Lívia, e a margem esquerda do córrego São Domingos à aproximadamente 1 Km da foz.

A classe com maior extensão identificada em APP's da BHCSD foi a vegetação natural florestal, onde obteve-se uma área de 1,598 Km², sendo 0,832 Km² no alto, 0,486 Km² no médio e 0,280 Km² no baixo curso.

No alto curso a classe está presente em sua maioria nas APP's do curso principal do córrego São Domingos e de seu afluente córrego Valinho. No médio curso, a classe vegetação natural florestal é encontrada em maior quantidade no curso do afluente córrego Cabeceira do Açude e por toda extensão do afluente córrego Cabeceira da Lagoa exceto na nascente. No baixo curso a classe é presente por toda extensão do córrego São Domingos, exceto na nascente do afluente a margem direita córrego Santa Lívia, e em maior quantidade principalmente em áreas de reflorestamento onde existe conectividade entre os fragmentos

florestais e as APP's. Contudo, é necessário pontuar que dentro da classe vegetação natural florestal englobam-se as vegetações de mata ciliar, mata galeria e vegetação palustre conforme ilustra a Figura 3.

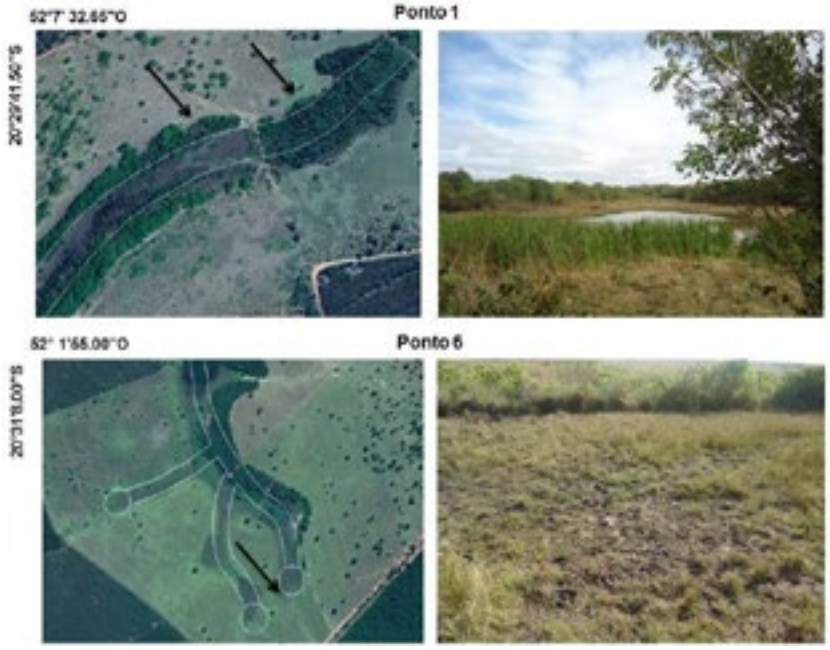


Figura 3 – Vegetações ripárias encontradas em APP's na BHCSD.

O ponto 1 apresenta cobertura de vegetação ciliar em suas margens a montante de seu barramento, e a jusante vegetação com características de mata galeria, porém existem trilhas de acesso para o gado dessa região ao barramento de água presente no local. Já próximo à nascente do córrego Cabeceira da Lagoa encontra-se em suas APP's vegetação com característica palustre.

Conforme Silva (2003), a mata ciliar reduz o impacto de fontes de poluição de áreas à montante, através de mecanismos de filtragem (retenção de sedimentos), barreira física e processos químicos. No caso da mata galeria torna-se um elemento importante no que diz respeito à paisagem, servindo como corredores ecológicos naturais, que possibilitam e

influenciam no fluxo gênico (fauna e flora) ao longo de sua extensão interligando importantes fragmentos florestais. A vegetação palustre tem características que favorecem a manutenção do ambiente aquático e terrestre contribuindo para preservação das APP's e é típica de ambientes hídricos.

Mesmo sendo a silvicultura responsável por 40,60% do uso e cobertura da terra na BHCSD, não se obteve vestígios desta classe em APP's, verificando-se normalidade dentro das leis estabelecidas. A presença de silvicultura respeitando os limites das APP's, neste caso, também possui papel na proteção do córrego. Condições semelhantes são observadas por Medeiros e Pinto (2012), onde explicam que o plantio de eucalipto além de facilitar a infiltração, protegendo mais o solo contra a ação das águas pluviais, proporciona maior regulação das vazões e redução do transporte de sedimentos em suspensão, do que áreas ocupadas por pastagem.

No caso de áreas ocupadas por pastagem, a utilização dessas áreas como bebedouros para o gado e o pisoteio das suas margens, tem como consequência a elevação da degradação e o aumento do transporte de sedimentos em suspensão nas águas superficiais, prejudicando sua quantidade e qualidade. Gonçalves (2011), afirma que as características físicas como o relevo e tipo de solo, além de culturas extensivas, também contribuem no processo de lixiviação de sedimentos para as águas superficiais, quando são densamente ocupadas por animais, principalmente em áreas de nascente como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Presença do gado em APP's, nascente do córrego Valinho no ponto 4.

Além do ponto 4, tais condições quanto ao uso e cobertura da terra observando a falta do manejo adequado e de proteção nas margens e nascentes do córrego, são encontradas nos pontos 1,2,5 e 6. Os pontos 3, 7 e 8 mostram a presença de vegetação ciliar razoavelmente adequada durante os cursos d'água, obtendo nível de proteção melhor se comparado ao restante da bacia.

4. Conclusão

A partir do uso das geotecnologias e de dados coletados em campo, foi possível a confecção de produtos cartográficos essenciais para a aplicação das etapas estipuladas inicialmente a fim de auxiliar no planejamento ambiental.

A BHCSD apresenta condições distintas entre níveis de degradação e preservação em suas APP's, que devem ser observadas e pontuadas conforme a proposta aplicada. Notou-se que áreas com plantio de silvicultura tendem a propiciar maior proteção ao solo e contra ação das águas pluviais, evitando maneira mais eficaz problemas relativos à erosão, desde que sejam respeitados os limites das APP's.

As situações mais nocivas quanto ao uso e cobertura das APP's e a proteção dos cursos d'água foram verificadas em relação à presença de gado em barramentos que servem como bebedouro e em nascentes sem o devido cercamento e proteção vegetal adequada, ocasionando a compactação do solo e erosões ao longo dos cursos d'água.

Agradecimentos

Agradecemos o suporte financeiro da CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMS, Campus de Três Lagoas.

5. Referências Bibliográficas

BERTALLANFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Editora Vozes, 1975.

BRASIL. Novo Código Florestal Brasileiro. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasilia-DF. 2012.

CÂMARA, G; DAVIS, C MONTEIRO. **Porque geoprocessamento?** In: CÂMARA, G.; DAVIS, C MONTEIRO, A. M. (Orgs.). Introdução à Ciência da Geoinformação**.** São José dos Campos, INPE, 2004.

GONÇALVES, F. **Interações entre o ambiente físico, uso e ocupação da terra e as características físicas e químicas no canal fluvial:** A bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista (Dez. 2009 – Dez. 2010). 2011. 145 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, INPE. **Divisão de Geração de Imagens, Manuais**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/manuais.html> Acesso em: 04 out. de 2006.

KUDLAVICZ, M**. Dinâmica agrária e a territorialização do complexo celulose/papel na microrregião de três lagoas/MS**. 176p. 2011. Dissertação (mestrado em Geografia), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas/MS.

LIBAULT, A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. Métodos em Questão, Instituto de Geografia (USP), São Paulo, n. 1, 1971, p. 1-14.

MEDEIROS, R. B et. al. **Influência do regime pluviométrico no transporte de sedimentos na bacia do córrego Moeda, Três Lagoas/MS**. Revista Fórum Ambiental da Alta Paulista. Volume 8, Nº 2, 2012.

SECRETÁRIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE - SMA. **Cadernos da Mata Ciliar**/ Departamento de Proteção da Biodiversidade. – Nº 1 (2009)--São Paulo : SMA, 2009.

SILVA, R. V. **da Estimativa De Largura De Faixa Vegetativa Para Zonas Ripárias: Uma Revisão**. I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas Ripárias – Alfredo Wagner/SC, 2003, p.?

SOBRINHO, A. T. et al. **Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados srtm**. Eng. Agríc. Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, jan./fev. 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO DESENVOLVIMENTO DE POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO DO SISTEMA DE GESTÃO DA GEOINFORMAÇÃO (SIGEO), NITERÓI-RJ.

Thiago dos Santos Leal[(a)], Vitor Hugo Chagas do Vale [(b)], Luize de Oliveira Ferraro Mello [(c)]

[(a)] Secretaria de Meio Ambiente/Prefeitura Municipal de Niterói, (thiagolealgeo@gmail.com)
[(b)] Secretaria Executiva/Prefeitura Municipal de Niterói, (vitorhvale@gmail.com)
[(c)] Secretaria Executiva/Prefeitura Municipal de Niterói, (luizeferraromello@gmail.com)

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A necessidade de informações georreferenciadas, sistematizadas, precisas e acessíveis é uma demanda cada vez maior nas grandes cidades brasileiras. Neste sentido, este artigo objetiva avaliar recursos da plataforma gratuita e de acesso público do Sistema de Gestão da Geoinformação (SIGeo) - gerido pela prefeitura de Niterói-RJ - o Civitas Geoportal, e sua aplicação em análises ambientais. Para tanto, foram analisadas as unidades de conservação, o cadastro de indivíduos arbóreos em via pública, as áreas atingidas por incêndio, os pontos de balneabilidade das praias e, posteriormente, feita uma análise multicritério. Os resultados demonstraram 13.641 hectares de unidades de conservação delimitadas; 634 hectares de áreas que sofreram com incêndios; 7.137 indivíduos arbóreos de vias públicas catalogados até o momento; e, dos 29 pontos de balneabilidade, 23 apresentaram status próprio e 6, impróprio. Foram percebidos ainda inúmeros benefícios e aplicações das geotecnologias na administração pública.

Palavras chave: Geoinformação, geotecnologias, análise multicritério.

1. Introdução

Nos últimos anos, tem-se observado uma grande e rápida evolução nas áreas tecnológicas, particularmente na informática, que está ganhando uma crescente importância nos mais diversos ramos da ciência (BUZAI, 1999). Segundo este autor a possibilidade de transformação do mundo real em um modelo digital da realidade, facilitado pelas geotecnologias, não se apresenta como uma simples mudança de ambiente, mas sim como uma mudança fundamental na forma de se ver o espaço geográfico.

Neste contexto de espaço geográfico, se destacam os estudos ambientais, os quais por sua essência integradora têm incorporado as geotecnologias como suporte para organização de dados de forma ampla e organizada, originados de diversas fontes e em grande volume, prontos para serem reestruturados em direção a diversos objetivos.

Devido ao seu relativo baixo custo e eficiência nos resultados apresentados as áreas que compreendem as geotecnologias (Cartografia Digital, Sistema de Posicionamento Global, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento), subsidiam a articulação entre os atributos de localização, da proximidade e dos tipos de dispersão da identificação dos componentes e dos eventos, promovendo informações adequadas para tomada de decisão pelas administrações públicas em relação aos problemas socioambientais.

Assim, pode-se apontar pelo menos quatro grandes dimensões dos problemas relacionados aos aspectos socioambientais, onde é relevante o impacto do uso da tecnologia de Sistemas de Informação Geográfica: Mapeamento Temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais.

Nessa continuidade, a Prefeitura Municipal de Niterói (PMN) que está localizada na região metropolitana do Rio de Janeiro, introduz o Sistema de Gestão de Geoinformação (SIGeo), dentro do qual há uma plataforma que reúne as bases de informações georreferenciadas, gratuitas e de acesso público das secretarias municipais. A plataforma, denominada Civitas Geoportal, permite uma análise integrada da base de dados de todas as secretarias municipais, servindo como uma ferramenta para a gestão das secretarias,

ISBN: 978-85-7282-778-2

auxiliando na produção de relatórios gerenciais, facilitando o processo decisório em etapas do planejamento e da gestão, assim como uma ferramenta de acesso público, disponível aos munícipes, para consultas e análises diversas, para distintos fins.

Sendo assim, este estudo objetiva avaliar recursos da plataforma Civitas voltadas para análises ambientais, buscando indicar as potencialidades deste recurso para abordagens integradas de planejamento e gestão ambiental.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O município de Niterói (figura 1) está inserido na região metropolitana do Rio de Janeiro, distando da capital do estado aproximadamente 13 km, às margens da Baía de Guanabara.

A área total de Niterói é de 134 km² e limita-se pelas divisas com São Gonçalo ao norte e Maricá ao leste. Segundo o último censo do IBGE (2010), a cidade possui um total de 487.562 habitantes.

A ocupação habitacional concentra-se ao litoral do município, fundo de vales e nas meias encostas, com uma expansão gradativa em direção aos topos de morros. No município de Niterói, os espaços de fundação cristalina são desempenhados pelos maciços e colinas costeiras (LEAL, OLIVEIRA & BITTENCOURT, 2017).

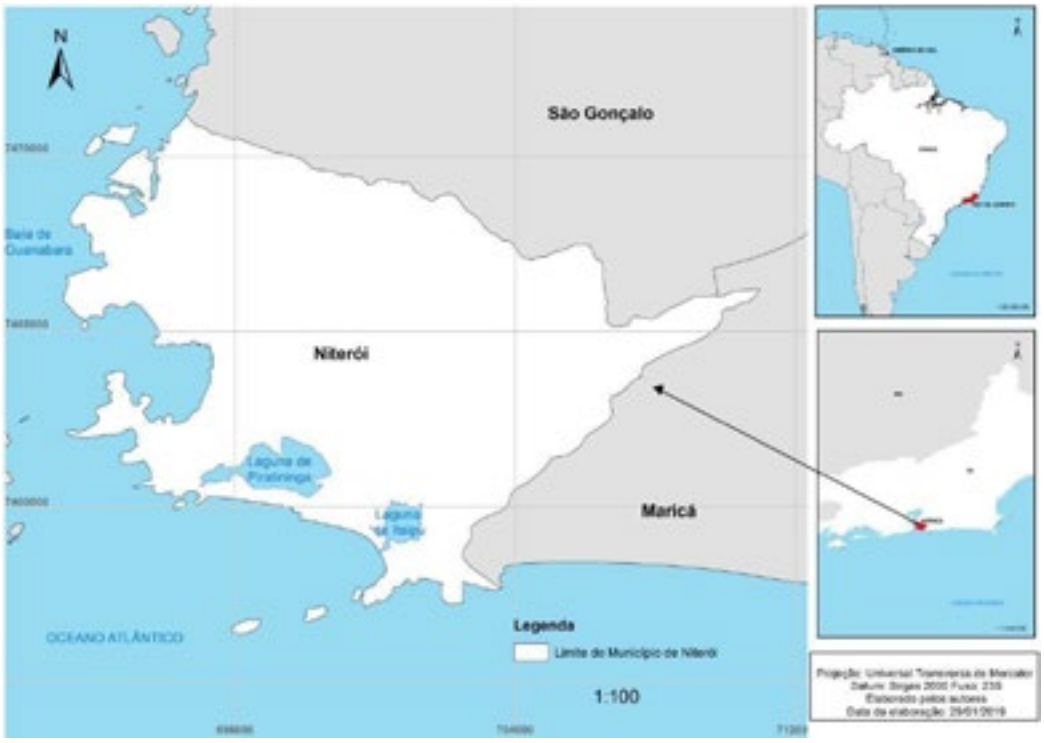


Figura 1: Localização do município de Niterói

Fonte: Elaborado pelos autores

2.2 Metodologia

A metodologia consistiu em 3 etapas, a primeira e a segunda etapa foram estabelecidas com base no estudo desenvolvido por Leal *et al.* (2018). Já a terceira etapa consistiu em uma análise geotopológica.

A primeira etapa consistiu no acesso ao Geoportal Civitas, a qual é a plataforma que integraliza os dados entre as secretarias, através do sítio "*https://geo.niteroi.rj.gov.br/*". Este acesso pode ser dado de duas formas: acesso público, livre para todos os usuários, contendo uma enorme carga de dados e diversas ferramentas que podem ser utilizadas para elaboração de estudos e mapas temáticos, outra forma é através do *Login*, que apresenta todas as funcionalidades do acesso público, acrescido com ferramentas adicionais atribuídas ao funcionário habilitado da prefeitura.

Através de um navegador de Internet (Google Chrome ou Firefox, em suas versões mais recentes), os usuários podem utilizar o Portal WebGIS para realizar consultas a informações georreferenciadas e tabulares (alfanuméricas), de modo interativo e a manipular diferentes níveis de informação organizadas em camadas, de acordo com o interesse e a necessidade dos usuários.

Com isso, a segunda etapa consistiu em selecionar alguns dos dados disponíveis, como as unidades de conservação, cadastro de árvores, incêndios e balneabilidade, indicando algumas aplicações para análises ambientais integradas.

A terceira etapa consistiu na análise multicritério e aplicações para o desenvolvimento de políticas públicas ambientais, relacionando elementos distintos, disponíveis na plataforma de acesso público para melhor uso e gestão do território.

3. Resultados e Discussões

A apresentação da plataforma SIGeo, com seu layout limpo e intuitivo permite a identificação de várias camadas de informação e também análise multicritério no que tange aos aspectos ambientais.

Conforme pode ser observado na figura 2, a partir da seleção da camada “unidades de conservação de proteção integral” e da camada “unidades de conservação de uso sustentável” há o acesso à informação sobre as áreas ambientais protegidas. Tal fato auxilia o usuário na compra e venda de imóveis, possibilidade de construção, bem como promove a educação ambiental, por meio da democratização da informação, no município.

Com um clique do mouse sobre a unidade de conservação é possível acessar informações tabulares sobre as unidades com indicação do nome, ano de criação, marco jurídico, se existe ou não plano de manejo, o domínio, e o tamanho da unidade em hectares, conforme também exposto na figura 2 . Foram 13.641 hectares de unidades de conservação no município, este número extrapola a área total do município em 3.837 hectares devido à

unidade de conservação marinha Reserva Extrativista de Itaipu (RESEX) a qual apresenta parte de sua área compreendendo o Oceano Atlântico.

Figura 2 – Unidades de Conservação e seus dados tabulares
Fonte – Elaborado pelos autores a partir da plataforma Civitas

Outro dado de grande relevância no que se refere aos aspectos ambientais é o cadastro de indivíduos arbóreos (árvores) em área pública no município. De acordo com Leal *et al.* (2018) o cadastro de árvores é significativo tanto para o gestor público quanto para a população em geral, uma vez que promove a criação e a sistematização dos dados, auxilia na democratização da informação e consequentemente ajuda a preservar as árvores localizadas nos logradouros públicos do município.

Assim pode ser visto na figura 3. Por meio de um clique sobre a árvore é possível saber sua localização, nome da espécie, nome popular, altura, origem (exótica ou nativa), estado fitossanitário, estado de gola e sua classificação quanto ao risco (urgência, monitoramento e sem risco iminente).

Figura 3 – Cadastro de indivíduos arbóreos em via pública
Fonte – Elaborado pelos autores a partir da plataforma Civitas

A arborização em vias públicas é um indicador relevante para a qualidade do ambiente urbano. Já foram catalogados e analisados, estando disponíveis para consulta na plataforma Civitas, 7.137 indivíduos arbóreos em vias públicas do município.

Segundo LIMA & AMORIM (2006) a vegetação em vias públicas serve como um filtro para atenuar os resíduos, retenção de pó, reoxigenação do ar, além de oferecer sombra e frescor interferindo no microclima local.

Uma terceira aplicação para aspectos ambientais é a indicação das ocorrências de incêndio no município em 2014 e 2016. Tal ferramenta é fundamental, uma vez que é possível perceber as áreas onde houve reincidência de queimadas no município. Selecionando a área de queimada com um clique do mouse é possível ter acesso à informação tabular mostrando o tipo de incêndio, o dano a vegetação, a direção do fogo, a altitude, a posição no relevo e a declividade da área conforme figura 4. Foram identificados 634 hectares de área de incêndio.

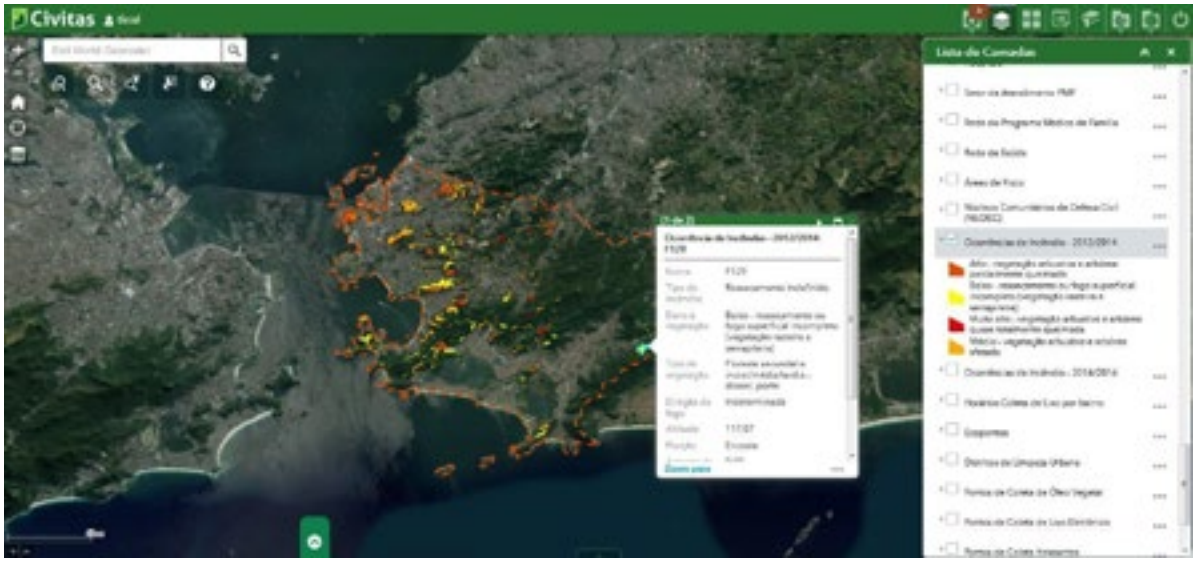


Figura 4– Ocorrências de incêndio em 2014.

Fonte – Elaborado pelos autores a partir da plataforma Civitas

Além disso, uma quarta aplicação diz respeito ao acesso à informação a respeito dos pontos de balneabilidade das praias, que são feitos a partir de medições realizadas pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA), repassados à prefeitura e disponibilizados por meio de seu portal eletrônico.

Os pontos de balneabilidade estão classificados em três categorias, a saber: própria, imprópria e não realizada. Por meio da seleção do ponto de balneabilidade localizado no litoral o banhista tem acesso ao dia em que foi realizada a aferição, o nome da praia e o status da praia (figura 5). Tal fato é relevante, tendo em vista que o município ainda apresenta sua rede hidrográfica afetada pelo lançamento de esgoto irregular, o que, atrelado às oscilações de maré, podem impactar significativamente a qualidade das praias.

Dos 29 pontos de balneabilidade, 23 apresentaram status de praia própria e 6 apresentaram status de imprópria no dia da consulta à plataforma.

Figura 5– Pontos de balneabilidade das praias e informações tabulares acessadas no portal em 29/01/2019.

Fonte – Elaborado pelos autores a partir da plataforma Civitas

Destarte, como ferramenta, o Civitas Geoportal, possibilita compatibilizar as informações de diversas fontes e sintetizá-las em mapas temáticos sobre a área de interesse, consistindo em um instrumento para análises estratégicas dos dados disponíveis, podendo-se utilizar da componente espacial como auxílio à tomada de decisão na gestão territorial e ambiental. Nesta continuidade foi confeccionado a partir da ferramenta "impressão" um mapa temático (figura 6) indicando as unidades de conservação de proteção integral, as árvores cadastradas e as áreas de incêndio em 2014 e 2016.

Uma área com boa arborização urbana favorece um melhor fluxo gênico interligando fragmentos florestais relevantes no município e, portanto as unidades de conservação, se constituem como corredores ecológicos urbanos. Também é importante notar as áreas de incêndio no interior das unidades de conservação, os quais modificaram as características e iluminação da cobertura vegetal, ocasionando exposição de raízes de indivíduos arbóreo de maior porte e redução da oxigenação em função da compactação do solo.

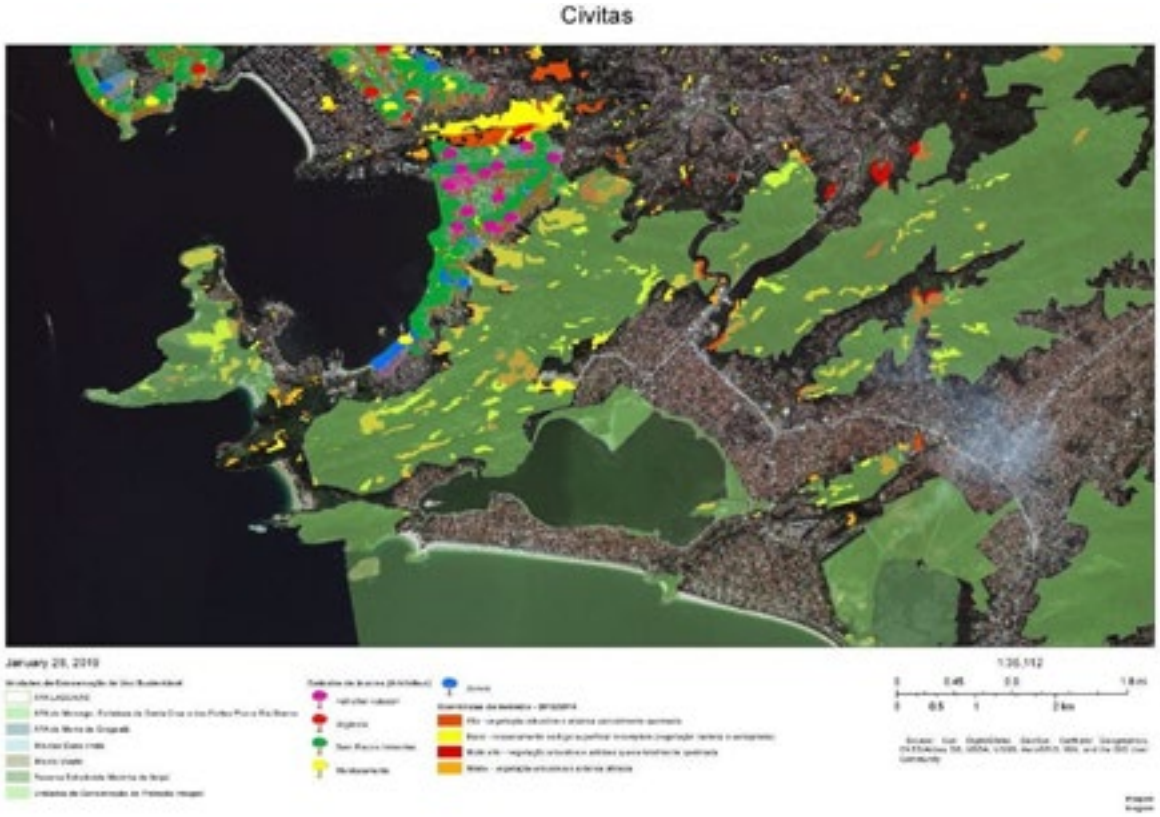


Figura 6– Análise multicritério.

Fonte – Elaborado pelos autores a partir da plataforma Civitas

Fica evidente, portanto, as inúmeras aplicações das geotecnologias na administração pública, conforme indica a tabela I.

Tabela I: Benefícios e Aplicações da plataforma Civitas

Benefícios	**Aplicações**
Redução dos custos com transporte	A utilização de imagens de sensoriamento remoto possibilita que parte relevante das análises sejam realizadas na própria prefeitura.

Identificação das áreas suscetíveis a incêndios	Com a análise temporal das áreas onde ocorreu incêndio em 2014 e 2016 é possível identificar as áreas que têm maior risco de reincidência e estabelecer estratégias relacionadas à prevenção.
Aumento da capacidade de gestão sobre a arborização urbana	Mapeamento dos indivíduos arbóreos em via pública com diagnóstico preciso, sistematizado e georreferenciado.
Indicação frequente da balneabilidade das praias	Disponibilidade para população em geral de uma informação de utilidade para saúde pública, bem como de alerta aos gestores públicos quanto às bacias hidrográficas que requerem ações prioritárias.
Acesso à informação e à localização das unidades de conservação do município	Espacialização de forma rápida e precisa das áreas onde são proibidas novas edificações ou que apresentam restrições quanto ao uso e ocupação do solo.
Modernização da administração pública	Através da plataforma integrada e aberta, há conexão de pessoas e dados, novas estratégias se originam, norteando ações inteligentes.

Fonte: Elaborado pelos autores

4. Considerações finais

Os resultados do estudo mostraram que a implantação do Sistema de Gestão da Geoinformação (SIGeo) no município de Niterói, ou seja, um sistema que organiza e disponibiliza de forma acessível informações produzidas pelas diferentes secretarias municipais de modo georreferenciado, tende a oferecer um universo de possibilidades de usos, facilitando tanto a rotina de trabalho dos técnicos quanto o acesso a informação para população em geral. A metodologia proposta se mostrou eficaz e eficiente para o alcance do objetivo proposto e pôde demonstrar a efetividade de sua aplicação como subsídio à gestão ambiental municipal.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Agradecimentos

À Prefeitura Municipal de Niterói pelo apoio e por todas as facilidades de conhecimento compartido nas diversas pesquisas realizadas.

6. Referências Bibliográficas

BUZAI, G.D. *Geografia Global*. Buenos Aires. 1999. 216 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Censo 2010*. Disponível em : http://www.censo2010.ibge.gov.br. Acesso em 15/02/2018.

LEAL, T. L.; OLIVEIRA B. & BITTENCOURT, P. *Mapeamento e avaliação dos impactos ambientais nas nascentes do município de Niterói -RJ: Análise macroscópica*. In: 1º Workshop Arte & Ciência: Reflexão integrada na paisagem. Anais do 1º Worshop Arte & Ciência. 2017. Disponível em: https://conferencias.ufrj.br/index.php/wac/wap2017. Acesso em 30/01/2019.

LEAL, T. L.; OLIVEIRA B.; BOURGUIGNON, D.; CHIANELLI, J.; BITTENCOURT, P. & BEDRAN, R. *Sistema de gestão de geoinformação (SIGEO) da prefeitura de Niterói-rj: aplicações para análises ambientais*. In: IV Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, 2018, Seropédica. Anais IV Jornada de Geotecnologias do Estado do Rio de Janeiro, 2018.

LIMA, V. & AMORIM, M. C. de C. T. *A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades*. Revista Formação, nº13, p. 139 -165. 2006.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS COMO FATOR QUANTITATIVO DE VARIAÇÃO DE DESMATAMENTO NA RESERVA EXTRATISTA MARINHA DE TRACUATEUA, PA

Dandara Bechara Resque[(a)], Neuma Teixeira dos Santos[(b)], Nicola Saverio Holanda Tancredi[(c)]

[(a)]Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Universidade Federal Rural da Amazônia – Belém. Email: dandararesque@gmail.com
[(b)]Doutoranda em Educação em Ciências e Matemática, Universidade Federal Rural da Amazônia – Capanema, Email: neumasantosufra@gmail.com
[(c)]Doutor em Desenvolvimento do Trópico Úmido do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Sistema de Proteção da Amazônia, Centro Regional de Belém, Email:eng.nsht@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Aplicada aos Estudos Ambientais.

Resumo

A Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua é uma Unidade de Conservação com objetivo de conservar e proteger o habitat natural assegurando que os meios devida, recursos e cultura das populações que nela residem sejam usufruídos de modosustentável. Situada no Município de Tracuateua(PA) abrange boa parte de zona costeira.Como critério de reconhecimento da área e monitoramento, é possível usar técnicas estudadas em Geotcnologias para realizar simulações de ocorrências de desmatamento, por exemplo. Nesse sentido, este artigo tem como finalidade, avaliar a variação de desmatamento em três anos (2007 a 2010), utilização duas técnicas similares em imagens de alta resolução: Condicional ponderada no software SNAP e Técnica de Limiar de Similaridade aferida no software ENVI. Como resultado,ambas apontam valores próximos para desmatamento em áreas pontuias, isto é, em locais que podemsugerir que este desmatamento tenha ocorrido em situações naturais, indicando que há preservação significativa.

Palavras chave: Modelagem Aplicada, Densidade Vegetativa, Fiscalização.

1. Introdução

Este artigo refere-se a uma das pesquisas publicada em forma de TCC da primeira autora. Os estudos são baseados na avaliação da cobertura vegetativa da Reserva Extravista Marinha de Tracuateua, pelo qual está inserida na categoria de Unidades de Conservação (UC), onde este é um importante instrumento para a conservação ambiental no Brasil e

Mundo com mais de 700 Unidades legalmente constituída, com finalidade para Uso Sustentável ou Uso permanente (MMA, 2006).

As RESEXs são divididas em categorias e dentre elas está à subcategoria "Marinha", que indica a proteção de onde se desenvolve o extrativismo pesqueiro nos ecossistemas costeiros (GOMES; PERES, 2011). Desse modo, a Reversa Extrativista Marinha de Tracuateua é classificada como de Uso Sustentável e localizada inteiramente no Município de Tracuateua, no Nordeste Paraense com distância aproximada de 178 km da capital Belém.

O município concentra suas bases produtivas na agricultura de subsistência, com predominância em atividades pesqueiras de extrativismo animal e atividades pecuárias, além de apresentar ecossistemas litorâneos, como os campos alagados e os manguezais, tendo este último, um importante papel na sustentabilidade social e ser a vegetação predominante na área da RESEX (GLASER, 2005).

Nesse sentido, o uso de técnicas que englobamGeotecnologias, como o Sensoriamento Remoto e o Processamento Digital de Imagens (PDI),são fundamentais para avaliação da possível realidade através de amostras estatísticas, baseados em modelagem aplicada em condicionais e máscaras que sugerem a variação de densidade vegetativa por meio dos desmatamentos ocorridos no período de 2007 a 2010 com duas técnicas similares nas imagens de alta resolução do satélite ALOS no sensor Palsar: Condicional ponderada no software SNAP e Técnica de Limiar de Similaridade aferida no software ENVI, a fim de verificar se houve ou não perda significativa da cobertura vegetativa no local.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

A RESEX Marinha de Tracuateua (Figura 1) é agrupado na categoria de Unidade de Conservação de Uso Sustentável (UCUS), que é o espaço territorial com todos os seus

ISBN: 978-85-7282-778-2

recursos ambientais e águas que são instituídas e atribuídas legalmente pelo Poder Público com o objetivo de conservação e delimitação dos limites sob regime espacial de administração com garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000). E de acordo com o Ibama (1997), existem em território nacional 37 unidades de uso sustentável em categoria de Reserva Extrativista.

Instituída no dia 20 maio de 2005 e regulamentada por lei, tem como finalidade proteger os meios de vida quanto a utilização e conversação dos meios naturais renováveis (PARÁ, 2005), com destaque para os dois rios de água doce que o cerca: o Rio Quatipuru centrado a oeste da RESEX e Rio Maninteua centrado a leste da unidade, pelo os quais abastecem os campos alagados que são a base de extração para o mantimento de sustento familiar (MAR SEM FIM, 2015).

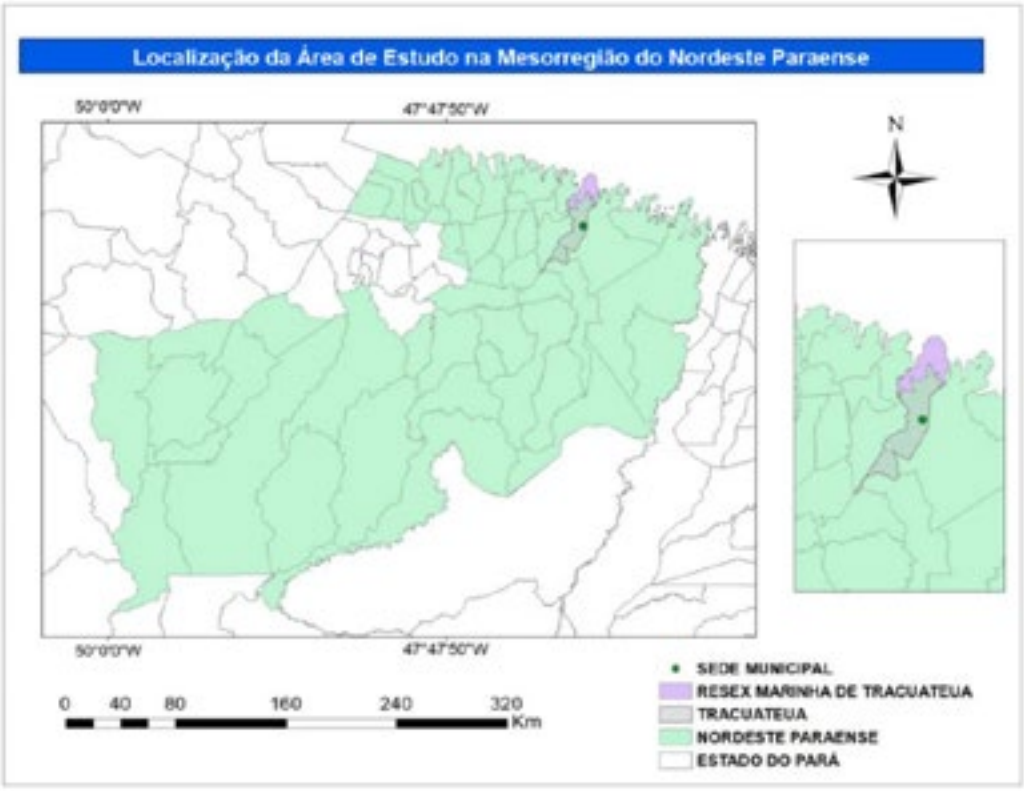


Figura 1 – Área de Estudo: RESEX Marinha de Tracuateua.

2.2 Dados

Para os resultados esperados, foram catalogadas imagens referentes ao Satélite ALOS, na categoria de alta resolução, ortorretificada e georreferenciada, além de já obter correções radiométricas e geométricas (Hi-ResTerrainCorrected).

A RESEX Marinha de Tracuateua abrange quatro cenas no modo Fine com duas polarizações (HH + HV), isto é, no modo FBD e as imagens escolhidas são datadas nos anos de 2007 e 2010.

Tabela I – Dados da Pesquisa.

Ano de Aquisição	Data de Aquisição	Nomenclatura da Imagem
2007	02 de Agosto	ALPSRP080957160
	02 de Agosto	ALPSRP080957170
	19 de Agosto	ALPSRP083437160
	19 de Agosto	ALPSRP083437170
2010	10 de Agosto	ALPSRP241997160
	10 de Agosto	ALPSRP241997170
	12 de Outubro	ALPSRP251187160
	12 de Outubro	ALPSRP251187170

2.3 Metodologia

Serão detectadas as áreas de densidade de vegetação utilizando dois softwares: SNAP 6.0, para reconhecer as áreas com densidade de vegetação e o ENVI 5.3 para simular os mesmo procedimentos através da Técnica de Limiar de Similaridade.

Como as imagens já estão georreferenciadas e com correção radiométrica e geométrica, o tratamento das imagens no SNAP 6.0 é baseado em identificar e interagir as polarizações correspondentes, empilhando em um único arquivo os dados de HH e HV, gerando a filtragem do tipo Lee 3x3, que ressalta a estatística local para minimizar o Erro Quadrático Médio (EQM).

É criado o delimitador que representará a área em que valores iguais a 0 é área florestada e 1 é a área que sofreu algum tipo de desmatamento e/ou água (Equação 1).

Condicional: If band_HH_dB < -13 and > -22 then 0 else 1. (1)

Para a análise no software ENVI 5.3, as Técnicas de Segmentação foram avaliadas através da função *SegmentationImage*. Por fim, através desses dados houve a verificação da variação de densidade de vegetação e se os desmatamentos se referem as situações locais, indicando um possível desmatamento de caráter natural.

3. Resultados e Discussões

As técnicas para demonstrar a condicional que delimita a variação entre a área florestada e o de possível densidade de vegetação é baseado no processo realizado na máscara de atribuição relacionado aos dados logaritmos da distribuição de pixels.

No SNAP ao ser importados todos os dados com a variante de 0 e 1, tem-se a distribuição significativa da área desflorestada entre os anos de 2007 e 2010, através da diferença de bandas (HH/HV) que podem ser visualizadas na Figura 2.

(a) (b)

Figura 2 – Variação de Densidade de vegetação entre os anos de (a) 2007 e (b) 2010.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Observa-se que a área com maior variação de densidade de vegetação se situa a sudoeste da RESEX, verificados com pequenos focos de calor, conforme indicados em branco e a partir da diferença entre uma imagem e outra, ressaltando assim os pontos de densidade de vegetação ocorrentes ao longo do período de 2007 e 2010.

Apresenta como total de área desmatada de aproximadamente 668,366 ha, variação pouco significativa para uma área sob proteção da União, contudo é importante identificar com validação em campo se dentre esses dados são de fato antropismo ou alteração natural da vegetação, além dessa variação também abranger área de água de rio (Figura 3).

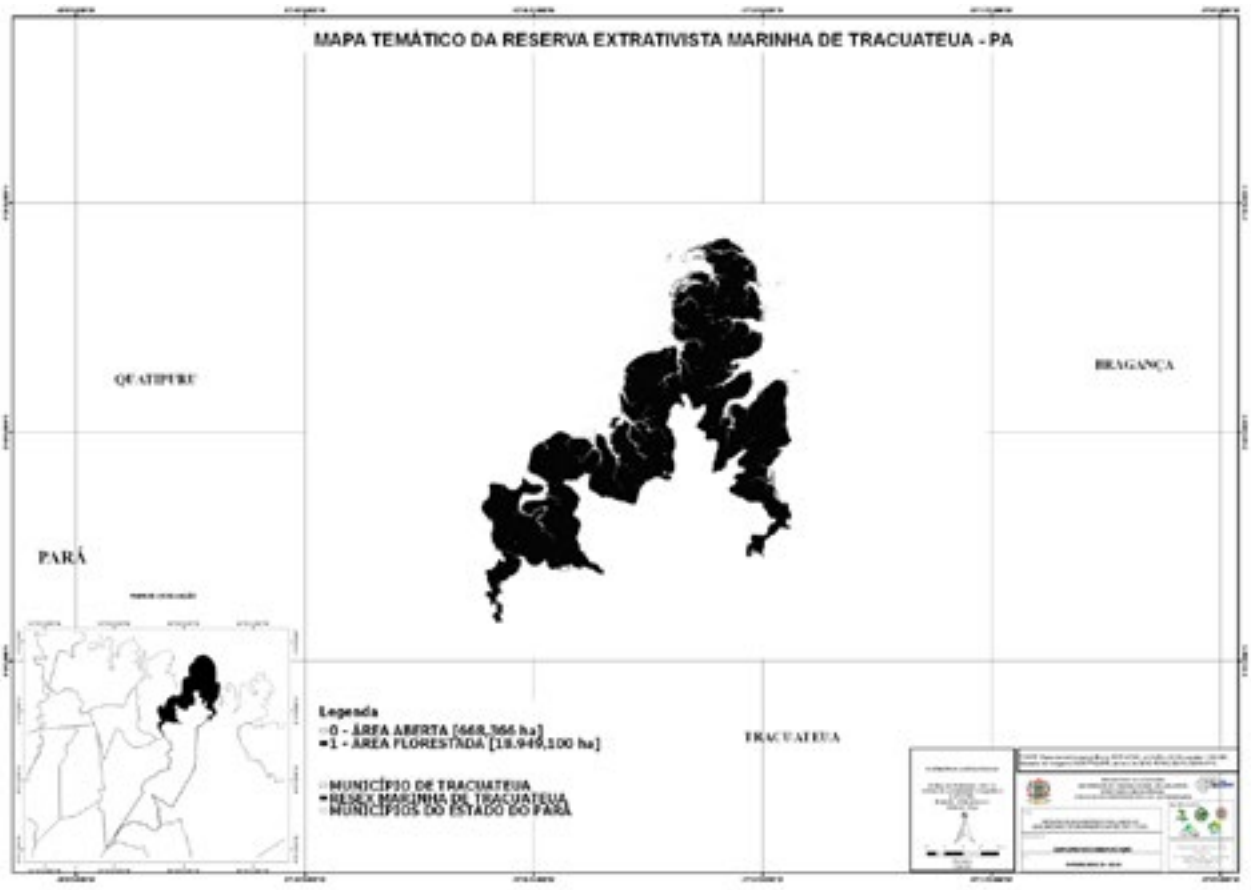


Figura 3 –Variação temporal de Desmatamento ao longo de três anos.

Com estes dados, é aplicada a técnica de segmentação do tipo de limiar de similaridade no software ENVI 5.3, que foram verificados a partir da diferença entre o valor médio entre os pixels, realçando a escolha pela máscara de condicional que variou de (– 13) a (– 22) de dados decibéis, onde valores menores que(– 13) representou os dados de área florestada e maiores que (– 22), indicaram dados de água e/ou área desmatada confirmando a precisão de confiabilidade do método (Figura 4).

(a) (b)

Figura 4 – Técnica de Segmentação por Limiar de Similaridade (a) 2007 e (b) 2010.

ISBN: 978-85-7282-778-2

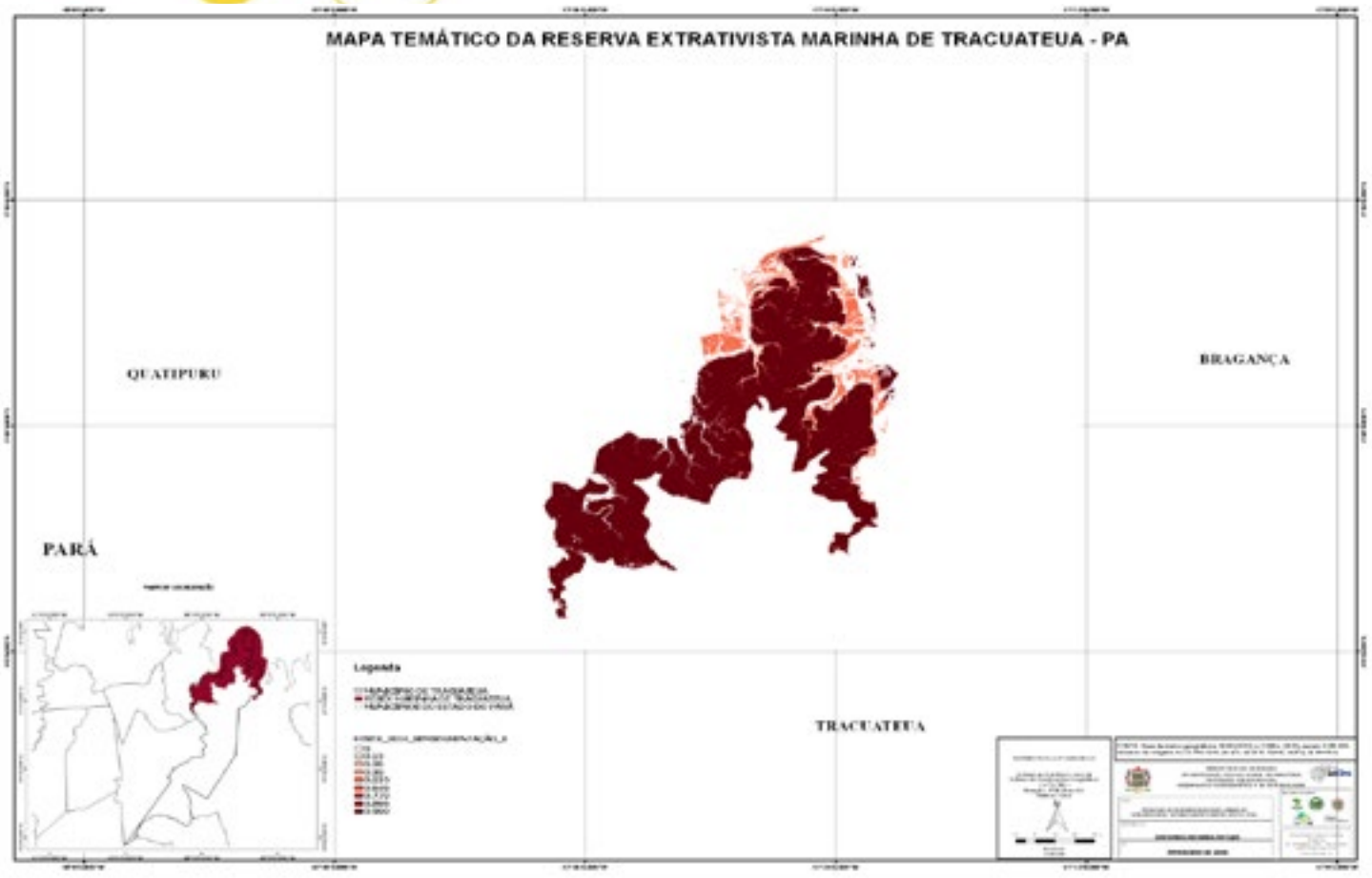


Figura 5 – Desmatamento com Técnicas de Segmentação.

Assim é gerado como produto o Mapa temático observado na Figura 5, que indica a pré-classificação da diferença entre as duas imagens da Figura 4, baseado na condicional da Equação 1, onde os valores próximos de 0 estão indicados em branco e é referente a água, valores que variam de 0,13 a 0,649 estão distribuídos nas cores rosada que indicam possíveis bancos de areia, valores que variam de 0,779 a 0,899 podem ser atribuídos a possíveis áreas desmatadas e valores 0.99 a 1, representam área florestada. Todas essas informações estão representados em aproximadamente 3,53% da área total de 18.949,100 ha.

Ao observar os mapas, é possível verificar pequenos pontos espalhados em toda área de estudo, isso indica, que mesmo sendo uma amostra de um intervalo relativamente pequeno

para quantidade de anos, a variação aponta que esses focos podem ser de caráter natural e isto é observado na avaliação em campo quando conferidos que as famílias residem apenas no bordo do início da RESEX, sendo extremamente difícil o acesso nas áreas de vegetação, sobretudo nas área que representa os focos de incidência.

4. Considerações finais

A importânciade manter esta área conservada é fundamental para preservação dos meios de vida que nele habitam a curto, médio e longo prazo, e com as técnicas de PDI e Sensoriamento Remoto é possível detectar sem está necessariamente no local, através de amostras estatísticas e algoritmos que ressaltam bem a distribuição da possível realidade.

Para esta pesquisa a proposta de avaliação sobre o desmatamento chegou ao resultado esperado quantificando o quanto a área sofreu ou não com ação do homem e/ou antropismo durante três anos, permitindo a verificação em quaisquer situações ou circunstâncias, permitindo monitoramento contínuo, contribuindo para a conservação e utilização dos recursos de modo sustentável.

5. Agradecimentos

A autora agradece a Universidade Federal Rural da Amazônia (Ufra) através do grupo de pesquisa e extensão LABGEFA, ao Centro Gestor Regional Sistema de Proteção da Amzônia (CENSIPAM), e o Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio) pela contribuição e parceria nesta investigação.

6. Referências Bibliográficas

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de Julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em:
< http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322> Acesso em: 02 fev. 2019.

GLASER, M. Interação Homem Natureza em áreas de manguezais. **In:** Marion Glaser, Neila Cabral e Adagenor Ribeiro. **Gente, ambiente e pesquisa:** manejo transdisciplinar no manguezal /; organizadores – Belém: NUMA/UFPA, 2005.

GOMES, C. R. da S. e PERES, A. da C.. **Tecendo diálogos e construindo gestão participativa em uma comunidade agropesqueira da reserva extrativista marinha Tracuateua, Tracuateua-Pa.** Encontro da rede de estudos rurais: desenvolvimento, ruralidades e ambientalização: paradigmas e atores em conflitos, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Unidades de Conservação.** 1997. 11 slides. Disponível em: <http://slideplayer.com.br/slide/375589/ > Acesso em: 02 fev. 2019.

MAR SEM FIM. **Reserva Extrativista de Tracuateua – Episódio 52**. Direção e Roteiro: João Lara Mesquita. Produção: Regina Dalva Faria. Edição: Alexandre Nogueira. Imagem: João Andrade. Trilha Sonora: Lino Simão. TV Cultura. 24'06". Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5BfHe3y9lZA>. Acesso em: 02 fev. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Diretoria de Desenvolvimento Socioambiental-DISAM. **Roteiro Metodológico para Elaboração de Plano de Manejo das Reservas Extrativistas e de Desenvolvimento Sustentáveis Federais**: Brasília,2006. Disponível em: <http://www.jbrj.gov.br/enbt/mestrado.../3_Roteiro>. Acesso em: 02 fev. 2019.

PARÁ (Estado). Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. **Dispõe sobre a criação da Reserva Extrativista Marinha de Tracuateua, no Município de Tracuateua, no Estado do Pará, e dá outras providências**. Pará, 2005.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS GRATUITAS APLICADAS À INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL: TRILHA DO IOTE LOCALIZADA NA COMUNIDADE QUILOMBOLA DE SANTA RITA DO BRACUÍ – ANGRA DOS REIS/RJ

Raphael Atallah [(a)], Alan Cardec Brito [(b)], Monique Ribeiro [(c)], Jéssica da Silva Martins [(d)], Monika Richter [(e)]

[(a)] Departamento de Geografia e Políticas Públicas/IEAR, UFF, raphaelatallah@id.uff.br

[(b)] PPGPCS/IM/ UFRRJ, alancardec.angra@gmail.com

[(c)] Departamento de Administração e Turismo//IM/UFRRJ, moniqueribeiroufrrj@hotmail.com

[(d)] Doutoranda do PPGG/UFRJ e mediadora Pedagógica do CEDERJ, martins98@gmail.com

[(e)] Departamento de Geografia e Políticas Públicas/IEAR, UFF, richtermonika11@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Aplicadas aos estudo ambientais

Resumo

O presente trabalho desenvolvido no Quilombo Santa Rita do Bracuí, teve como objetivo, analisar e mapear uma trilha interpretativa inserida em ambiente de Mata Atlântica de maneira a divulgar seu patrimônio cultural e ambiental, alinhado à uma proposta de novo roteiro turístico apontado pela comunidade. Localizado em Angra dos Reis/RJ e próximo à Rodovia Rio Santos, o Quilombo possui um roteiro histórico cultural já implementado, sendo cada vez maior a procura em especial pelo público escolar e universitário, desta forma a comunidade busca por novos roteiros, de modo a consolidar o turismo de base comunitária. Como metodologia de trabalho utilizou-se a pesquisa bibliográfica e exploratória, assim como também foram realizados trabalhos de campo visando o levantamento de informações para o mapeamento e a análise dos pontos de interesse da trilha. Os mapas foram elaborados com o auxílio de aplicativos geotecnológicos para mobiles e o programa QGis versão 2.18.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Palavras chave: Geotecnologias Gratuitas, Interpretação Ambiental, Mata Atlântica, Turismo de Base Comunitária, Quilombo Santa Rita do Bracuí

1. Introdução

Em ambientes naturais, as trilhas desempenham a função de deslocamento sendo também consideradas importante instrumentos de manejo, voltados a conectar os visitantes com o lugar, criando maior compreensão e apreciação dos recursos naturais e culturais; provocar mudanças de comportamento, atraindo e envolvendo as pessoas nas tarefas de conservação; aumentar a satisfação dos usuários, criando uma impressão positiva sobre a área; influenciar a distribuição dos visitantes (VASCONCELOS (2004). Nas trilhas se permite criar alvos de interpretação ambiental.

Murta e Goodey (1995) ressaltam que a prática da interpretação das várias paisagens culturais presentes num sítio histórico pode prover a ligação entre os interesses do turismo e da conservação, desde que o objetivo seja o fortalecimento cultural da comunidade receptora e a busca de estratégias econômicas que desenvolvam suas habilidades e seus conhecimentos.

Entende-se que a comunidade local tem papel primário no processo de interpretação, pois as suas várias "vozes" (pessoas), ao interpretarem o patrimônio, enriquecem a experiência vivencial do visitante, ao mesmo tempo em que valorizam o local. Nesse sentido, são fundamentais os relatos orais e seu registro por meio de diferentes suportes escritos e audiovisuais (BIESEK, 2004). Representam um recurso importante que amplia e aprofunda a participação da comunidade, contribuindo de forma especial para "desenvolver um sentido de lugar, transmitir seus valores, sua ecologia e sua história para as novas gerações". (MURTA E GOODEY, 1995, p. 27 apud BIESEK, 2004).

A interpretação é um processo que vem sendo trabalhada em conjunto a comunidades, com pessoas que cresceram e vivem nesses locais, a fim de melhor compreender os atrativos,

as dinâmicas, seus objetivos, para assim melhor receber os visitantes e conscientizá-los a preservar e desenvolver os bens culturais ali presentes.

Como já mencionado, as trilhas vêm se tornando cada vez mais um interesse por parte de essoas que buscam conhecer um local, se deslocar, praticar atividades físicas e até mesmo fugir da rotina do dia a dia. Desta forma,

> O planejador de trilhas interpretativas deve despertar a curiosidade do visitante sobre os recursos naturais e culturais existentes nas áreas silvestres, devendo ter uma preocupação constante em aumentar a qualidade da experiência da visitação. A beleza estética, entre outros atributos do sítio, funciona como um incentivo para que o turista pare, leia as informações disponíveis e consequentemente tenham maior entendimento e apreciação da área que está visitando. Neste caso, um painel, ou até mesmo um ponto de descanso, deve estar estrategicamente localizado de forma a agregar elementos que aumentem a atratividade do local. (MAGRO e FREIXÊDAS, 1997, pg 52).

CAMPOS E FERREIRA (2006) acrescentam que a trilha interpretativa se constitui em um interessante meio pelo qual as pessoas poderão desfrutar da natureza de maneira planejada, segura e consciente, sendo assim um instrumento pedagógico e recreativo.

Em concordância, MOREIRA (2014) destaca que um dos meios interpretativos mais eficientes são as trilhas interpretativas conduzidas, pois têm a finalidade de enriquecer as experiências dos visitantes, podendo favorecer a conscientização ambiental de todos, visto que o condutor pode realizar um trabalho educativo voltado para as questões ambientais. O condutor, fazendo o papel de intérprete, proporciona a vantagem do contato pessoal, a formulação de perguntas e um maior controle do comportamento do público. Além disso, as trilhas interpretativas servem como meio de acesso para grande parte dos atrativos naturais e podem funcionar como instrumento para minimizar impactos negativos.

Ainda sobre o seu conceito, segundo GUILHAUMON et al. (1977) apud VASCONCELLOS (1998), uma trilha interpretativa é um percurso em um sítio natural que propicia explicações sobre o meio ambiente (flora, fauna, geologia, história local, relações

ISBN: 978-85-7282-778-2

ecológicas, proteção do ambiente) e constitui-se em instrumento pedagógico que proporciona ao público, de modo especial, às crianças e adolescentes, uma aproximação com a realidade desses assuntos.

Os parques hoje são onde mais se utiliza a prática da interpretação ambiental, porém comunidades tradicionais em especial as rurais, como os quilombos – objeto de estudo deste trabalho – possuem diversos atrativos e paisagens que chamam a atenção dos visitantes, podendo ser assim, uma atividade benéfica, recreativa, educativa e sustentável para a natureza envolvida e os moradores.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como principal objetivo a análise e o mapeamento da Trilha do IOTE, apontado pela comunidade como potencial para o turismo de natureza, através da interpretação ambiental - cultural e do uso de geotecnologias gratuitas como uma nova proposta de roteiro a ser oferecido aos seus visitantes.

Enquanto objetivos específicos, tem-se: i) o levantamento de elementos culturais e naturais encontrados ao longo da trilha para assim serem interpretados; ii) análise sobre as condicionantes da trilha e sua classificação quanto ao grau de dificuldade; e iii) geração da base de dados cartográficos e produção de mapa temático do roteiro.

2. Materiais e Métodos

Quanto aos aspectos metodológicos, o presente trabalho caracteriza-se como de caráter exploratório, partindo-se do referencial teório – conceitual, levantamnetos de campo e trabalho de gabinete.

Enquanto área de estudo (Figura 1) , trata-se de fragmento de mata atlantica, localizado entre duas importantes unidades de conservação de proteção integral e contígua á uma reserva indigena – a aldeia Gaurani – Sapukai, inserido na área reivindicada pela comunidade quilombola Santa Rita do Barcuí, em processo de regularização fundiária.

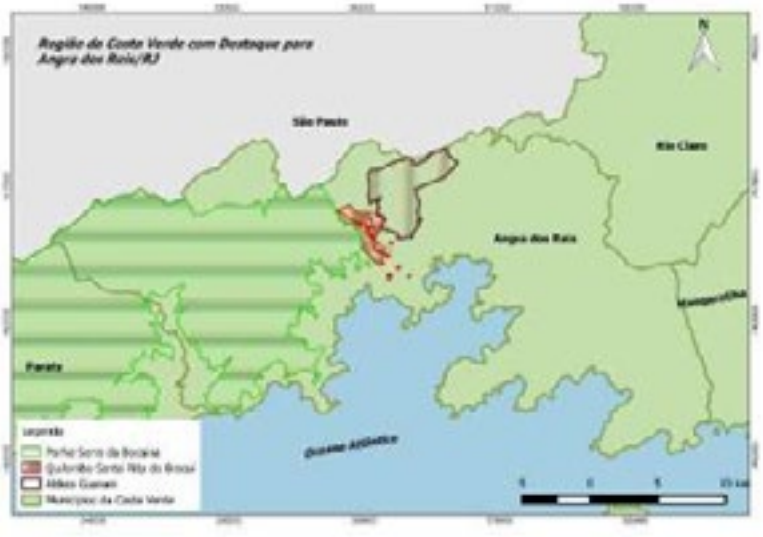


Figura 1 – Mapa com o Territorio Quilombolas em vermelho, em lilas a Terra Indigena Sapukai e hachuriado em verde os limites do ParNa da Bocaina Elaboração: os autores

Em campo, e com o uso dos aplicativos GPS Essentials e Minhas Trilhas – *Tracks – walk, run and cycling* , ambos gratuitos, registrou-se o percurso e os pontos de interesse para a produção do mapa e sua interpretação. Tais registros foram exportados em formato KML e posteriormente trabalhados em formato shapefile no programa QGis versão 2.18, que de acordo com Verdi (2017, p. 27) trata-se de um Sistema de Informações Geográficas que surgiu com o propósito básico dos softwares livres, o de compartilhamento entre usuários. Também foram realizados registros fotográficos dos pontos de interesse para interpretação.

3. Resultados e Discussões

A Trilha do Iote, (figura 2) caracteriza-se como uma trilha de baixa-media dificuldade, pode ser percorrida por crianças, desde que acompanhadas por um responsável, até pessoas da maior idade acostumadas a caminhadas um pouco mais longas. Do portão da fazenda até a área do Iote, são, aproximadamente, 3.000 m com algumas breves subidas, não tão íngremes. Há locais para descanso ao longo do caminho, além disso o visitante estará durante todo o percurso cercado por uma natureza viva e imprevisível, onde a paisagem se modifica constantemente.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 2 – Mapa com o traçado da Trilha do Iote em vermelho, localizada em fragmento de Mata Atlantica. Elaboração: os autores

Em relação aos aspectos descritivos da trilha, deve-se afirmar que sua distância corresponde a 3,03 km, totalizando 1h e 53 min de caminhada (contando as paradas para a marcação de ponto e descanso) e 41 min de corrida (nesse caso sem contar as paradas). Na figura 3 é possível verificar a trilha, tal qual os aspectos mencionados e os pontos de interesse.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 3 – Em a *Tibouchina granulosa* (Quaresmeira), em b, a marcação da trilha e em c o ponto final da trilha com a cachoeira do IOTE – aos fundos observa-se a cachoeira do Bracuí, facilmente avistada da BR 101.

No que condiz a Trilha do Iote, sua marcação consistiu em 17 pontos de interesse, sendo dois deles de descanso (figura 4). Seu percurso vem desde a saída na Sede Associação dos Remanescentes do Quilombo Santa Rita do Bracuí – ARQUISABRA, passando pela Capela Santa Rita de Cássia, seguindo de estrada de chão até o portão da Fazenda do Bracuí, trajeto de 1.850 m que pode ser feitos a pé ou de carro. A partir do portão da Fazenda do Bracuí até a sede da Fazenda, são 700 m de caminhada, à frente da sede, o visitante querendo, pode se refrescar nas águas do Rio Bracuí, dali seguimos pela trilha em direção ao Iote, que segundo o Sr. João Luiz, uma das lideranças quilombolas, em entrevista realizada em 2017, "acima da fazenda nós temos lá um lugar chamado Iote, que na verdade a gente chama de Iote, porque lá é um local aonde está compreendido entre duas montanhas, não é uma ilha dentro do mato, é um local que tem o nome de Iote".

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 4– Pontos de Interesse mapeados ao longo da Trilha do Iote. Elaboração: os autores

No trajeto, guiados pelos srs. Valmir Vitorino e Gelson, fomos conhecendo um pouco da história do lugar, que a Fazenda nas décadas de 70 e 80, era usada para o cultivo de bananas, que desciam da mata no lombo de burros, também foi obra desse fazendeiro as três pontes existentes, duas próximas a sede da fazenda e a terceira, conhecida como ponte estreita, sobre o Rio Bonito, já na área do Iote. Como nos foi dito pelas lideranças quilombolas, a trilha, inicialmente, foi aberta por caçadores e fazendeiros que tinham propriedades no local no séc XVIII e XIV e, consequentemente, serviu de rota de fuga para os escravizados dos engenhos.

Os pontos chaves do percurso consistem em vegetações peculiares do local, ou seja, da Mata Atlântica, dessa forma destaca-se a presença de árvores como a *Hyeronima alchorneoides* (Licurana) - espécie próxima a Maçaranduba - , *Tibouchina granulosa* (Quaresmeira) - a mais presente no caminho - , árvores frutíferas como a *Musa* sp. (Bananeira), *Citrus sinensis*

ISBN: 978-85-7282-778-2

(Laranjeira), *Citrus limon* (Limoeiro) e *Artocarpus heterophyllus* (Jaqueira). Além disso, há presença de plantas que de certa forma são apropriadas pela cultura medicinal do Quilombo, interpretando-se como territorialidades dos quilombolas do Bracuí, estas são a *Miconia albicans* (Canela de Velho) seu chá é usado para artrose entre outras doenças ósseas, *Vernonia polysphaera* (Assa Peixe) usada para fazer xarope e matéria prima para o mel de abelha e *Jacaranda decurrens* (Carobinha) com um chá usado para cicatrizar feridas e curar algumas doenças como reumatismo, artrose entre outras. Além disso, a proximidade com o Rio Bracuí atenua em certo aspecto o caminho percorrido, ameniza o calor do sol e, aliado as vegetações presentes, umidifica o ar

4. Considerações Finais

A trilha do Iote possui grande potencial turistíco por meio da interpretação ambiental e cultural, sendo assim, uma maneira da comunidade ofertar novos produtos para seus visitantes, divulgando e valorizando assim o seu patrimonio. Vale ressaltar que alguns trechos precisam ser melhorados, por exemplo com alocação de corrimão, para maior segurança.

O desenvolvimento dessa pesquisa tornou possível aprimorar o conhecimento acerca das potencialidades turísticas do quilombo Santa Rita do Barcuí, assim como sua história de luta e resistência pela posse da terra.

Apesar das atividades já oferecidas, a demanda pelo mapeamento e análise da trilha surgiu por parte da comunidade que tem percebido a necessidade de apresentar mais e novos produtos. Dessa forma, a pesquisa servirá de apoio para que eles ofertem um novo roteiro através dos levantamentos.

Ter como guia um morador da comunidade, enriquece a experiência visto que ao longo da trilha uma série de relatos foram apresentados. Além disso, é importante para os moradores darem valor ao que possuem, visto que alguns não conhecem o potencial existente.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Considera-se ainda, que este trabalho contribua para o planejamento de novas atividades podendo trazer experiências interessantes e diferenciadas como apreciação da natureza, ouvir o som da mata, aprender sobre novas espécies de plantas, e poder observar a comunidade de um outro ponto de vista.

5. Agradecimentos

A faperj e ao PIBIC pela concessão de bolsa de IC, e à comunidade de Santa Rita do Bracui pela sua luta e resistência na preservação de parte do patrimonio ambiental e cultural brasileiro

6. Referências Bibliográficas

BIESEK, A. S. **Turismo e Interpretação Cultural. Construções Teóricas no Campo do Turismo**. Anais do II Seminário de Pesquisa em Turismo do Mercosul, 2004.

CAMPOS, A. M. N., FERREIRA, E. A. Trilha Interpretativa: Busca por Conservação Ambiental. **Caderno Virtual de Turismo**. Vol. 6, nº 1, 2006.

MAGRO, Teresa Cristina. FREIXÊDAS, Valéria Maradei. Trilhas: Como Facilitar a Seleção de Pontos Interpretativos. Departamento de Ciências Florestais ESALQ/USP. **Circular Técnica IPEF**, n. 186. Setembro, 1998.

MENDONÇA, T.C.M.; SANTOS, R.O.; LOPES, P.C.B.; ANDRADE, S.R.; MORAES, A.P.V. Turismo de base comunitária na Costa Verde (RJ): caiçaras, quilombolas e indígenas. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v.10, n.2, mai/jul 2017, pp.328-356.

SANTANA, T. D. de.; TORRES, C. D.; SCALERCIO, V. S.; SILVA, H. C. da.; CARDOSO, P. V**. Geotecnologias Associadas ao Trabalho de Campo para uma Educação Geográfica Significativa**. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta, Rio de Janeiro, p. 1382-1386, nov. 2017.

VERDI, M. J. **Uma Ferramenta para Sincronização de Conteúdos Produzidos pelo Software Qgis. Universidade Federal do Pampa**. Alegrete, nov. 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS PARA CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA DA REGIÃO DO CIRCUITO DAS FRUTAS DE SÃO PAULO

Antônio Heriberto de Castro Teixeira [(a)], Carlos Fernando Quartaroli [(b)], Janice Freitas Leivas [(b)], Ivan André Alvarez [(b)], Celina Maki Takemura [(c)], Edlene Aparecida Monteiro Garçon [(b)]

[(a)] Universidade Federal de Sergipe/PRORH, heribert@globomail.com

[(b)] Embrapa Territorial, [carlos.quartaroli, janice.leivas, ivan.alvarez, edilene.garcon]@embrapa.br

[(c)] Embrapa Informática, celina.takemura@embrapa.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Nas condições de expansão de fruteiras no Circuito das Frutas do estado de São Paulo, as geotecnologias são ferramentas com grande potencial para avaliação dos componentes biofísicos em larga escala. Para quantificação e caracterização destes componentes, imagens MODIS foram usadas em conjunto com estações climáticas. Os maiores valores da produtividade da água (PA), acima de 4,0 kg m^{-3} são verificados em abril, período em que a produção de biomassa (BIO) é elevada, mas a evapotranspiração (ET) é baixa. Por outro lado, os menores (inferiores a 2,0 kg m^{-3}) ocorrem de agosto a outubro, quando a BIO é baixa e a ET é alta. O município de Morungaba se destaca com maiores valores de PA, enquanto que os mais baixos ocorrem em Valinhos e Indaiatuba. Embora os municípios apresentem valores de precipitação (P) acima de ET em geral, em alguns períodos do ano a irrigação suplementar pode trazer benefícios.

Palavras chave: evapotranspiração, balanço hídrico, produção de biomassa, produtividade da água, fruteiras

1. Introdução

A região do Circuito das Frutas no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, envolve municípios com crescente atividade frutícola devido às condições ambientais favoráveis. Nestas condições de mudanças de uso da terra, o uso de geotecnologias é muito relevante para quantificação de indicadores biofísicos em larga escala, o que tem sido feito com sucesso em

diferentes agros-ecossistemas do Estado (TEIXEIRA et al., 2016; 2017, 2018; FRANCO et al., 2016; NUÑEZ et al., 2017, SILVA et al., 2018).

Apesar do grande potencial para fruticultura na região do Circuito, não existe um conhecimento em larga escala dos parâmetros hídricos e de vegetação que subsidiem o manejo racional das culturas bem como para gerar critérios de expansão comercial. A combinação de sensoriamento remoto com dados climáticos é uma alternativa viável para determinação das estruturas espaciais e temporais de indicadores biofísicos (BHATTARAI et al, 2017). Para propósitos operacionais, o uso da equação de Penman-Monteith (PM) tem sido sugerido na aplicação destes indicadores em diferentes escalas temporais e espaciais (VANINO et al., 2018).

O algoritmo SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) (TEIXEIRA, 2010) foi usado em conjunto com o modelo da eficiência da radiação - RUE MONTEITH, 1972), permite a quantificação dos componentes da produtividade da água. Um melhor conhecimento destes componentes nos diferentes agros-ecossistemas prover informações valiosas para as práticas de conservação dos recursos hídricos sem a perda da produção agrícola. Para atingir este objetivo, faz-se as quantificações da evapotranspiração atual (ET) e da produção de biomassa (BIO) (TEIXEIRA et al., 2016, 2017).

O trabalho corrente visou a associação de imagens do satélite MODIS e dados climáticos em uma série histórica de 15 anos para caracterização biofísica da região deste Circuito para quantificação da evapotranspiração, produção de biomassa, produtividade da água e indicadores de umidade na zona das raízes dos agros-ecossistemas. Os resultados podem subsidiar a geração de critérios para a expansão comercial com sucesso das fruteiras exploradas na região.

2. Materiais e Métodos

ISBN: 978-85-7282-778-2

A Figura 1 apresenta a localização do Circuito das Frutas no Estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, as divisões municipais, estações climáticas utilizadas e a variação espacial da altitude.

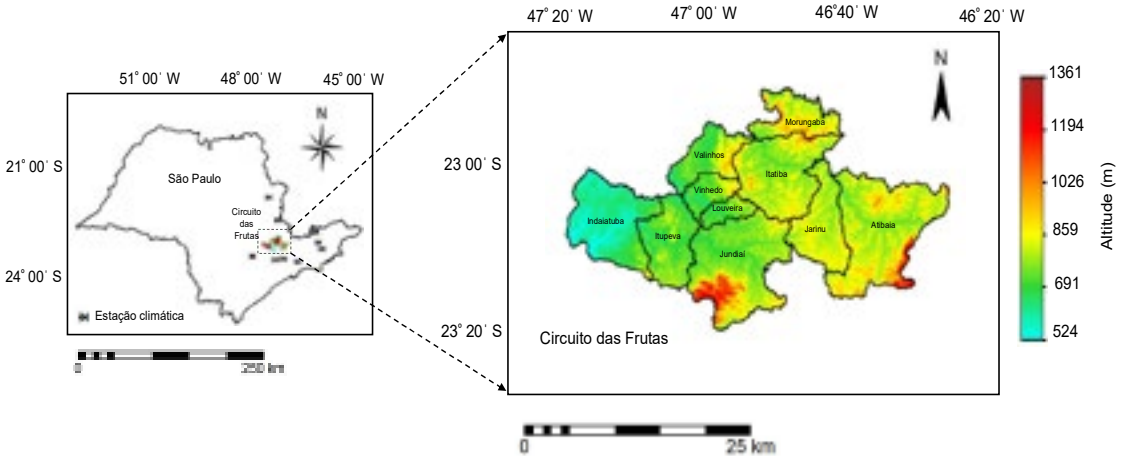


Figura 1 – Localização do Circuito das Frutas no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, as divisões municipais, estações climáticas e a variação espacial da altitude

De acordo com Bardin-Camparotto et al. (2013), as temperaturas médias do ar diárias do Circuito das Frutas variam entre 23,1 ºC e 26,0 ºC nas regiões mais altas até valores superiores a 29,1 °C na região oeste. Os meses mais úmidos são janeiro e dezembro, com totais médios mensais de precipitação superiores a 180 mm, enquanto que os meses mais secos são julho e agosto, com totais mensais inferiores a 50 mm.

Na aplicação do SAFER e do RUE, o produto reflectância do satélite MODIS MOD13Q1 foi usado com aplicação do método residual para obtenção da temperatura da superfície (T_0). As equações estão descritas em detalhes em Teixeira et al. (2016, 2017,2018), sendo aqui apresentada apenas as equações principais

Os valores diários da razão $ET_r = ET/ET_0$ foram modelados:

$$ET_r = \exp\left[a_{sf} + b_{sf}\left(\frac{T_0}{\alpha_0 NDVI}\right)\right] \quad (1)$$

ISBN: 978-85-7282-778-2

onde T_0 é a temperatura da superfície, α_0 o albedo da superfície, NDVI o Índice da Diferença de Vegetação Normalizado, e a_{sf} e b_{sf} são os coeficientes de regressão.

A ET_r além de ser um indicador de umidade do solo, é usado na obtenção da ET, quando multiplicado pelas grades diárias de ET_0 obtidas das estações climáticas:

$$ET = ET_r ET_0 \tag{2}$$

A BIO foi quantificada como:

$$BIO = \sum \left(\varepsilon_{max} \; ET_r \; ARAF \; 0,864 \right) \tag{3}$$

onde ε_{max} é eficiência máxima de uso da radiação, ARAF a radiação fotossinteticamente ativa absorvida, e 0,864 um fator de conversão.

A produtividade da água (PA) foi considerada em termos da ET:

$$PA = \frac{BIO}{ET} \tag{4}$$

Com dados de P e ET, indicadores de balanço hídrico foram analizados:

$$BH_r = \frac{P}{ET} \tag{5}$$

$$BH_d = P - ET \tag{6}$$

3. Resultados e discussões

A Figura 2 apresenta os valores climatológicos (2002-2016) para precipitação pluvial (P), evapotranspiração de referência (ET_0) e temperatura média do ar (T_a). (a) na escala quinzenal para toda a área do Circuito das Frutas; (b) na escala anual para cada município envolvido pelo Circuito.

ISBN: 978-85-7282-778-2

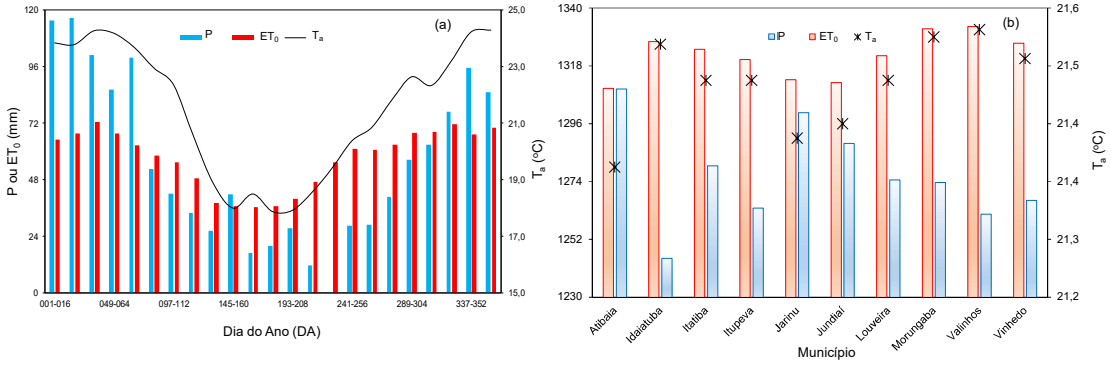


Figura 2 – Condições climáticas médias para o período de 2002 a 2016. Precipitação pluvial (P), evapotranspiração de referência (ET_0) e temperatura média do ar (T_a): (a) na escala quinzenal para todo o Circuito; (b) na escala anual para cada município envolvido pelo Circuito.

Considerando toda a região do Circuito das Frutas (Figura 2a), o período de maiores valores de P são no início e no final do ano, com destaques para os dias do ano 001 a 049, quando ficam acima de 100 mm de janeiro a fevereiro, o que está de acordo com Bardin-Camparotto et al. (2013). As menores precipitações ocorrem entre os dias do ano 161-241, de junho a agosto, com alguns eventos de estiagem.

Os valores quinzenais de ET_0 acompanham aqueles das precipitações, entretanto com P maior que ET_0 no início e no final do ano, em mais de 70%. A tendência de T_a segue aquela da ET_0, acompanhando o movimento aparente do Sol com condições térmicas mais elevadas (T_a > 24ºC) nos momentos de posição zenital na região e mais frias (T_a < 18ºC) no meio do ano, quando ocorre o Solstício de inverno no Hemisfério Sul.

Comparando-se os municípios de acordo com os valores climáticos anuais médios (Figura 2b), o mais e menos chuvosos são respectivamente Atibaia e Indaiatuba. Considerando as condições de demanda atmosfera as variações dos valores de ET_0 e T_a entre os municípios foram menores, em relação a P. Tomando-se a relação das chuvas e a demanda atmosférica entre os municípios, a fração de P para a ET_0 variou de 95 a 100%, o que mostra a boa disponibilidade hídrica.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A Figura 3 mostra a distribuição espacial, médias e desvios padrões dos valores na escala temporal trimestral, da evapotranspiração (ET), para a área do Circuito das Frutas no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, no período de 2002 a 2016.

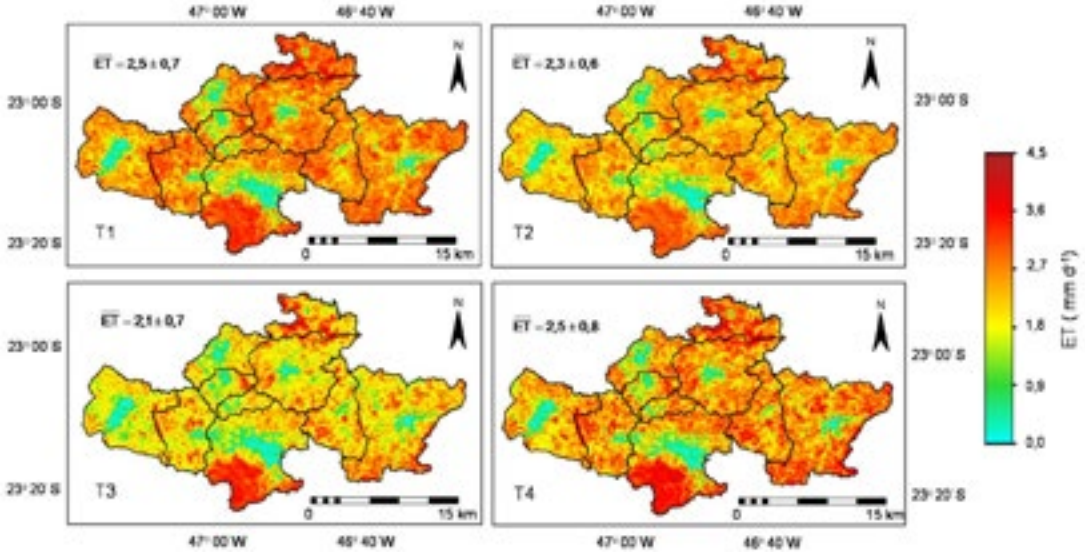


Figura 3 – Distribuição espacial, médias e desvios padrões na escala temporal trimestral da evapotranspiração (ET), para o período de 2002 a 2016.

As variações espaciais e temporais da ET são evidentes, confirmando a sensibilidade do SAFER usando apenas as bandas 1 e 2 do MODIS em conjunto com grades de dados climáticos na região do Circuito das Frutas. Estas variações são percebidas, principalmente quando se compara os trimestres de condições mais úmidas (primeiro – T1 e quarto – T4) com aquele com quantidade de chuvas e demanda atmosférica inferiores (terceiro – T3).

No Noroeste de São Paulo, Teixeira et al. (2016), usando o SAFER, encontraram valores da ET na cana-de-açúcar, variando de 0,6 a 4,0 mm d^{-1}, durante as quatro fases generalizadas da cultura, dentro das faixas de valores espaciais apresentados na Figura 3.

A Figura 4 apresenta a distribuição espacial, médias e desvios padrões na escala temporal trimestral da produção de biomassa (BIO), para a área do Circuito das Frutas no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, no período de 2002 a 2016.

ISBN: 978-85-7282-778-2

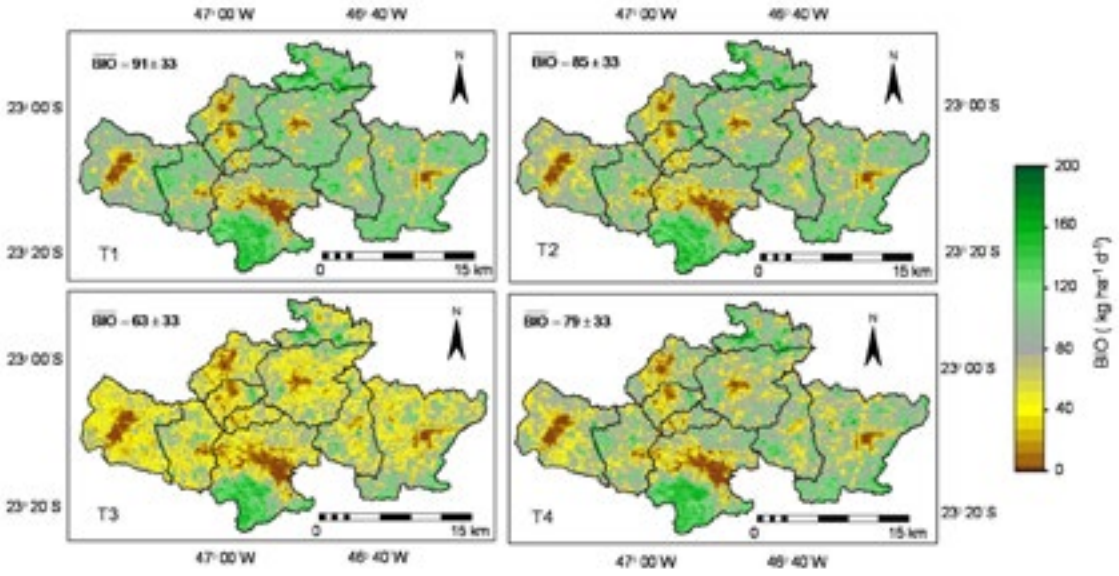


Figura 4 – Distribuição espacial, médias e desvios padrões na escala temporal trimestral da produção de biomassa (BIO), para o período de 2002 a 2016.

As variações espaciais e temporais da BIO são também evidentes, confimando o potencial do uso conjunto do algoritmo SAFER com o modelo RUE de Monteith na região do Circuito das Frutas, claramente quando se compara os trimestres T1 e T2 com o mais seco (T3), onde respectivamente percebem-se os pixels de maiores e menores valores da BIO para as superfícies vegetadas da região. Destacam-se também os valores mais elevados da BIO no período chuvoso, quando as chuvas promovem o desenvolvimento dos dosséis das plantas a valores máximos de 200 kg ha^{-1} d^{-1}.

No nordeste do estado de São Paulo, Teixeira et al. (2016), reportaram para a cultura da cana-de-açúcar, valores da BIO na faixa de 20 a 200 kg $ha^{-1}d^{-1}$, durante as quatro fases generalizadas da cultura da cana-de-açúcar, corroborando com os máximos dos pixels apresentados na Figura 4, para superfícies vegetadas.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A Figura 5 mostra a distribuição espacial, médias e desvios padrões na escala temporal trimestral da produtividade da água baseada na evapotranspiração (PA), para a região do Circuito das Frutas no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, no período de 2002 a 2016.

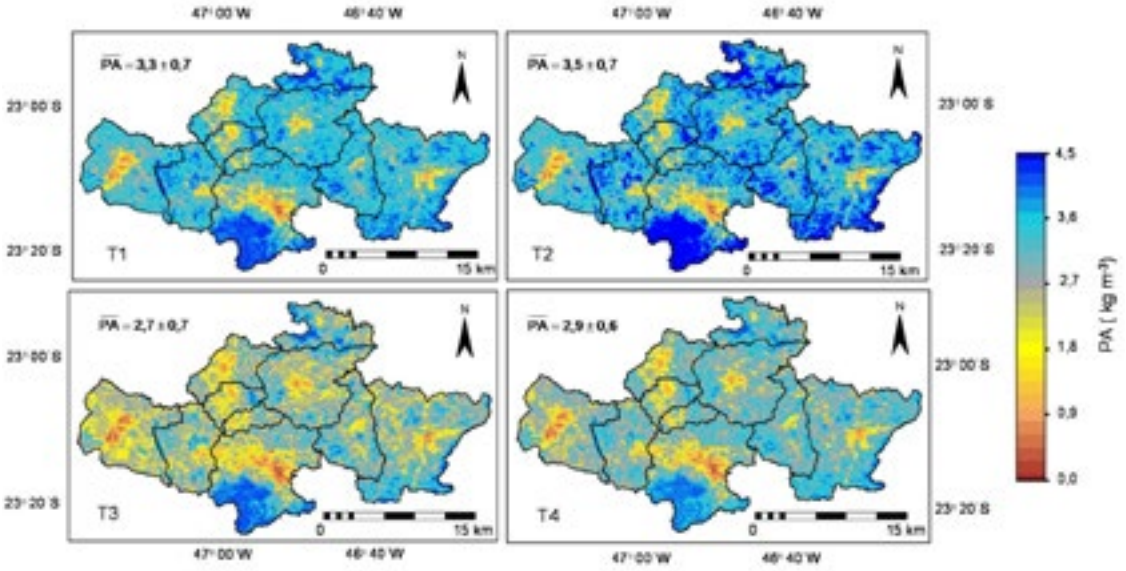


Figura 5 – Distribuição espacial, médias e desvios padrões na escala temporal trimestral da produtividade da água (PA), para o período de 2002 a 2016.

Apesar que no primeiro trimestre (T1) sejam verificados maiores valores da BIO que no segundo (T2), as menores taxas da ET em T2 promovem maiores valores de PA. Por outro lado, mesmo que no terceiro trimestre (T3) ocorram as menores taxas da ET, estas não contribuíram para a elevação da PA, devido a uma redução da BIO, com este último parâmetro apresentando os menores valores neste trimestre.

Franco et al. (2016), aplicaram o SAFER em imagens Landsat 8 para obtenção da dinâmica da PA nos anos de 2013 a 2014 no noroeste de São Paulo, encontrando uma média de 4,9 kg m^{-3}. A razão dos valores superiores no noroeste de São Paulo, é que estes foram obtidos em pixels específicos para os agros-ecossistemas na região. Entretanto, Nuñez et al. (2017), avaliando a PA na bacia hidrográfica do Córrego Cabeceira Comprida também no noroeste de

ISBN: 978-85-7282-778-2

São Paulo com imagens do Landsat-8, obtiveram valores médios da PA de 3,5 kg m^{-3}, coincidindo com os valores representantes de boas condições hídricas na Figura 5.

Separando-se os municípios que compõem o Circuito das Frutas do estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, a Tabela 1 apresenta os valores médios anuais dos indicadores biofísicos para o período de 2002 a 2016.

Tabela 1. Valores médios anuais dos indicadores biofísicos na escala municipal no período de 2002 a 2016 na região do Circuito das Frutas, estado de São Paulo, Sudeste do Brasil.

Indicador/ Município	ET (mm d^{-1})	BIO (kg ha^{-1} d^{-1})	PA (kg m^{-3})	ET_r (-)	BH_r (-)	BH_d (mm ano^{-1})
Atibaia	2,4 ± 0,6	84 ± 28	3,2 ± 0,6	0,68	1,47	419
Idaiatuba	2,1 ± 0,6	65 ± 26	2,8 ± 0,6	0,57	1,65	489
Itatiba	2,4 ± 0,5	80 ± 26	3,1 ± 0,5	0,77	1,47	408
Itupeva	2,4 ± 0,5	79 ± 27	3,1 ± 0,5	0,76	1,46	399
Jarinu	2,4 ± 0,5	83 ± 24	3,2 ± 0,4	0,79	1,46	410
Jundiaí	2,3 ± 0,9	81 ± 44	3,1 ± 1,0	0,74	1,54	453
Louveira	2,2 ± 0,6	69 ± 26	2,9 ± 0,6	0,70	1,62	486
Morungaba	2,8 ± 0,5	100 ± 27	3,4 ± 0,5	0,88	1,26	263
Valinhos	2,1 ± 0,7	66 ± 29	2,9 ± 0,6	0,67	1,66	502
Vinhedo	2,0 ± 0,7	64 ± 32	2,8 ± 0,7	0,66	1,72	530

Com relação aos componentes da produtividade da água, o município de maiores valores da ET, BIO e PA é Morungaba, enquanto que as menores taxas são para Valinhos. Percebe-se que o município de Morungaba apresenta valores mais elevados de ET_r, evidenciando maior aproveitamento da água das chuvas, enquanto que os mais baixos ocorrem em Valinhos e Indaiatuba.

Considerando-se os indicadores de balanço hídrico, nota-se que apesar de Morungaba apresentar os maiores valores de ET_r, aqueles para ambos BH_r e BH_d são os menores, com P atendendo cerca apenas 30% da ET e excesso hídrico de 263 mm ano^{-1}, enquanto que Vinhedo e Valinhos BH_r e BH_d são maiores, com P sendo cerca de 70% superior da ET e excesso hídrico

acima de 500 mm ano^{-1}. Este resultado evidencia indiretamente que os ecossistemas de Morungaba têm elevada capacidade de armazenamento da água na camada de solo onde ocorrem maior concentração das raízes das plantas.

Pela Tabela 1 nota-se que embora todos os municípios do Circuito das Frutas sejam bem abastecidos de chuvas, com P acima de ET em geral, proporcionando excessos hídricos climáticos, aqueles de melhores opções para expansão da fronteira frutícola são Morungaba, Atibaia, Jarinu, Jundiaí, Itatiba e Itupeva, apresentando ET_r acima de 0,60, e BIO e PA com valores respectivos maiores que 75 kg ha^{-1} d^{-1} e 3,0 kg m^{-3}. Entretanto em alguns períodos do ano, com eventos de estiagem, a irrigação suplementar pode trazer benefícios, desde que haja boa disponibilidade hídrica para atendimento aos requerimentos hídricos das fruteiras de acordo com as fases fenológicas.

4. Considerações finais

Para quantificação e caracterização de parâmetros biofísicos na região do Circuito das Frutas, situado no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil, os algoritmos SAFER (*Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving*) e RUE (*Radiation Use Efficiency*) foram aplicados com sucesso em conjunto com parâmetros obtidos com imagens MODIS e dados climáticos em uma série histórica de dados de 2002 a 2016.

Os maiores valores da produtividade da água (PA) são verificados no segundo trimestre do ano, enquanto que os menores ocorrem no terceiro, com as variações espaciais indicando diferentes condições de umidade na zona das raízes das espécies naturais e heterogeneidade nas fases fenológicas nas culturas agrícolas ao longo do ano.

Embora todos os municípios do Circuito das Frutas sejam bem abastecidos de chuvas, com a precipitação pluvial (P) acima de evapotranspiração (ET) em geral, proporcionando excessos hídricos, em alguns períodos do ano com eventos de estiagem a irrigação suplementar pode trazer benefícios, desde que haja disponibilidade hídrica para a prática, com o município de Morungaba se destacando com condições de maior aproveitamento da água das chuvas.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Referências Bibliográficas

BARDIN-CAMPAROTTO, L.; PEDRO JUNIOR, M. J.; BLAIN, G.C.; MORAES, J.F.L. de; HERNANDEZ, J.L. **Polo turístico do Circuito das Frutas do estado de São Paulo: Fisiografia e clima.** Boletim técnico. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas-IAC, 2013.

BHATTARAI, N.; WAGLE, P.; GOWDA, P.H.; KAKANI. V.G. Utility of remote sensing-based surface energy balance models to track water stress in rain-fed switchgrass under dry and wet conditions. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 113, p. 128-141, 2017.

FRANCO, R.A.M.; Hernandez, F.B.T.; Teixeira, A.H. de C.; LEIVAS, J.F.; NUNEZ, D.N.C.; Neale, C.M.U. Water productivity mapping using Landsat 8 satellite together with weather stations. In: SPIE Remote Sensing 2016, 2016, Edinburgh. **Proceedings of SPIE**. Edinburgh: SPIE Digital Library, v. 9998. p. 99981H-1-99981H-12, 2016.

MONTEITH, J.L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology**, v. 9, p. 747-766, 1972.

NUÑEZ, D.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; TEIXEIRA, A.H. de C.; FRANCO, R.A.M.; LEIVAS, J.F.L. Water productivity using SAFER - Simple Algorithm for Evapotranspiration Retrieving in watershed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, p.524 - 529, 2017.

SILVA, C.O.F.; MANZIONE, R.L.; TEIXEIRA, A.H. de C. Modelagem espacial da evapotranspiração e produtividade hídrica na porção paulista do afloramento do aquífero Guarani entre 2013 e 2015. **Holos Environment**, v.18, p. 126-140, 2018.

TEIXEIRA, A.H. de C. Determining regional actual evapotranspiration of irrigated and natural vegetation in the São Francisco river basin (Brazil) using remote sensing an Penman-Monteith equation. **Remote Sensing**, v. 2, p. 1287-1319, 2010.

TEIXEIRA, A. H. de C.; LEIVAS, J. F.; RONQUIM, C. C.; VICTORIA, D. de C. Sugarcane water productivity assessments in the São Paulo state, Brazil. **International Journal of Remote Sensing Applications**, v.6, p.84 - 95, 2016.

TEIXEIRA, A.H. de C.; LEIVAS, J.F.; RONQUIM, C.C.; GARCON, E.A. M.; SILVA, G.B. Water and vegetation indices by using MODIS products for eucalyptus, pasture and natural ecosystems in the eastern São Paulo state, Southeast Brazil. **Proceedings of SPIE**, v.10421, p.1042112-1 - 1042112-12, 2017.

TEIXEIRA, A.H. de C.; LEIVAS, J.F.; RONQUIM, C.C.; BAYMA-SILVA, G. The use of MODIS images to quantify the energy balance in different agroecosystems in Brazil In: Multi-purposeful application of geospatial data.1 ed. London: InTech, 2018, v.1, p. 105-121.

VANINO, A S.; NINOA, P.; MICHELEB, C.; De, BOLOGNESIB, S.F.; D'URSO, G.; BENED, C. Di; PENNELLID, B.; VUOLOE, F.; FARINAD, R.; PULIGHEA, G.; NAPOLID, R. Capability of Sentinel-2 data for estimating maximum evapotranspiration and irrigation requirements for tomato crop in Central Italy. **Remote Sensing of Environment**, v. 215, p. 452-470, 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIA APLICADA AO MAPEAMENTO DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO MUNICÍPIO DE SANTO ANTÔNIO DO LEVERGER-MT NOS PERÍODOS 1997-2017

Louis Antoniel Joseph[(a)]

(a) Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia, UFMT, Email: anthonieljo@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As mudanças no uso e ocupação do solo provocadas pelas ações antrópicas, têm gerado grandes impactos nas paisagens. Esses impactos podem ser mitigados através do monitoramento do uso e da cobertura do solo utilizando-se informações espaço-temporais das modificações ocorridas nessa paisagem. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo mapear o uso e ocupação do solo do município de Santo Antônio do Leverger nos períodos 1997 e 2017. Adotou-se como aportes metodológicos a revisão bibliográfica pertinente à temática, a aquisição das imagens. O software utilizado para o processamento dessas imagens foi ArcGis versão 10.5. Os resultados obtidos mostram que o município de Santo Antônio de Leverger predominam pela Floresta e Agropecuária ocupando 64,76% e 22, 61% em 1997 para (52,6%) e (35,46%) em 2017.

Palavras chave: Geotecnologia, Uso do solo, Santo Antônio do Leverger.

1. Introdução

As ações antrópicas têm gerado grandes impactos nas paisagens através do intenso processo de substituição das áreas naturais por diversos tipos de uso do solo e da fragmentação das áreas com cobertura florestal (MATSUSHITA et al., 2006). Diversos fatores estão diretamente ligados a este processo, podendo influenciar a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais, além de afetar a biodiversidade em grandes áreas do país (MENDOZA et al., 2011). Uma dessas causas é a exploração intensa de áreas com agricultura e pecuária, muito comum na região semiárida brasileira. Esse tipo de atividade pode provocar perda da biodiversidade, queda na fertilidade do solo e a intensificação dos processos erosivos (VANZELA et al., 2010).

Para mitigar esses problemas é necessário ter o conhecimento no uso e cobertura do solo a fim de desenvolver das políticas públicas adequadas para uma gestão sustentável do espaço e dos recursos naturais, torna-se imprescindível o monitoramento do Uso e Ocupação do Solo (UOS), através de informações espaço-temporais detalhadas das modificações ocorridas na paisagem.

A melhor maneira de monitorar essas mudanças é através da utilização de produtos multitemporais de sensoriamento remoto (LOPES et al., 2010), que fornecem dados importantes sobre as características ambientais. Quando utilizadas concomitantemente com Sistemas de Informações Geográficas (SIG), proporcionam informações valiosas sobre os mecanismos de degradação e auxiliam no diagnóstico dos tipos de uso. Diante do contexto descrito, este trabalho tem o objetivo identificar e analisar os usos e ocupações do solo presentes na região de Santo Antônio do Leverger.

2. Materiais e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O município Santo Antônio do Leverger é um município do Estado de Mato Grosso, na região Centro-Oeste do Brasil. Inserido na Região Metropolitana do vale do Rio Cuiabá. Compreendido entre as latitudes 15° 51' 17" S e longitudes 56° 4' 13" W, possui cerca de 16.433 habitantes no último censo e uma área aproximadamente de 11.736,5 km^2. Esse município está de 156,4 km da capital de Cuiabá e a 24 km a Sul-Leste de Várzea Grande. Possui clima tropical, na classificação Köppen, temperatura média anual de 33°C e índice médio pluviométrico anual de 1.212,6 mm. A figura (1) apresenta o mapa da localização do município de Santo Antônio do Leverger.

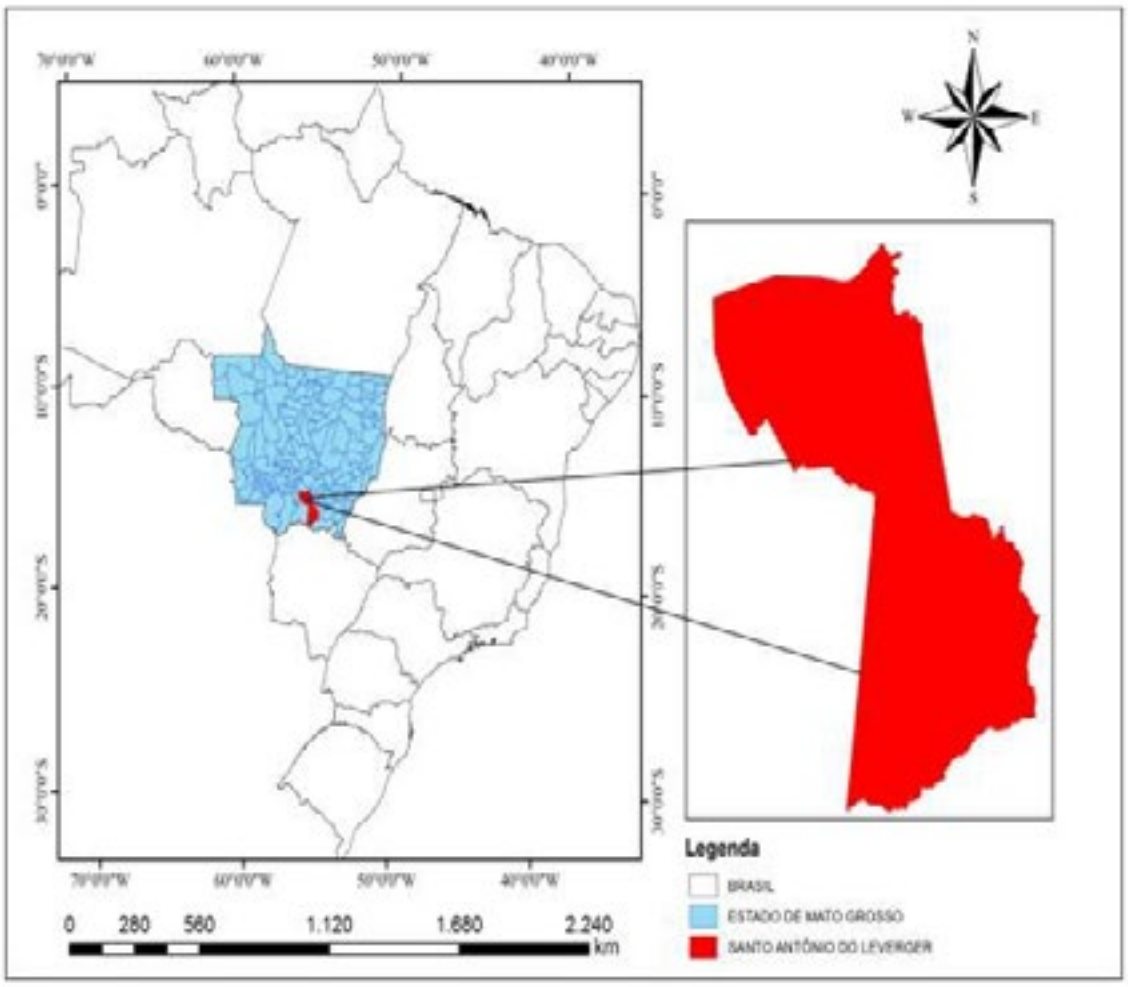


Figura 1- Mapa de localização do município de Santo Antônio do Leverger

2.2. Materiais

Para o desenvolvimento deste trabalho e confecção dos mapas do uso e ocupação do solo foram utilizados os seguintes materiais:

- A base cartográfica do laboratório geoprocessamento da UFMT;
- O software Arcgis versão 10.5;
- Cartas elaboradas para o projeto Mapeamento da cobertura vegetal do bioma realizado pelo Ministério do Meio Ambiente em parceria com o Laboratório de Geoprocessamento da UFMT.

2.3. Métodos

A primeira etapa foi realizada uma revisão bibliográfica que envolveu a busca inicial do conhecimento a partir do que já foi produzido sobre o tema da pesquisa, leitura e análise de livros, artigos científicos. Em seguida, a elaboração de uma base cartográfica do município foi realizada a partir de dados disponibilizados no laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).

Para a confecção desses mapas de uso e ocupação da terra, utilizou-se o método proposto pelo IBGE no manual do Uso da Terra. O manual apresenta o desenho esquemático dos fluxos existentes no processo de levantamento e classificação da Cobertura e do Uso da Terra além de propor cores na legenda do mapa de uso e ocupação da terra. Os dados foram processados no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Arcgis 10.5 e para o tratamento cartográfico foram adotados a projeção e o Datum WGS 84 (World Geodetic System 1984). A partir dessa análise determinaram-se as classes de uso da terra que compõem esse município, sendo elas: Agropecuária, Corpos d'água, Floresta, Formação natural não florestal, Área não vegetada.

3. Resultados e discussões

Os cenários ambientais construídos pela ação do homem ocupam a maior parte dos sistemas ambientais. O homem transforma os espaços através da derrubadas de matas, da implantação de pastagens e cultivos, da construção de estradas, represas, da retificação e canalização de curso d'água, da implantação de indústrias. (FLORENZANO, 2002 apud MIRANDOLA-AVELINO, 2006).

Nessa perspectiva foi elaborada dois mapas de uso e ocupação tornando assim, possível quantificar os tipos de uso e ocupação da terra, e também identificar alterações ambientais. Acredita-se que esses processos de identificação poderão auxiliar, posteriormente, em um planejamento ambiental da área. Os valores da superfície em hectares e as percentagens ocupadas pela cada classe identificada nos períodos avaliados apresentam na tabela I e nas figuras 2 e 3.

3.1. Mapeamento de uso e ocupação da terra em 1997

A análise qualitativa da figura 2 evidencia a predominância da classe de Floresta, seguida pela classe Agropecuária, o que pode ser confirmado pelos dados quantitativos da tabela I. A análise da tabela I mostra que a classe de Floresta ocupava uma área de 760075,16 ha (64,76%) enquanto a classe Agropecuária ocupava uma área 265410,16 ha (22,61%), totalizando (87,37%) para o ano 1997. As demais classes ocupavam apenas (12,63%) da área de estudo.

Tabela I – Quantificação em (ha) de uso e ocupação do solo nos períodos 1997-2017

Classes	1997		2017	
	Área em (ha)	Porcentual	Área em (ha)	Porcentual
Agropecuária	265410,16	22,61	416227,97	35,46
Corpos d'água	6901,45	0,59	5212,01	0,44
Floresta	760075,16	64,76	617312,55	52,6
Formação natural não florestal	140110,95	11,94	133158,91	11,35
Área não vegetada	1117,78	0,09	1704,1	0,14
Total	1173615,54	100	1173615,54	100

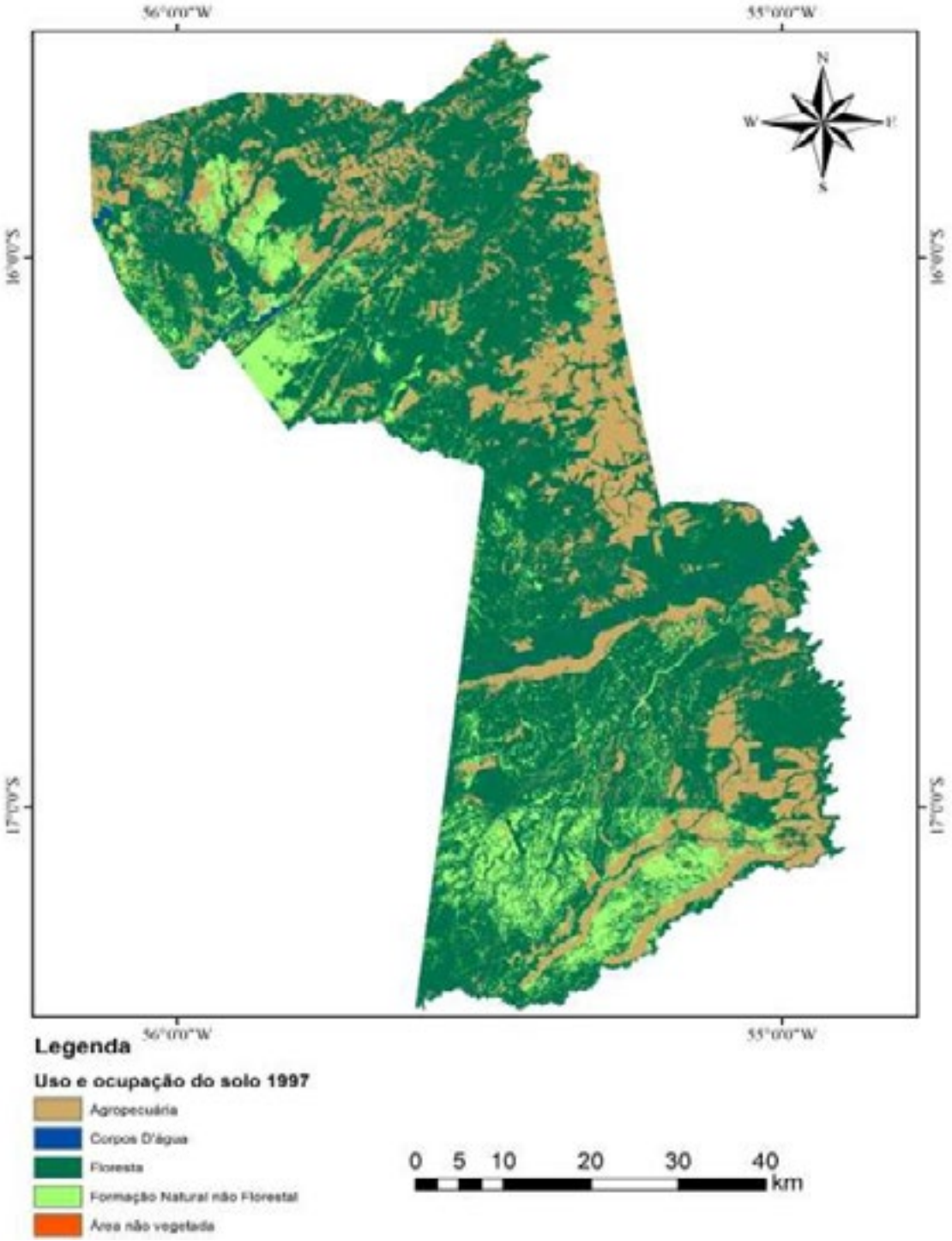


Figura 2- Mapa de uso e ocupação do solo de Santo Antônio do Leverger 1997

3.2. Mapeamento de uso e ocupação da terra em 2017 e sua comparação com 1997

A partir da análise qualitativa das figuras 2 e 3, percebe-se visualmente que houve mudanças nas áreas ocupadas por todas as classes, cuja essa mudança foi praticamente imperecível. Para fazer essa análise, a mesma tabela I mostra que as classes Floresta e Agropecuária apresentaram respectivamente, 760.075,16 ha (64,76%) e 265.410,16 há (22,61%) para 617.312,55 ha (52,6%) e 416.227,97 ha (35,46%). Constata-se em 2017 ocorreu uma redução significativa da área de floresta atingindo 52,06%, ou seja, uma diminuição de 12,18%. Essa diminuição da área floresta se deveu pincipalmente ao surgimento da expansão dos condomínios fechados com 150 casas. Sob a classe de Agropecuária houve um aumento de 12,85% durante o ano 2017. Esse aumento está relacionado à tendência de expansão da pecuária em Santo Antônio, pois a maior parte (68%) das propriedades rurais está voltada à formação de produção pecuária.

Desse fato, essa Agropecuária foi utilizada para a criação de gado de corte e gado leiteiro na região, onde apresentam pastagem não degradada com cobertura escassa de arbustos. Na maioria dos casos as áreas de pastagem foram identificadas próximas às matas que, provavelmente, são para aproveitamento de áreas não utilizadas na agricultura devido à topografia. A destinação das áreas de pasto próximas a fragmentos de mata e de matas ciliares também foram observadas.

A classe Corpos d'água sofreu de uma pequena redução, passando de 6901,45 ha (0,59%) em 1997 para 5212,01 ha (0,44%) em 2017. O represamento de água nesta região é comum, tanto para dessedentação animal quanto para irrigação nos períodos secos. Resultados semelhantes foram obtidos por Melo (2016) para o município Santo Antônio, onde constata esse município com baixa oferta de água em determinadas épocas usam as práticas para armazenar água. A classe da formação natural não florestal também sofreu uma redução, passando 140.110,95 ha em 1997 para 133.158,91 ha em 2017.

Enfim, a utilização da geotecnologia no mapeamento de uso e ocupação solo é um elemento essencial já que a aquisição, manipulação e armazenamento de dados em uma área muitas vezes se transformaram em informações que podem ajudar para o planejamento desta

área. Nesse sentido, durante esses vinte (20) anos o uso da terra no município de Santo Antônio do Leverger não sofreu de grandes alterações.

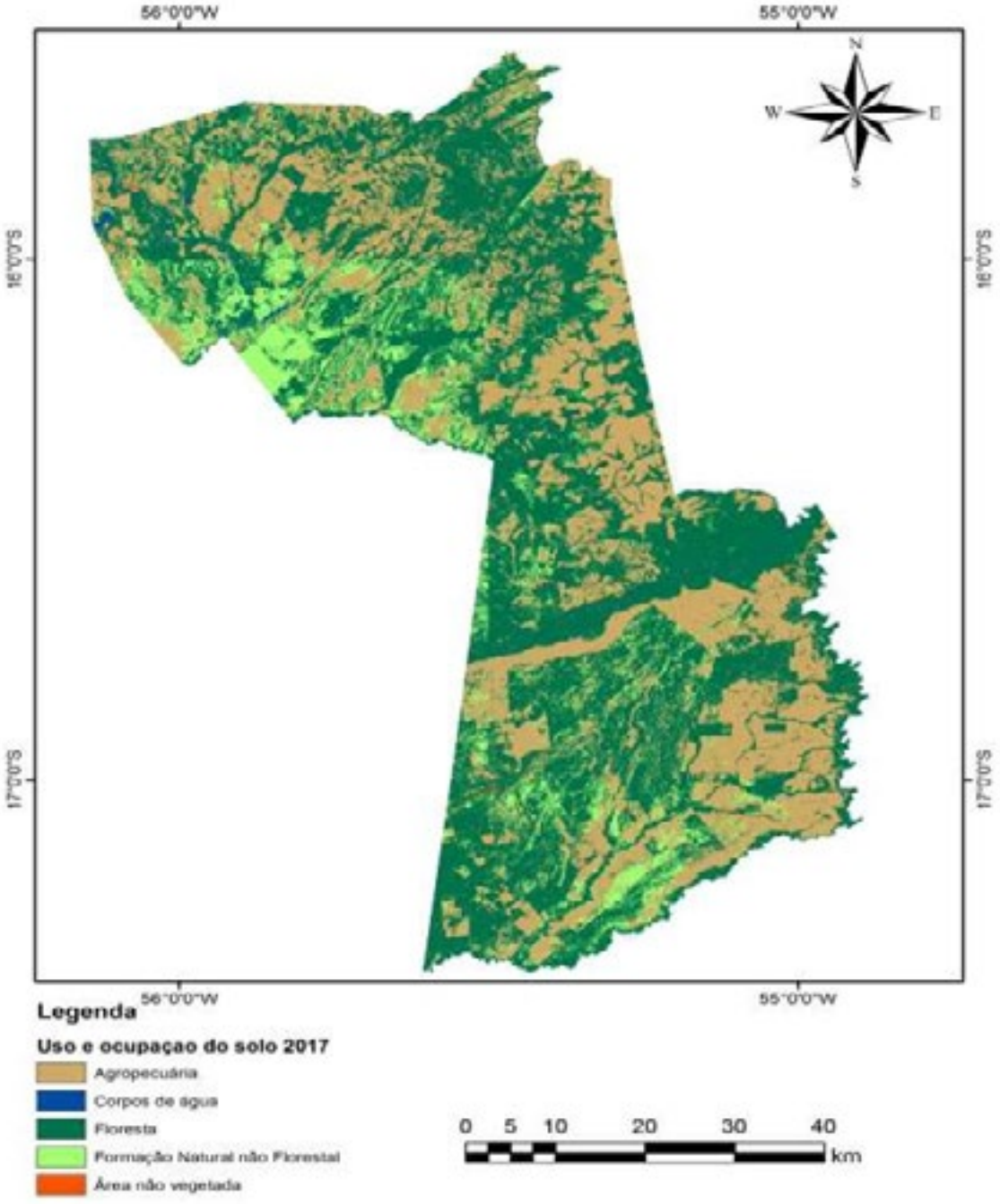


Figura 3- Mapa de uso e ocupação do solo de Santo Antônio do Leverger 2017

4. Considerações finais

O mapeamento do município de Santo Antônio do Leverger demonstrou que ao longo desses últimos 20 anos ocorreram modificações no uso e ocupação do solo tanto em relação às todas as classes. As classes como corpos d' água, floresta, formação natural não florestal apresentaram uma diminuição entre 1997 e 2017 e apenas as classes agropecuária e área não vegetada mostraram um aumento de área.

Essas técnicas de Sistemas de Informações Geográficas–SIG permitem a realização de diversas análises integradas, onde o uso de imagens representa uma ferramenta de extrema importância na análise espaço temporal dos recursos naturais. Dessa maneira, a utilização dessas técnicas contribui quanto em nível de planejamento e gerenciamento do município quanto em pesquisas relacionadas às potencialidades e fragilidades da área com a possibilidade de contínuo monitoramento.

Agradecimentos

Queria agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES- Grupo Coimbra) pela concessão da bolsa de estudo. Meus agradecimentos também para os professores, organizadores deste evento científico da Universidade Federal do Ceará, onde os alunos terão a possibilidade adquirir de novos conhecimentos na Geografia.

Referências Bibliográficas

GAO, J.; Zha, Y.; Ni, S. **Assessment of the effectiveness of desertification rehabilitation measures in Yulin, north-western China using remote sensing**. International Journal of Remote Sensing, v.22, p.3783-3795, 2001.

MATSUSHITA et al. **Characterizing the changes in landscape structure in the Lake Kasumigaura, Japan using a high-quality GIS dataset.** Ladscape and Urban Planning, v.78, p.241-250, 2006.

MENDOZA, et al. **Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal** study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). Applied Geography, v.31, p.237-350, 2011.

MIRANDOLA-AVELINO, P. H. **Análise geoambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental: um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal Mato Grosso - Brasil.** Tese de Doutorado em Geografia do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006, 317p.

MONTEBELO, L. A. *et al.* **Relação entre uso e cobertura do solo e risco de erosão nas áreas de preservação permanente na bacia do ribeirão dos Marins**, Piracicaba-SP In: II Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, 2005, p.3829-36.

SANTOS, A. L. **Mapeamento das classes de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio vaza-barris, Sergipe**. Revista multidisciplinar da Unesp, n.10, 2010.

TURNER, B. L. et al. **Global Land Use and Land Cover Change: An Overview**. Changes in Land Use and Land Cover: A Global.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. M. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.14, n.1, p.55–64, 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Geotecnologias aplicadas aos índices morfométricos da Bacia Hidrográfica do Córrego Campestre, São Pedro - SP

Georgea do Vale de Melo [(a)], Fernando Nadal Junqueira Villela [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia Física/Universidade de São Paulo, georgeamelo@usp.br

[(b)] Departamento de Geografia Física/Universidade de São Paulo, geovillela@usp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O presente estudo objetivou analisar as características físicas da bacia hidrográfica do Córrego Campestre (BHCC), situada na Depressão Periférica Paulista, no municipio de São Pedro-SP, a partir dos índices morfométricos seguindo equações propostas por Horton (1945), Strahler (1952 e 1957) e Villela e Matos (1975), atualizados por Christofoletti (1980) e Schumm (2005). Para obtenção das variáveis morfométricas, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), os dados altimétricos do Modelo Digital de Elevação (MDE) oriundos da imagem SRTM do banco de dados da EMPLASA (2010) foram utilizados como base. A união de imagens digitais (SRTM) com a aplicação de ferramentas do geoprocessamento possibilitou neste estudo a obtenção, análise e interpretação de dados morfométricos da Bacia, de maneira rápida e detalhada.

Palavras chave: Análise física, índice morfométrico, geoprocessamento, bacia hidrográfica, ArcGis.

1. Introdução

A análise da rede hidrográfica auxilia na elucidação e compreensão de distintas questões geomorfológicas, entende-se que os cursos d' água estão relacionados aos processos morfogenéticos ativos, nessa linha de raciocínio Christofoletti (1980) destacou a bacia

hidrográfica como importante unidade geomorfológica. Estudos referentes às características físicas de bacias hidrográficas sempre teve destaque nos estudos geomorfológicos, pois possuem papel fundamental na compreensão da esculturação do modelado terrestre.

O estudo das características físicas de uma bacia hidrográfica desempenha papel fundamental no seu comportamento hidrológico, exercendo forte influência no escoamento superficial e atualmente a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas tem sido feita com a integração de informações de relevo em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) (CARDOSO et al., 2006).

Considera-se a geotecnologia importante ferramenta na obtenção de dados para a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, segundo Johnson (2009) a utilização de SIGs é uma importante ferramenta no sentido de obter dados espaciais de maneira mais rápida e precisa, se comparado com obtenção manual. O avanço dos SIGs e as bases digitais (SRTM - Shuttle Radar Topography Mission) de representação do relevo, como por exemplo, o MDE (Modelo Digital de Elevação do Terreno), as técnicas de delimitação de bacia hidrográfica e a análise de suas características físicas têm se tornado cada vez mais precisas e de uso frequente (SILVA et al., 2014).

Diante disso, a união de imagens digitais (SRTM) com a aplicação do geoprocessamento possibilitou neste estudo a obtenção de dados morfométricos da Bacia Hidrográfica do Córrego Campestre (BHCC), seguindo equações propostas por Horton (1945), Strahler (1952 e 1957) e Villela e Matos (1975), atualizados por Christofoletti (1980) e Schumm (2005).

Portanto, o objetivo deste estudo é compreender o comportamento da Bacia Hidrográfica do Córrego Campestre (BHCC) por meio da analise dos índices morfométricos, definidos por Horton (1945), Strahler (1952 e 1957) e Villela e Matos (1975), atualizados por Christofoletti (1980) e Schumm (2005). Espera-se com o resultado desta análise obter as características morfométricas da BHCC e classificá-la de acordo com os índices: coeficiente de compacidade, densidade de drenagem, densidade hídrica, ordem dos canais, circularidade, rugosidade e curvatura, perímetro, área da bacia e amplitude altimétrica. Também serão confeccionados mapas temáticos como declividade e hipsometria.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo (figura1) configura-se um setor da base da Serra de São Pedro - SP, a sub-bacia do Córrego Campestre, situada na região de contato da Depressão Periférica Paulista, constituindo o sopé do relevo de cuesta.

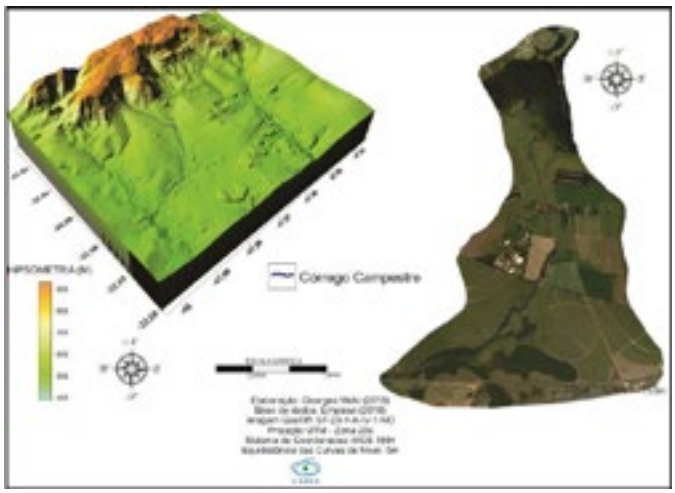


Figura 1: esquemática das etapas desenvolvidas

Os dados para os cálculos dos índices morfométricos foram obtidos a partir do uso de algoritmos e geoprocessamento, utilizando imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), Ortofotos digitais, do banco de dados da EMPLASA (2010) e shapefiles referentes à delimitação da bacia e do Córrego Campestre, definidos a partir da Carta Topográfica de 1:10.000 disponibilizada pelo IGC (Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo).

O software utilizado foi o ArcGIS 10.2, e por meio da tabela de atributos dos dados de SRTM e os shapefiles, utilizou-se a ferramenta Calculator para aplicar as fórmulas referentes aos índices morfométricos, já descritos.

A Figura 2 representa o esquema das etapas desenvolvidas, a partir do uso de geotecnologias, no caso o software Arcgis 10.2, para obter informações quanto às características morfométricas da BHCC.

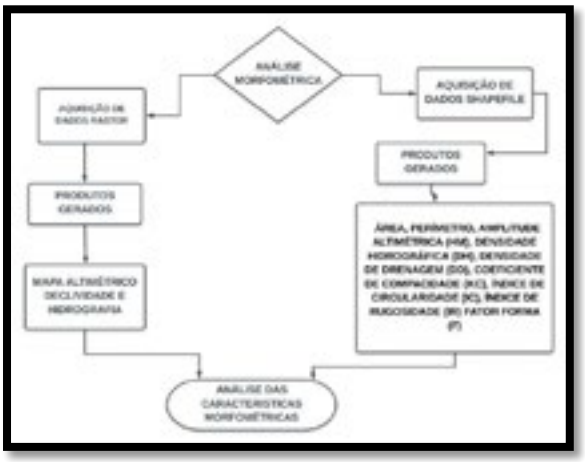


Figura 2: esquemática das etapas desenvolvidas

3. Resultados e discussões

Neste ítem serão descritos os cálculos morfométricos assim como os produtos cartográficos e os respectivos dados morfométricos da BHCC.

3.1. Características Físicas da Bacia Do Córrego Campestre

Os índices morfométricos foram determinados a partir das características geométricas da bacia hidrográfica do Campestre, do relevo e da rede de drenagem. Na caracterização geométrica foram determinados a área, o perímetro, amplitude altimétrica (Hm), a densidade hidrográfica (Dh), densidade de drenagem (Dd), o coeficiente de compacidade (Kc), o índice de circularidade (IC) e índice de rugosidade (Ir).

❖ **Área e perímetro**

Os valores de área e perímetro da bacia do Campestre foram extraídos da tabela de atributos pertencentes ao *shapefile* do limite da bacia, por meio da ferramenta *calculator do Arcgis 10.2*. O *shape* foi georreferenciado com a projeção UTM, Zona 23s - Sistema de Coordenadas WGS 1984.

Área: 6,76 Km - Perímetro: 13,48 Km

❖ **Amplitude altimétrica da bacia**

Esta variável corresponde à diferença altimétrica entre a cota de maior (montante) e a de menor elevação (jusante). Este valor indica o desnível médio da bacia hidrográfica, o método foi proposto por Strahler (1952).

Hm = Hmax – Hmin
Hm = 915 - 510= 405 m
Hm → Amplitude altimétrica;
Hmax → Altitude máxima;
Hmin → Altitude mínima.

❖ **Densidade hidrográfica**

Christofoletti (1980) considera esse índice relevante, pois representa o comportamento hidrológico de uma bacia, ou seja, sua capacidade de gerar novos canais fluviais. Este índice foi desenvolvido por Horton (1945) e tem como finalidade apresentar a relação entre número total de canais e a área da bacia hidrográfica. Para determinar a densidade hidrográfica, utiliza-se a seguinte equação:

Dh = N / A
Dh = 9/6,76 = 1,32 Km
Dh→ Densidade hidrográfica;
N→ Número total de rios;
A→ Área da bacia.

❖ **Densidade de drenagem:**

A densidade de drenagem (Dd) é definida pela relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, consideram-se todos os rios para fazer o cálculo, tanto os perenes como os temporários (HORTON, 1945). Quanto maior o valor do índice menor capacidade de infiltração da água, porém com melhor estruturação dos canais e valores menores significam áreas mais favoráveis à infiltração, contribuindo com o lençol freático CHRISTOFOLETTI (1969).

A densidade de drenagem fornece informação quanto à eficiência da drenagem da bacia, de acordo com Villela e Matos (1975) os valores variam entre <0,5Km/Km² para bacias pouco drenadas à > 3,50Km/Km² para bacias bem drenadas. Para obter esses valores, aplica-se a seguinte equação:

Dd = Lt / A

Dd = 5,416/6,769 = 0,80 Km/Km²
Dd → densidade de drenagem;
Lt → comprimento total dos canais;
A → Área da bacia.

❖ **Coeficiente de compacidade**

Para calcular o índice de compacidade precisou-se de dois dados, o perímetro e a área, obtidos anteriormente através do *shape* de delimitação da bacia. O coeficiente de compacidade (Kc) é calculado pela relação entre perímetro e área da bacia, este índice relaciona a forma da bacia com um círculo, é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independente de seu tamanho. Esse índice permite analisar se há maior ou menor possibilidade de ocorrência de cheias na bacia (VILLELA E MATTOS, 1975). Valores próximo a 1 correspondem a bacia circular e quando a bacia é alongada o coeficiente é >1. A determinação do Kc pode ser feita por meio da equação:

Kc= (0,282 . P) / √A
Kc= (0,282.13,48)/√6,76
Kc= 1,46 Km
P = perímetro
A = área

❖ **Índice de Circularidade**

Para obter o índice de circularidade também foi necessário dados do perímetro e área da bacia, porém com fórmula distinta. Esse índice tem o mesmo conceito e interpretação que o Coeficiente de Compacidade, o valor tende para 1 quando a bacia se aproxima da forma circular, e quando for mais alongada esse valor se distancia de 1. O índice de circularidade (IC) foi calculado utilizando-se a equação:

IC = (12,57. A)/ P2
IC= (12,57.6,76)/13,48²
IC= 0,46 Km
P= perímetro
A= área

❖ **Índice de Rugosidade:**

Para calcular o índice de rugosidade são necessários os valores da amplitude altimétrica e a densidade de drenagem. Este índice mostra a relação do comprimento dos

canais com a declividade, quanto maior for o índice mais dissecado é o relevo (maiores declividades) com canais mais entalhados. A fórmula para esse cálculo é:

Ir = Hm. Dd
Ir = 405.0,80 = 538 m
Ir → Índice de Rugosidade
Hm → Amplitude Altimétrica Máxima da Bacia
Dd → Densidade de Drenagem

❖ Hierarquia Fluvial

A hierarquia fluvial da bacia foi estabelecida seguindo critérios estabelecidos por Strahler (1952), todos os trechos de nascente recebem o número 1, quando 2 trechos de ordem 1 se encontram, o trecho seguinte torna-se o número 2, só mudando para 3 se encontrar outro trecho de mesma ordem, como é o caso da bacia do Campestre (Figura 3).

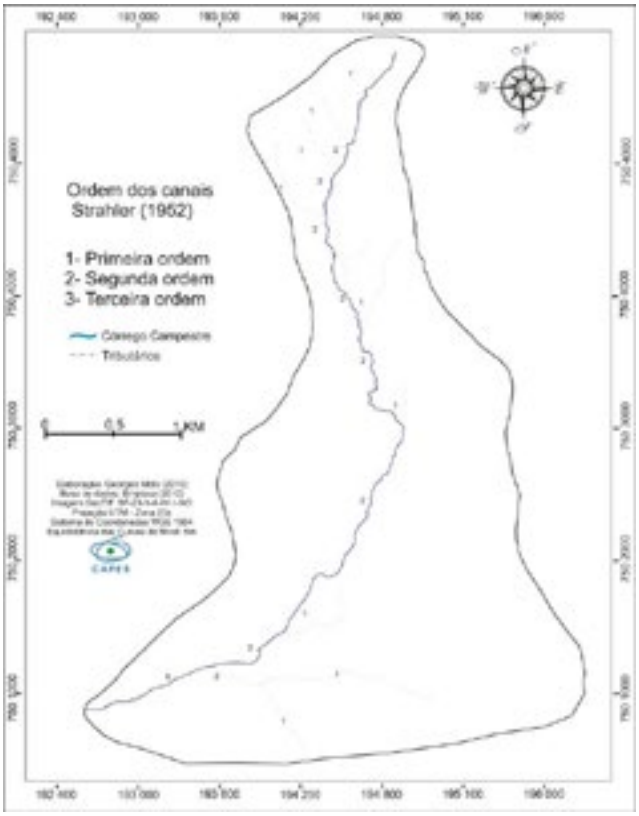


Figura 1: Ordem dos canais de drenagem, segundo Strahler (1952).

❖ **Elevação**

Para a elaboração do mapa hipsométrico utilizou-se a base de dados da EMPLASA (2010) (Modelos Digitais de Superfície/resolução 1m), por meio da ferramenta *Interpolate to Raster,* na extensão *Spatial Analyst* do *ArcGIS 10.2* e o método de interpolação *spline*.

A Figura 4 mostra a variação altimétrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Campestre (BHCC) sendo as áreas de maior altitude localizadas no reverso da cuesta da Serra de São Pedro, configurando relevo escarpado, com altitudes entre 900 e 750 metros, à medida que aumenta a área da BHCC sentido jusante do córrego a altitude tende a diminuir variando entre 650 - 500 metros, configurando o relevo plano a suave-ondulado. No mapa também estão representadas as localizações das seções transversais 1, na altitude de aproximadamente 700metros, próximo à escarpa e 2, no curso médio inferior do córrego, aproximadamente com altitude de 551metros.

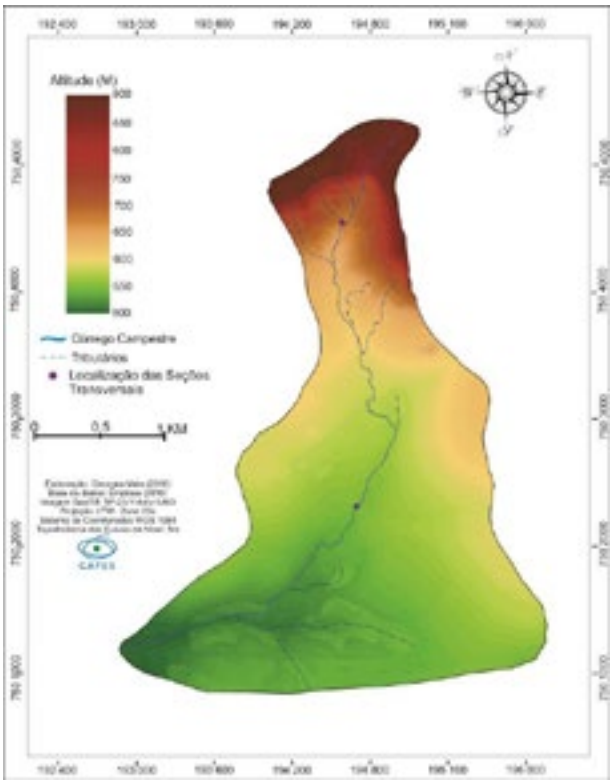


Figura 4**:** Mapa altimétrico da Bacia do Córrego Campestre

Declividade

O mapa de declividade da BHCC foi elaborado usando também a base de dados da EMPLASA (2010), por meio da ferramenta S*urfaces Analysis/ Slope* do módulo *3D Analyst,* do *ArcGis 10.2.* Para classificar os dados de declividade, utilizou-se a classificação proposta pela EMBRAPA (1979).

Os dados foram extraídos em porcentagem e foram definidas as seguintes classes de relevo: suave (0 - 3), suave ondulado (3 - 8), ondulado (8 -20), forte ondulado (20 - 45) montanhoso (45-75) e forte-montanhoso (>75).

De acordo com a Figura 5 na BHCC as maiores declividades estão nas cabeceiras de drenagem (>75), caracterizando relevo forte-montanhoso, devido à área escapada, o reverso mesmo com altitude elevada apresenta relevo variando entre plano a suave-ondulado (0 - 8%), observa-se que quase toda área da bacia possui relevo plano (0 - 3%) e algumas áreas com relevo suave-ondulado (3 - 8%).

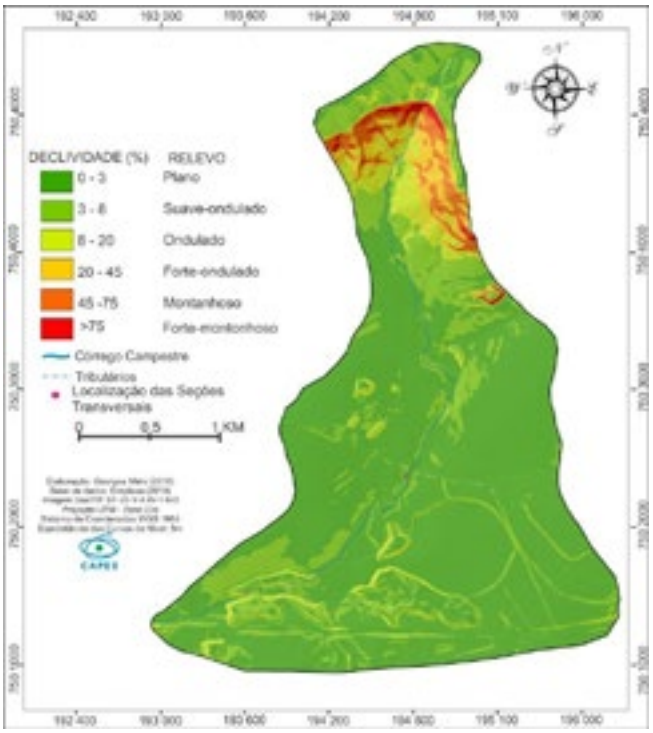


Figura 5**:** Classes de relevo da Bacia do Córrego Campestre

A partir dos *shapes* de delimitação e drenagem da BHCC e os dados de elevação, foi possível determinar os parâmetros morfométricos utilizados nesta pesquisa. (Tabela 1)

Tabela 1: Índices morfométricos da BHCC

PARÂMETRO	VALOR
Área da Bacia Km	6,76 Km
Perímetro da Bacia	13,48 Km
Extensão Tributários	5,41 Km
Extensão Córrego Campestre	5,97 Km
Amplitude Altimétrica	405 M
Densidade Hidrográfica	1,32 Km
Densidade de Drenagem	0,80 Km/Km²
Índice de Rugosidade	538
Coeficiente de Compacidade	1,46 Km
Índice de Circularidade	0,46 Km

O uso de geotecnologias como o Sistema de Informação Geográfica (SIG) *ArcGis 10.2,* usado nesta pesquisa, possibilitou o levantamento rápido e detalhado das características morfométricas da BHCC. A análise dos dados e sua interpretação permitiram algumas conclusões até o momento.

Em relação à área, a BHCC pode ser classificada como uma unidade pequena, pois sua área e perímetro foram de aproximadamente 6,76 Km e 13,48 Km, respectivamente.

Quanto à forma da bacia consideraram-se os coeficientes de compacidade e índice de circularidade, segundo os respectivos dados **1,46, 0,46**. Percebe-se que os parâmetro circularidade distancia-se do valor 1, indicando que a bacia não tende a forma circular e devido

ao valor do índice de compacidade ser superior a 1 (IC=1,46), caracteriza a forma alongada da BHCC. Considerando a forma alongada da bacia, há um bom escoamento tanto de águas superficiais como subsuperficiais, não favorecendo a ocorrência de enchentes.

Uma das variáveis importantes para a análise morfométrica de bacias hidrográficas é a densidade de drenagem, pois pode representar o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressar a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas (Christofoletti, 1981). Considerando os resultados obtidos neste estudo, a densidade de drenagem da BHCC foi de 0,80 km/Km², de acordo com Villela e Matos (1975) é classificada como densidade de drenagem moderada/ruim, visto que os valores variam de 0,5 km/ Km² para bacias pouco drenadas e 3,5 km/ Km² para bacias bem drenadas.

Outro índice morfométrico sobre a drenagem das bacias hidrográficas é a densidade hidrográfica, segundo Lana et al. (2001), quando o resultado do índice for acima de 2,00 canais/km², a bacia tem capacidade de gerar novos cursos d'água, porém na BHCC o valor da densidade hidrográfica foi de 1,32 canais/Km, com baixa capacidade para gerar novos canais.

A altimetria de uma bacia hidrográfica pode influenciar na precipitação, nas perdas de água pela evaporação e transpiração, no escoamento superficial e na temperatura devido à altitude (VILLELA E MATOS, 1975). Os dados extraídos relativos à altitude foram: amplitude altimétrica (405m), altitude máxima (915m) e altitude mínima (505m), demonstrados no mapa altimétrico (Figura 4) O valor da amplitude altimétrica da BHCC é considerado alto, favorecendo o escoamento rápido na bacia.

O relevo de uma bacia tem forte influência sobre os fatores hidrológicos, pois a inclinação do terreno pode determinar a velocidade do escoamento superficial e consequente capacidade de transporte.

O Córrego Campestre tem sua nascente no reverso da Serra de São Pedro, onde estão as maiores altitudes da bacia (>900m) e o relevo predominantemente suave-ondulado (3 – 8%), em seguida há uma ruptura de declive alta, configurando o relevo em forte-montanhoso (>75%), nesse ponto o escoamento superficial tende aumentar a velocidade e à medida que a

área de escoamento da bacia aumenta, a altitude diminui (<600m) e o relevo predominantemente plano a suave-ondulado (0 - 8%) faz com que a velocidade do escoamento diminui em direção à jusante. Isso caracteriza a influência do relevo escarpado no escoamento superficial, tanto do canal principal como dos tributários a montante, assim como na capacidade de transporte e deposição da BHCC.

A BHCC de montante para jusante possui 10 canais de primeira ordem, 11 de segunda ordem e apenas 1 de terceira ordem (Figura 3), portanto com base nos critérios estabelecidos por Strahler (1952), a BHCC é classificada como de terceira ordem. Para Christofoletti (1969) os segmentos de ordem inferior estão nos setores mais altos do canal fluvial, com declividades mais acentuadas, conforme aumenta a área da bacia e a ordem da rede hidrográfica o relevo tende a ficar mais suave, ocasionando áreas com densidade de drenagem baixa.

Conclusões

A extração de propriedades morfométricas utilizando imagens digitais com aplicação de ferramentas de geoprocessamento como o SIG ArcGis, possibilitam o levantamento rápido e detalhado nos estudos de bacias hidrográficas, contribuindo para seu entendimento referente a dinâmica hidrológica, estrutural e erosiva.

Portanto, os dados morfométricos da BHCC obtidos por meio de imagens digitais (SRTM) junto ao SIG ArcGis a caracterizam com forma alongada e não circular; relevo com ruptura de declive devido à área escarpada nas maiores altitudes e relevo suave nas baixas altitudes com canal de terceira ordem, resultando na baixa capacidade de formar novos canais e favorecendo o escoamento superficial rápido.

Diante do objetivo proposto, cabe ressaltar que os resultados obtidos se fazem exclusivamente em função da utilização de recursos de SIG, no caso do ArcGis, sendo possível extrair informações necessárias aos cálculos morfométricos, porém, vale frisar que pesquisas de campo não podem ser desconsideradas, sendo fundamental, conforme aponta Strahler (1952) e Horton (1945), o delineamento preciso da rede de drenagem da bacia hidrográfica é

fundamental para que o cálculo dos demais parâmetros morfométricos possa refletir as reais características geomorfológicas da bacia de drenagem.

Referências

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore,** v. 30, n. 2, p.241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. A Análise Morfométrica das Bacias Hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v.9, n.18, 1969, p. 9 – 34.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 188 p., 1980.

HORTON, R. E. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. **Geol. Soc. American Bulletin**, v. 56, n. 3, 1945, p. 275-370.

JOHNSON, L. E. Geographic information systems in water resources engineering. Ed. Ilustrada. New York: IWA Pub, 2009. 298 p.

LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil. **Revista Escola de Minas,** Ouro Preto, v. 54, n. 2, p. 121-126, 2001. Disponível

SCHUMM, S. A, **River Variability and Complexity**. Cambridge University Press, Cambridge, 2005. 220p.

SILVA, E. R. da; DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P. de; SILVA, I. S. da. Caracterização física em duas bacias hidrográficas do Alto Juruá, Acre. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.18, p.714-719, 2014.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. **Geological Society of America Bulletin**, v. 63, n. 11, 1952, p. 1117-1142.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. **Transactions of the American Geophysical Union**. v.38. n. 6, 1957, p. 913-920.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

Agradecimentos

Agradecimento a CAPES pela bolsa de mestrado em andamento, proporcionando o desenvolvimento da pesquisa titulada "ANÁLISE DE DEPÓSITOS DE FUNDO DE VALE NO SOPÉ DA ESCARPA DE SÃO PEDRO-SP", sendo este artigo parte do resultado.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

IDENTIFICAÇÃO DE LIMITES ENTRE DUAS CLASSES DE SOLO UTILIZANDO RADAR DE PENETRAÇÃO NO SOLO COM PROFUNDIDADES AJUSTADAS POR BARRAS DE FERRO E VALIDAÇÃO COM TRADO HOLANDÊS.

Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento [(a)], Hugo Machado Rodrigues [(b)], Marcos Bacis Ceddia [(c)], Gustavo Mattos Vasques [(d)], Suelen Marques de Oliveira Durão [(e)], Hugo Felipe Vianna Figueira [(f)]

[(a)] Departamento de Solos, UFRRJ, carloswagner.geologia@yahoo.com
[(b)] Departamento de Solos, UFRRJ, rodrigues.machado.hugo@gmail.com
[(c)] Departamento de Solos, UFRRJ, marcosceddia@gmail.com
[(d)] Embrapa Solos, gustavo.vasques@embrapa.br
[(e)] Instituto de agronomia, UFRRJ, susumarques1603@hotmail.com
[(f)] Departamento de Solos, UFRRJ, hugofigueirah@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi delimitar a transição entre um Planossolo Háplico e um Argissolo Vermelho em uma topossequência, localizada em Seropédica-RJ, utilizando o Radar de Penetração no Solo (RPS). Assim, foram descritos dois perfis de solo, um em cada extremidade do transecto, em que foram inseridas barras de ferro nas transições entre os horizontes. Depois realizaram-se leituras com o RPS utilizando uma antena monotestática blindada de 450 MHz sobre cada perfil e uma contemplando o transecto. Como resultado, a barra associada à base do horizonte E do Planossolo no radargrama possibilitou identificar seu limite em campo. Depois, utilizou-se um trado Holandês onde houve a transição entre os tipos de solos no radargrama, confirmando a transição em campo. Conclui-se que o RPS com antena monoestática, aliado ao uso de barras de ferro, demonstra potencial para auxiliar na identificação em detalhe dos limites de classes de solo com características físicas distintas.

Palavras chave: Georadar, geofísica de exploração, mapeamento pedológico, tradagem.

1. Introdução

A identificação dos limites entre classes de solos é um desafio que há muito tempo é enfrentado com o uso de trincheiras em campo ou pela simulação mental de um pedólogo experiente. O cientista do solo que objetiva demarcar as linhas de delimitação entre os solos em campo pode lançar mão ao Radar de Penetração no Solo - RPS, que é um sensor geofísico classificado como proximal, uma vez que dispensa revolvimento e coleta de solo para análise em laboratório. Esse equipamento permite identificar por meio de imagens (denominadas

radargramas) a profundidade e extensão das feições presentes em subsuperfície (ANNAN, 2009). Essa característica pode ser relevante quando se pretende realizar mapeamento de solos ao longo de uma topossequência (UCHA et al., 2002).

Contudo, ainda assim são necessários dados de campo para que haja a interpretação do radargrama de forma acurada. Em pedologia pode-se realizar o estudo de perfis de solos em trincheiras e/ou tradagens, embora essa seja uma metodologia limitante para o reconhecimento detalhado dos tipos de solo de uma região. Por outro lado, uma limitação do RPS refere-se ao modelo de antena escolhido para o estudo geofísico. No caso das antenas monoestáticas (com partes receptora e transmissora do sinal formando um só dispositivo), não é possível gerar um modelo de profundidade com precisão no radargrama, como o gerado a partir do *Commom MidPoint*, pois, este é dependente de uma antena que tenha as partes transmissora e receptora separadas (antena biestática) (ANNAN, 2003).

Nesta perspectiva, a inserção de barras de ferro é uma alternativa para calibrar a profundidade observada no radargrama com a que é vista em campo, apesar de as barras influenciarem localmente as propriedades do solo e apresentarem resultados que são limitados lateralmente no radargrama (JACOB; URBAN, 2015).

Sendo assim, em casos de solos com características físicas bastante distintas entre si (como o Argissolo Vermelho e o Planossolo Háplico explorados neste trabalho), é possível que o RPS consiga mapear zonas de ocorrências dessas classes de forma nítida no radargrama. Além disso, a barra de ferro pode atuar como parâmetro na identificação de alguma feição de interesse de alguma característica em um ou ambos os solos no radargrama.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi investigar a transição entre um Argissolo Vermelho e um Planossolo Háplico, presentes em um transecto de 70 m de extensão na Fazendinha Agroecológica, no município de Seropédica-RJ, utilizando um RPS com antena monoestática blindada de 450 MHz e utilizando barras de ferro como subsídio para aferir a profundidade de possíveis feições de interesse do solo no radargrama. Aliado ao uso de barras

de ferro, lançou-se mão de algumas tradagens no local de transição entre os tipos de solos identificados pela imagem do radargrama para fins de verdade de campo.

2. Materiais e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA) localizada em Seropédica, Rio de Janeiro, nas coordenadas geográficas 22º 45’ S e 43º 40’30’’ W. Foram abertas duas trincheiras em dois pontos da paisagem, onde foram descritos e classificados dois perfis do solo, sendo um perfil no terço médio (P3) e um no sopé da vertente (P2) (Figura 1).

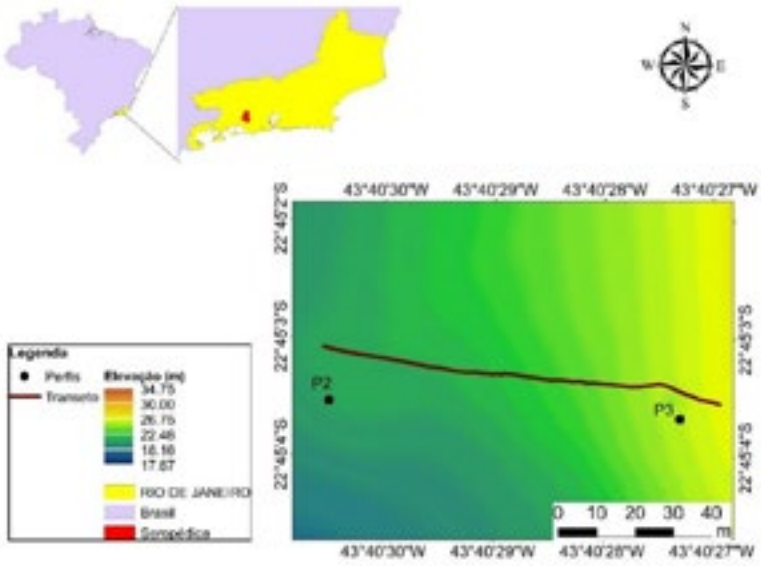


Figura 1 - Mapa de localização dos perfis de solo e do transecto na área de estudo, mostrando o modelo digital de elevação do terreno no fundo.

Os perfis foram descritos e coletados seguindo as normas do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015). Os atributos físicos em laboratório foram caracterizados de acordo com as recomendações expressas em Donagemma et al. (2011). Os solos foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et

al., 2018), sendo o P2 classificado como Planossolo Háplico Distrófico arênico e o P3 como Argissolo Vermelho Eutrófico nitossólico.

Após a delimitação dos horizontes em cada perfil de solo, foi inserida uma barra de ferro com dimensões de 80 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro na transição de cada horizonte em cada perfil de solo. Em seguida, navegou-se sobre os dois perfis com o RPS MALÅ GroundExplorer, (Guideline Geo AB, Sundbyberg, Suécia), com odômetro, usando uma antena monoestática blindada de 450 MHz. Posteriormente, foi feito o transecto de P2 para P3 com o RPS, passando sobre os dois perfis. Ao final do procedimento de campo obtiveram-se dois radargramas dos perfis individuais e um radargrama representando o transecto. Para verificação do momento de transição indicado pelo radargrama como os limites entre tipos de solos, foram amostrados alguns pontos com trado holandês onde havia indícios de transição visualizados na imagem do RPS.

Para a interpretação e a correlação entre o perfil de solo e a sua respectiva posição no radargrama, foram tomadas as coordenadas dos perfis, bem como as distâncias das barras de ferro até os limites laterais das paredes do perfil. O processamento das imagens foi feito no software ReflexW, desenvolvido por Sandmeier (2009) (Sandmeier Software, Karlsruhe, Alemanha) e utilizaram-se dois processamentos para melhoria visual: *Static correction* e *Dewow*.

Após identificar as hipérboles geradas pelas barras de ferro nos radargramas individuais, ajustaram-se hipérboles de maneira manual referentes às velocidades do pulso magnético emitido pelo RPS. Em seguida, um modelo de profundidade foi ajustado a partir das velocidades medidas nos radargramas individuais de cada solo (SANDMEIER, 2009). Por fim, a velocidade escolhida para o ajuste do modelo de profundidade do transecto foi aquela que associou a feição exibida no radargrama com a real posição das barras de ferro.

3. Resultados e discussões

No caso do Planossolo Háplico (P2), o aspecto mais relevante neste solo é a presença de mudança textural abrupta na transição do horizonte E para o Bt1 (Tabela 1). Nesta transição

acontece um aumento de 4,2 vezes no teor de argila no horizzonte Bt1. Por outro lado, o Argissolo Vermelho apresenta os teores de argila mais altos desde a superfície, aumentando ainda mais em profundidade, como também podem ser vistos na Tabela 1. As disposições das barras de ferro nos perfis P2 e P3 são apresentadas na Figura 2**.**

Tabela I - Profundidades e texturas dos horizontes do Planossolo Háplico (P2) e do Argissolo Vermelho (P3).

Planossolo Háplico (P2)				ARGISSOLO VERMELHO (P3)			
Horizonte	Prof. (cm)	Areia ($g\ kg^{-1}$)	Argila ($g\ kg^{-1}$)	Horizonte	Prof. (cm)	Areia ($g\ kg^{-1}$)	Argila ($g\ kg^{-1}$)
A	0-8	809	99	A	0-10	544	307
AE	8-22	876	43	E	10-26	568	260
E	22-69	831	92	BA	26-48	486	349
Bt1	69-92	564	388	Bt1	48-65	482	396
Bt2	92-133	441	443	Bt2	65-86	421	421
Bt3	$133\text{-}155^{+}$	513	367	Bt3	86-108	212	657
-	-	-	-	Bt4	$108\text{-}147^{+}$	112	779

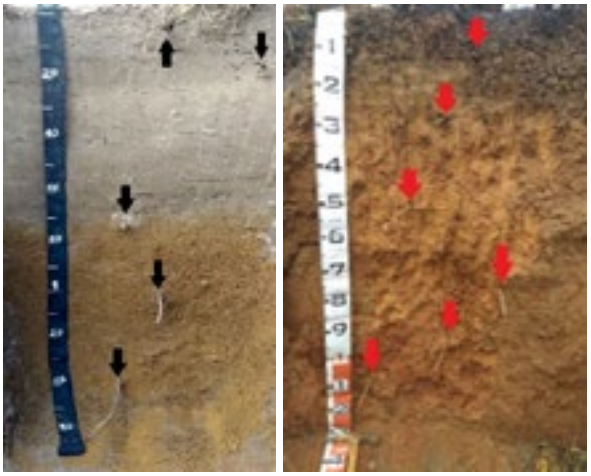


Figura 2 - Disposição das barras de ferro no P2 (à esquerda) e do P3 (à direita). As setas indicam onde as barras foram inseridas na parede do perfil. Em ambos os casos o sentido do caminhamento com o RPS foi da esquerda para direita.

No radargrama do Planossolo Háplico as três primeiras transições foram evidenciadas com boa visibilidade. A maior profundidade da barra de ferro vista neste radargrama foi de 69 cm, que marca a transição do E para o Bt1 (Figura 3). Associada a essa barra, aparece uma

feição que, em primeira análise, pode ser uma camada guia associada à base do horizonte E (destacada em amarelo) (Figura 3b).

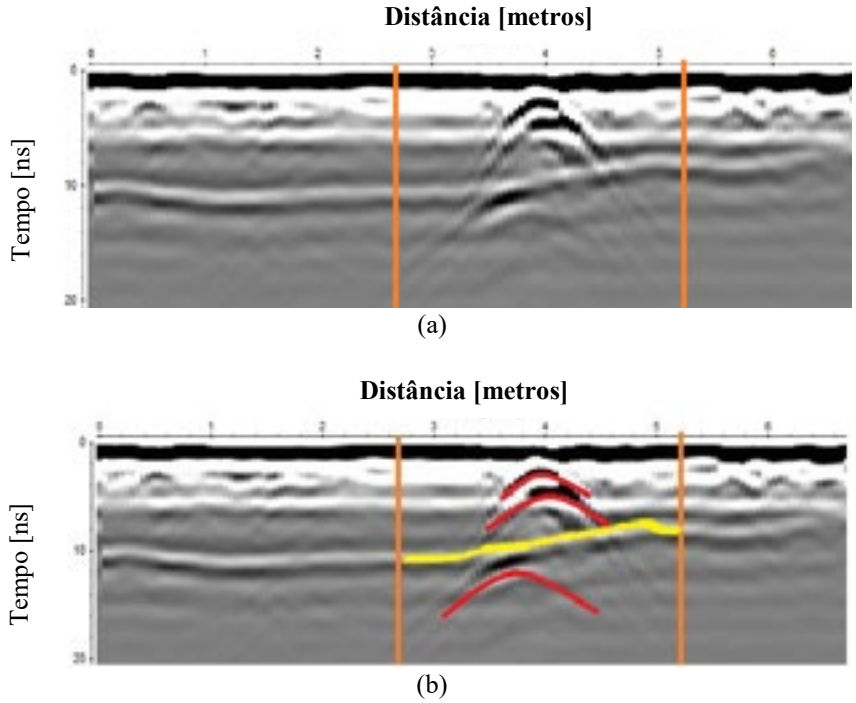
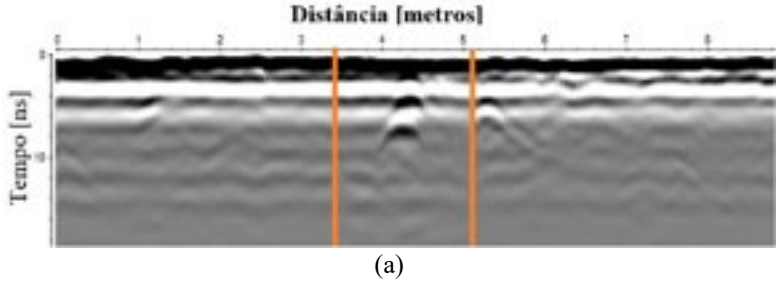
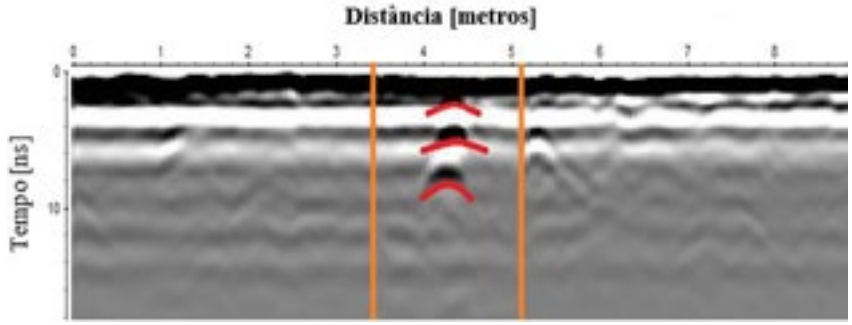


Figura 3 – Delimitação do perfil do solo (P2) dentro do radargrama em laranja (a) e demarcação em vermelho das hipérboles geradas pelas barras de ferro. Em (b) mostra a possível camada guia da base do horizonte E em amarelo.

No caso do Argissolo Vermelho também houve a demarcação das hipérboles das primeiras três transições. Porém, diferente do Planossolo, as hipérboles foram bem menos visíveis (Figura 4).





(b)

Figura 4 – Em (a) foi feita a delimitação do perfil do solo (P3) dentro do radargrama em laranja, enquanto que em (b) foi feita a demarcação em vermelho das hipérboles geradas pelas barras de ferro.

Além disso, não houve nenhuma feição de interesse bem definida dentro do perfil do Argissolo Vermelho no radargrama que pudesse ser estendida lateralmente para o restante do transecto. Posteriormente, foram inseridas as hipérboles de velocidade nas transições vistas no radargrama do Planossolo Háplico a fim de investigar se a velocidade do pulso no solo seria única para as três transições e, consequentemente, se é possível ajustar um modelo de profundidade acurado. Neste caso, o radargrama apresentou a velocidade de 0,145 m/ns, o que ajustou as profundidades das três transições com as que foram descritas em campo (Figura 5).

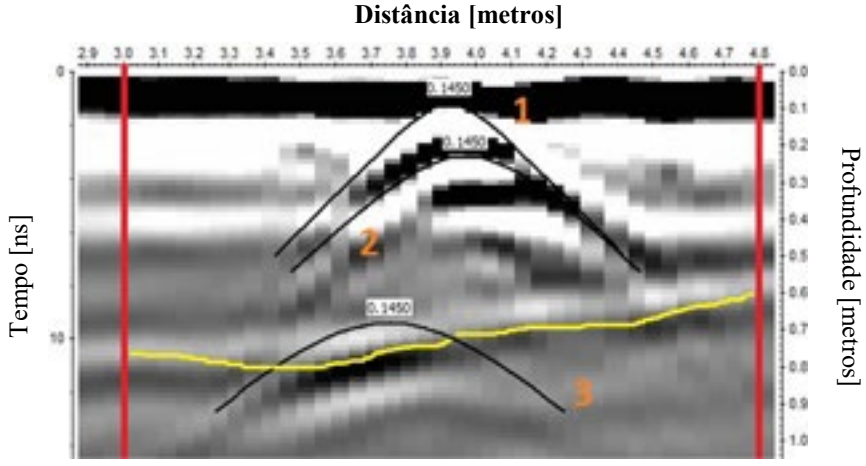


Figura 5 - Radargrama do perfil P2 mostrando a velocidade de pulso estimada a partir das hipérboles ajustadas (em preto), as linhas vermelhas indicam os limites laterais da parede do perfil e a linha amarela mostra a transição do horizonte do horizonte E para Bt1. Os números em laranja indicam as transições dos horizontes, de cima para baixo (conforme a Tabela 1).

Além disso, o ajuste da profundidade deste radargrama permitiu identificar a feição vista na Figura 3 como a transição da base do horizonte E para o horizonte Bt1, sendo confirmada com camada guia da base do horizonte E no radargrama.

Da mesma maneira, ajustaram-se hipérboles de velocidades para as três transições do Argissolo Vermelho. Neste caso, a velocidade encontrada foi de 0,175 m/ns, o que também ajustou as primeiras três transições com as profundidades vistas em campo (Figura 6).

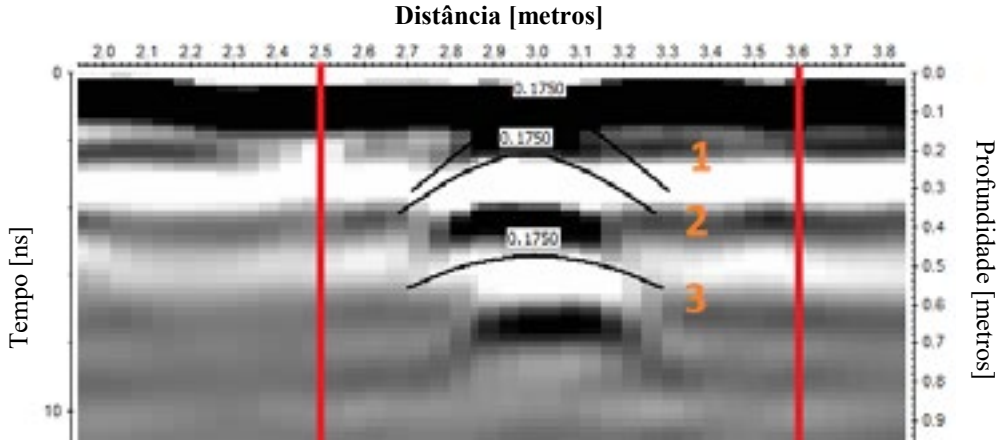


Figura 6 - Radargrama do perfil P3 mostrando a velocidade de pulso estimada a partir das hipérboles ajustadas (em preto), enquanto que as linhas vermelhas indicam os limites laterais da parede do perfil. Os números em laranja indicam as transições dos horizontes, de cima para baixo (conforme a Tabela 1).

A análise do modelo de profundidade confirma que não há uma feição característica no radargrama individual do Argissolo que possa ser estendida no radargrama do transecto. Neste solo não foi possível visualizar nenhum contraste na profundidade referente à transição do horizonte E, possivelmente devido às diferenças dos materiais serem muito baixas em relação aos horizontes sub e sobrejacente (Tabela 1) (De BENEDETTO et al., 2010), diferente do que acontece na transição do horizonte E para o subjacente do Planossolo.

Como a transição do horizonte E para o Bt1 vista no radargrama individual do Planossolo é a característica mais distintiva dentre os dois solos, preferiu-se investigar o limite entre ambas as classes a partir do comportamento da profundidade teórica do horizonte E no radargrama do transecto. Para isso, utilizou-se o valor de 0,145 m/ns para ajustar um modelo

de profundidade para o radargrama. Em seguida, estendeu-se a camada guia da base do horizonte E lateralmente (em amarelo) até a distância em que não ocorresse mais sua correlação visual na imagem. O caminhamento do RPS ao longo do transecto ocorreu de P2 para P3, subindo a vertente e passando sobre a parede do perfil em que estavam as barras (Figura 7).

Contudo, como as velocidades medidas nos radargramas individuais foram diferentes (0,145 e 0,175 m/ns), o modelo de profundidade para o radargrama do transecto gerado a partir de uma única velocidade poderá resultar em desvios das profundidades que são vistas em campo, principalmente onde há características físicas e químicas que são distintas da composição de onde foi estipulada, no radargrama, a velocidade do pulso no solo. Assim, a profundidade estipulada torna-se mais confiável, neste caso, na região do radargrama onde permanece o horizonte E do Planossolo.

Sendo assim, observou-se que no momento em que não houve mais a correlação visual do horizonte E do Planossolo coincidiu com a transição de tipos de solo em campo, fato verificado pelas tradagens. Demonstrando o potencial do RPS para identificar os limites entre características distintivas desses dois solos.

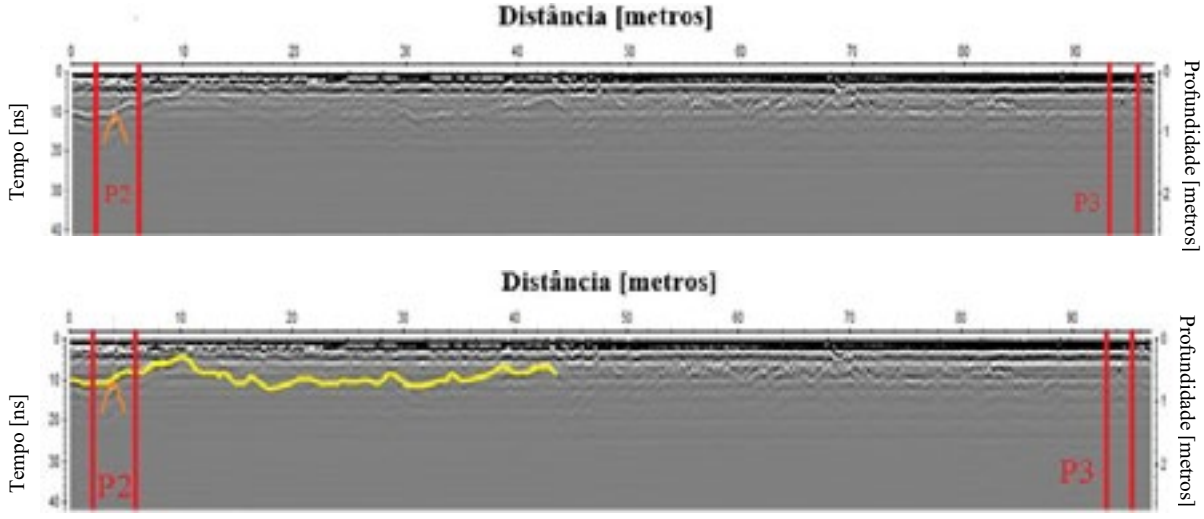


Figura 7 - Radargrama do transecto ao longo da vertente de P2 para P3 com o modelo de profundidade ajustado para a velocidade de 0,145 m/ns (velocidade medida no radargrama do Planossolo). Na imagem superior, foram demarcados os perfis (em vermelho) e a hipérbole referente à base do horizonte E do Planossolo Háplico (em laranja). Na imagem inferior, foi demarcada a base do horizonte E até seu limite lateral visto no radargrama (em amarelo).

4. Considerações finais

A antena de 450 MHz mostrou-se útil na estipulação do limite entre essas duas classes de solo com características físicas distintas. Além disso, a barra de ferro auxiliou na definição de um modelo de profundidade para o radargrama, o que possibilitou identificar, neste caso, diferenças morfológicas no solo, como a profundidade de um horizonte adensado e a extensão lateral dessa camada arenosa, no caso do Planossolo, em todo o radargrama do transecto.

Existe a necessidade de ajustar os modelos de profundidade para os radargramas referentes à cada especificidade de solo, não sendo possível generalizar somente um modelo para grandes regiões utilizando barras de ferro. As tradagens corroboraram o limite entre os tipos de solo identificado pela diferenças de feições exibidas nos radargramas.

5. Agradecimentos

Este estudo foi realizado com o apoio técnico e logístico do Laboratório de Água e Solo em Agroecossistemas (LASA) do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Os autores agradecem à Embrapa Agrobiologia, à UFRRJ e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro), que, juntas, mantêm a Fazenda Agroecológica onde o estudo foi realizado. Também, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6. Referências Bibliográficas

ANNAN, J.P. Ground Penetrating Radar: Principles, Procedures and Applications. Sensors and Software Inc: Ontario, Canada, 2003; 278 p.

ANNAN, A.P. Electromagnetic principles of ground penetrating radar. In **Ground Penetrating Radar**: Theory and Applications, 1st ed.; Jol, H.M., Ed.; Elsevier Science: Amsterdam, The Netherlands, 2009, p. 3-40, ISBN: 978-0-444-53348-7.

DE BENEDETTO, D.; CASTRIGNANO`, A.; SOLLITTO, D.; MODUGNO, F. Spatial relationship between clay content and geophysical data. **Clay Minerals,** v. 45, p. 197–207, 2010.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

JACOB, R. W.; URBANL, T.M. Ground-Penetrating Radar Velocity Determination and Precision Estimates Using Common-Mid-Point (CMP) Collection with Hand-Picking, Semblance Analysis, and Cross-Correlation Analysis: a Case Study and Tutorial for Archaeologists. **Faculty Journal Articles**, p. 1-18, 2015.

SANDMEIER, K.J. ReflexW Version 7.5. Program for processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. Manual do Software. Karlsruhe, Germany, 2009. 345 p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coletas de solos no campo**. 7.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

UCHA, J.M.; BOTELHO, M.; VILAS BOAS, G.S.; RIBEIRO, L.P.; SANTANA, P.S. Uso do Radar Penetrante no Solo (GPR) na investigação dos solos dos tabuleiros costeiros no litoral norte do estado da Bahia. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 26, p. 373-380, 2002.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DO RELEVO ATRAVÉS DO USO DE *GEOMORPHONS*: UM ESTUDO NO MUNICÍPIO DE ROSÁRIO DO SUL - RS - BRASIL

Daniélli Flores Dias[(a)], Luís Eduardo de Souza Robaina[(b)], Romario Trentin[(c)], Igor da Silva Knierin[(d)], Vinicius Silveira dos Santos[(e)]

[(a)] Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSM, daniellidias08@gmail.com
[(b)] Professsor Doutor do Departamento de Geociências, UFSM, lesrobaina@yahoo.com.br
[(c)] Professor Doutor do Departamento de Geociências, UFSM, romario.trentin@gmail.com
[(d)] Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSM, igorknierin@gmail.com
[(e)] Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFSM, viniciusgeografia93@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

O objetivo desse trabalho é analisar o relevo do município de Rosário do Sul a partir da identificação dos elementos do relevo por meio de uso de *Geomorphons*. Essa metodologia classificouo relevo da área de estudo em dez elementos: área plana, pico, crista, ressalto, crista secundária, encosta, escavado, base da encosta, vale e fosso. Os elementos que mais predominam em Rosário do Sul são as áreas planas, base da encosta e encostas. Por meio desse estudo, é possível identificar as características que possam auxiliar em uma análise fisiográfica, procurando entender os possíveis processos que possam ser desencadeados, sejam eles naturais ou através da ação antrópica.

Palavras chave: Geomorfologia; Modelo Digital de Elevação; Geotecnologias; *Geomorphons*; Rosário do Sul.

1. Introdução

O relevo possui um papel de destaque no processo de ocupação do espaço, fator esse que inclui as propriedades de suporte ou recurso, na qual as modalidades de apropriação respondem pelo comportamento da paisagem e suas consequências (CASSETI, 1994; 2005). Dessa forma, os elementos que compõem o relevo representam importantes fatores

condicionantes dos processos de dinâmica superficial, e assim, permite levantamentos fundamentais na definição de atividades de planejamento.

Conforme Furlan et al (2018), o desenvolvimento de *softwares* aliado a disponibilidade de dados digitais vem crescendo exponencialmente nos últimos 20 anos. Esse advento, faz com que o manuseio e o processamento desses dados criem possibilidades para aplicação de metodologias que utilizem dados topográficos para a relização de modelagens computacionais, que possibilitam a análise dos elementos do relevo.

Jasiewicz e Stepinski (2013) proporam uma metodologia de classificação automatizada que identifica os dez elementos mais comuns do relevo: áreas planas (*flat*), picos (*peak*), crista (*ridge*), ressalto (*shoulder*), crista secundária (*spur*), encosta (*slope*), escavado (*hollow*), base de encosta (*footslope*), vale (*valley*) e fosso (*pit*). Esse estudo foi aplicado na Polônia com o objetivo de reconhecer padrões para a classificação e o mapeamento das formas terrestres.

No Brasil, essa proposta foi aplicada por Robaina et al (2016) que desenvolveram uma compartimentação geomorfológica para o Rio Grande do Sul e Robaina et al (2017) com a compartimentação do estado do Tocantins, Lamberty et al (2017) que realizaram uma análise no Morro da Polícia (Porto Alegre), com ênfase nos processos de dinâmica superficial, Silveira et al (2018) com a classificação do relevo do estado do Paraná e Furlan et al (2018) que utilizou-se dessa metodologia para realizar um estudo na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim situação na porção norte do Rio Grande do Sul.

Dando sequência aos estudos realizados no Rio Grande do Sul, o presente trabalho tem como objetivo analisar o relevo do município de Rosário do Sul a partir da identificação dos elementos do relevo por meio de uso de *Geomorphons*. A área de estudo (Figurs 1) está localizada no sudoeste do Rio Grande do Sul entre as coordenadas geográficas de 30º00’55” e 30º45’01” (latitude sul) e 55º43’15” e 54º37’19” (longitude oeste), na porção que corresponde a Mesorregião do Sudoeste Rio-Grandense e na Microrregião da Campanha Central.

Segundo o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), Rosário do Sul conta com uma população de 40.773 habitantes, distribuídos em 4.369,32 km² de área territorial, resultando em uma densidade demográfica de 9,09 hab/km². Encontra-se a uma distância de aproximadamente 385 km da capital Porto Alegre e faz limite com os seguintes municípios: Alegrete (a noroeste), Cacequi (ao norte), Dom Pedrito (ao sul), Quaraí (a oeste), Sant'ana do Livramento (a sudoeste) e São Gabriel (a leste). De acordo com a Prefeitura de Rosário do Sul (2018), o município possui uma localização privilegiada, pois situa-se no corredor do Mercosul com ligação através da rodovia federal BR 290 e com isso, possui acesso facilitado para todas as regiões do Rio Grande do Sul.

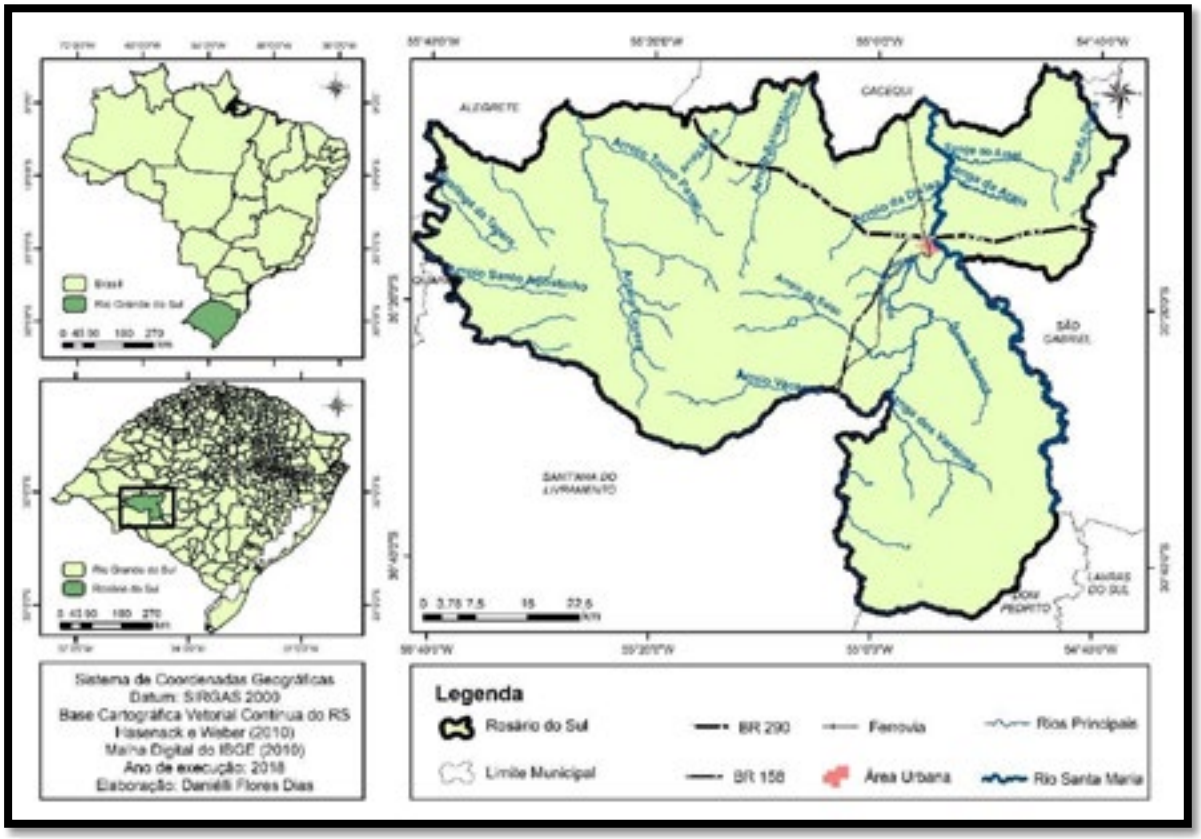


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.

2. Materiais e Métodos

As bases cartográficas utilizados para a estruturação do banco de dados são: Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul desenvolvida por Hasenack e Weber (2010) na escala 1:50.000 e utilizada para identificar a rede hidrográfica, o sistema viário e a área urbana do município; Malha Digital do IBGE (2010) que serviu a demarcação do limite político-administrativo de Rosário do Sul; Imagens de Radar da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 3 *arc-second* (90 metros) obitdas junto ao *United States Geological Survey* (USGS) por meio do *website* http://earthexplorer.usgs.gov/ e que foram utilizadas para a elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo.

A compartimentação do relevo através do uso *Geomorphons* baseou-se na metodologia proposta por Jasiewick e Stepinski (2013), cujos elementos são classificados de forma automatizada, a partir do MDE, em um aplicativo *online*, disponível no endereço eletrônico http://sil.uc.edu/geom/app. O código da aplicação encontra-se disponível também em http://sil.uc.edu/, podendo esse ser implementado no *software* GRASS.

Para a identificação dos elementos do relevo, essa aplicação exigiu um conjunto de dados raster e dois valores escalares livres como parâmetro. O arquivo de entrada para a varredura é um MDE em formato *.tif*, oriundo das imagens SRTM e os dois parâmetros livres são *lookup* "L" (distância em metros) e *threshold* (nivelamento/suavização em graus). Assim, aplicou-se o valor de "L" igual a 20 *pixels* (1800 metros) e graus "t" igual a 2º, tendo como base os estudos desenvolvidos no Brasil por Robaina et al (2016; 2017), Lamberty et al (2017), Silveira et al (2018) e Furlan et al (2018).

Dessa forma, a compartimentaçao gerou dez classes de *Geomorphons* (Figura 2) que foram exportados para o *software* ArcGis® 10.1 para a sua análise, cálculo de área em km² e porcentagem e para a realização do *layout* do mapa final.

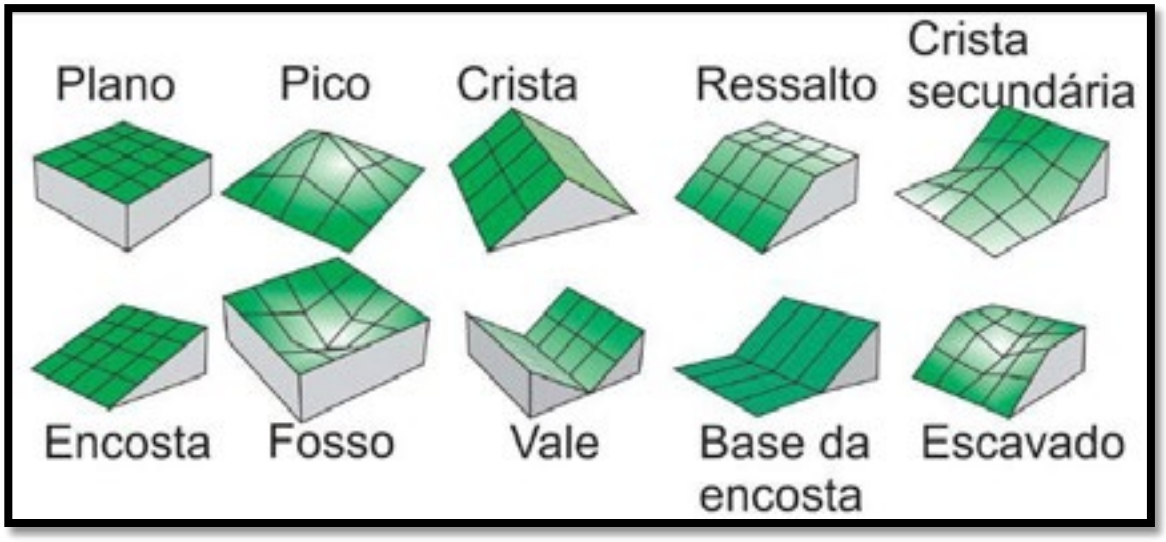


Figura 2 – Principais *Geomorphons* reconhecidos na análise do relevo. Fonte: Robaina, Trentin e Laurent (2016), modificado de Jasiewick e Stepinski (2013).

3. Resultados e Discussões

A representaçao e a distribuição espacial dos elementos do relevo, classificados em dez unidades, mediante processamento digital do MDE está apresentado na Figura 3. A partir do mapa, é possivel observar que esses elementos distruibuem-se por toda a área de estudo, sendo que alguns ocorrem de forma mais concentrada, como o elemento área plana, responsável por ocupar as planícies de inundação dos principais cursos d'água (rios Santa Maria e Ibicuí da Armada e arroios Caverá, Saicã, Saicãzinho, Salso, Tarumã, Touro-Passo e Vacaquá) e o elemento encosta e vale que são reponsáveis por demarcar a Serra do Caverá, que corresponde a uma área de relevo fortemente ondulado que se estende desde as proximidades da cidade de Alegrete na porção mais a leste, até o município de Sant'ana do Livramento, sendo que alguns autores consideram que a mesma se estende ainda pelo território uruguaio.

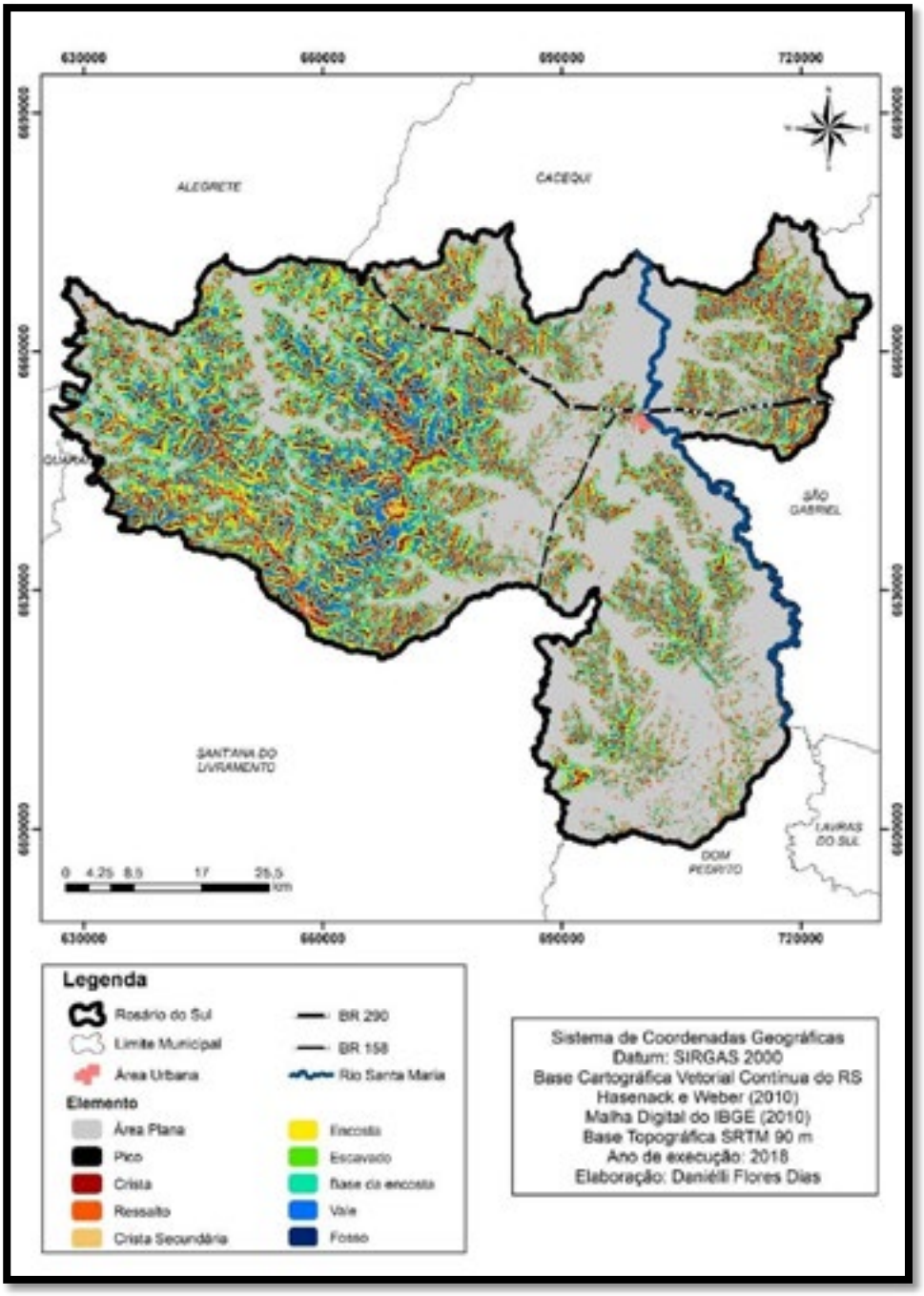


Figura 3 – Distribuição dos *Geomorphons* na área de estudo.

Conforme observa-se no mapa e na Tabela 1, os elementos que predominam no município de Rosário do Sul são as áreas planas (42,15%), base da encosta (11,79%) e encosta (11,29%), que juntam somam mais de 65% do total da área de estudo. Também são significativas as áreas de vale (9,33%), crista (7,89%), ressalto (7,82%) e crista secundária (4,82%). Em menor abrangência, tem-se os elementos escavado (3,76%), pico (1,00%) e fosso (0,11%) que, juntos não somam 5% do total da área de estudo.

Os elementos do relevo refletem o relevo do município de Rosário do Sul constituido por áreas planas a colinas onduladas, com encostas amplas e topos estreitos e alongados que formam os elementos de cristas e de cristas secundárias, e os elementos de vales encaixados no relevo, ocorrem nas áreas de divisor d'água .

Tabela I – Área e porcentagem dos *Geomorphons* identificados na área de estudo.

Elemento	**Área (km²)**	**%**
Área Plana	1841,99	42,15
Pico	43,69	1,00
Crista	344,98	7,89
Ressalto	341,18	7,82
Crista Secundária	212,69	4,86
Encosta	493,49	11,29
Escavado	162,68	3,76
Base da Encosta	515,28	11,79
Vale	407,99	9,33
Fosso	5,35	0,11
Total	**4369,32**	**100**

4. Considerações Finais

Esse trabalho desenvolveu uma breve análise buscando descrever os elementos do relevo a partir da aplicação da metodologia dos *Geomorphons*, permitindo identificar os dez principais elementos presentes no relevo do município de Rosário do Sul, buscando realizar uma caracterização que auxilie em uma análise fisiográfica, procurando entender os possíveis processos que possam ser desencadeados, sejam eles naturais ou através da ação antrópica.

A partir disso, pode-se concluir que a metodologia de definir os elementos do relevo por meio dos *Geomorphons* foi satisfatória, pois cumpriu com o objetivo proposto para esse trabalho. Assim, além de enriquecer a geomorfologia local, também permitiu contribuir com os estudos ligados a dinâmica sociedade/natureza, sendo que com essas informações torna-se possível a tomada de decisão quando se aborda questões relacionadas ao planejamento e ordenamento do terrritório.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos da primeira autora, o Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (LAGEOLAM/UFSM) e o Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGGEO) da UFSM.

Referências

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia.** Goiânia: Editora da UFG, 1994. 137p.

CASSETI, V. **Geomorfologia.** Livro Digital [2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia>. Acesso em: 27 ago. 2018.

FURLAN, A. R.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação dos elementos do relevo a partir da metodologia dos *geomorphons* na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, RS. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul,** Porto Alegre, n. 32, p. 27-45, dez. 2018.

HASENACK, H.; WEBER, E. **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul.** Escala 1:50.000. Série Geoprocessamento. Porto Alegre: Centro de Ecologia da UFRGS, 2010. 1 DVD.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@ - município de Rosário do Sul.** Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 25 nov. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malha Municipal do ano de 2010.** Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referencias/bases-cartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 18 out. 2018.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. *Geomorphons – a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms.* **Geomorphology***,* 182, p. 147-156, 2013.

LAMBERTY, D.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação geomorfológica por *geomorphons* do Morro da Polícia, Porto Alegre, como subsídio para a análise de suscetibilidade ao desenvolvimento de processos de dinâmica superficial. In: XII ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO DE PÓS GRADUAÇÃO E PESQUISA EM GEOGRAFIA, 12, 2017, Porto Alegre/RS. **Anais...** Porto Alegre/RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ROSÁRIO DO SUL. **O Município.** Disponível em: <http://www.prefeituraderosario.com.br/municipio>. Acesso em: 25 nov. 2018.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de *Geomorphons* obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia (Online),** São Paulo, v. 17, n. 2, p. 287-298, abr./jun. 2016.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V.; SCCOTI, A. A. V. *Application of the Geomorphons to the landform classification in Tocantins State, Brazil.* **Revista Ra'E Ga,** Curitiba, v. 41 Temático de Geomorfologia, p. 37-48, ago. 2017.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos *Geomorphons*. **Revista Brasileira de Geomorfologia (Online),** São Paulo, v. 19, n. 1, p. 33-57, jan./mar. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Shuttle Radar Topography Mission.** Disponível em: <http://srtm.usgs.gov/>. Acesso em: 09 jan. 2016.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

IDENTIFICAÇÃO EM PROFUNDIDADE DE BARRAS DE FERRO UTILIZANDO RADAR DE PENETRAÇÃO DO SOLO (GPR) COM ANTENA DE 450 MHZ EM TRÊS CLASSES DE SOLO

Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento [(a)], Hugo Machado Rodrigues [(b)], Marcos Bacis Ceddia [(c)], Gustavo Mattos Vasques [(d)], Suelen Marques de Oliveira Durão [(e)], Wadson de Menezes Santos [(f)], Martin de Oliveira Freire [(g)]

[(a)] Departamento de Solos, UFRRJ, carloswagner.geologia@yahoo.com
[(b)] Departamento de Solos, UFRRJ, rodrigues.machado.hugo@gmail.com
[(c)] Departamento de Solos, UFRRJ, marcosceddia@gmail.com
[(d)] Embrapa Solos, gustavo.vasques@embrapa.br
[(e)] Instituto de agronomia, UFRRJ, susumarques1603@hotmail.com
[(f)] Departamento de Solos, UFRRJ, wadson.wms@gmail.com
[(g)] Departamento de Solos, UFRRJ, martin_freire@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade do uso de barras de ferro para demarcar as profundidades dos horizontes em três classes de solos (Cambissolo Háplico, Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho) nos respectivos radargramas gerados pelo Radar de Penetração do Solo (GPR) portando uma antena monoestática blindada de 450 MHz. O estudo ocorreu na Fazendinha Agroecológica, em Seropédica-RJ. As barras foram inseridas nas transições entre os horizontes dos perfis, com posterior leitura do GPR. Como resultados, foram identidicadas algumas barras (sob forma de hipérbole) nos radargramas, sendo as inseridas no radargrama do Planossolo Háplico mais nítidas e detectadas com maior profundidade, em que predomina a matriz arenosa em superíficie. Nos demais radargramas, as hipérboles foram vistas com menor nitidez e em menor profundidade. Conclui-se que barras de ferro são úteis na separação de alguns horizontes das três classes de solos estudadas, principalmente quando a matriz do solo é arenosa.

Palavras chave: Georadar, horizontes do solo, geofísica de exploração.

1. Introdução

O campo da Pedologia aplicada à agricultura é uma área que está sendo aprimorada e é fundamental para a economia mundial, pois é do cultivo em terra que provém a maior parte dos alimentos produzidos para a população. Assim, há uma busca constante por novas tecnologias na agricultura para diminuir os gastos de tempo e dinheiro em análises convencionais de campo e laboratório (ADAMCHUK et al., 2004).

Uma possibilidade é o Radar de Penetração do Solo (*Ground Penetrating Radar* - GPR), um método geofísico elétrico não invasivo ao meio natural, sendo utilizado em estudos de investigação de regiões rasas do terreno com o uso de antenas de altas frequências que variam de 10 MHz a 1 GHz (ANNAN, 2009). A resposta gerada pelo GPR (radargrama) é dependente dos constituintes do solo, os quais apresentam propriedades físicas distintas, a exemplo da constante dielétrica (K).

De forma geral, quanto maior for a diferença entre as constantes K dos materiais que formam o solo, melhor é a nitidez do sinal traduzido no radargrama (DE BENEDETTO et al., 2010). Neste sentido, algumas características do solo são importantes de serem observadas antes do uso do GPR. Como, solos com textura argilosa apresentam maior CTC que solos com textura arenosa, o que resulta na maior dissipação do sinal emitido pelo GPR no primeiro caso, acarretando em um radargrama com menor nitidez de detalhes do solo (DOOLITTLE; COLLINS, 1995; DE BENEDETTO et al., 2010).

Por outro lado, um entrave no uso do GPR é o tipo de antena utilizada. Por exemplo, antenas monoestáticas (em que as partes receptora e transmissora de sinal estão acopladas em um único dispositivo) não permitem gerar um modelo de profundidade preciso para o radargrama. Um método que apresenta precisão é o *Commom MidPoint*, porém este depende que as partes transmissora e receptora do sinal do GPR estejam separadas (antenas biestáticas) (ANNAN, 2003). Desta forma, quando se utiliza um GPR com uma antena monoestática, é necessário um subsídio para que se possa calibrar a profundidade vista no radargrama com o que é demarcado em campo.

O uso de barras de ferro, ainda que influencie localmente as propriedades do solo e tenha uma análise limitada a uma curta seção lateral no radargrama, é uma opção para averiguar a profundidade de alvos de interesse no solo (JACOB; URBAN, 2015).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar em quais perfis de solo a inserção de barras de ferro é útil na visualização das transições dos horizontes nos radargramas (sob forma de hipérboles) gerados por um GPR portando uma antena monoestática blindada de 450 MHz.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi realizado na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA) em Seropédica-RJ, pertencente à Embrapa Agrobiologia, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio) e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) nas coordenadas geográficas 22º 45’ S e 43º 40’30’’ W (Figura 1).

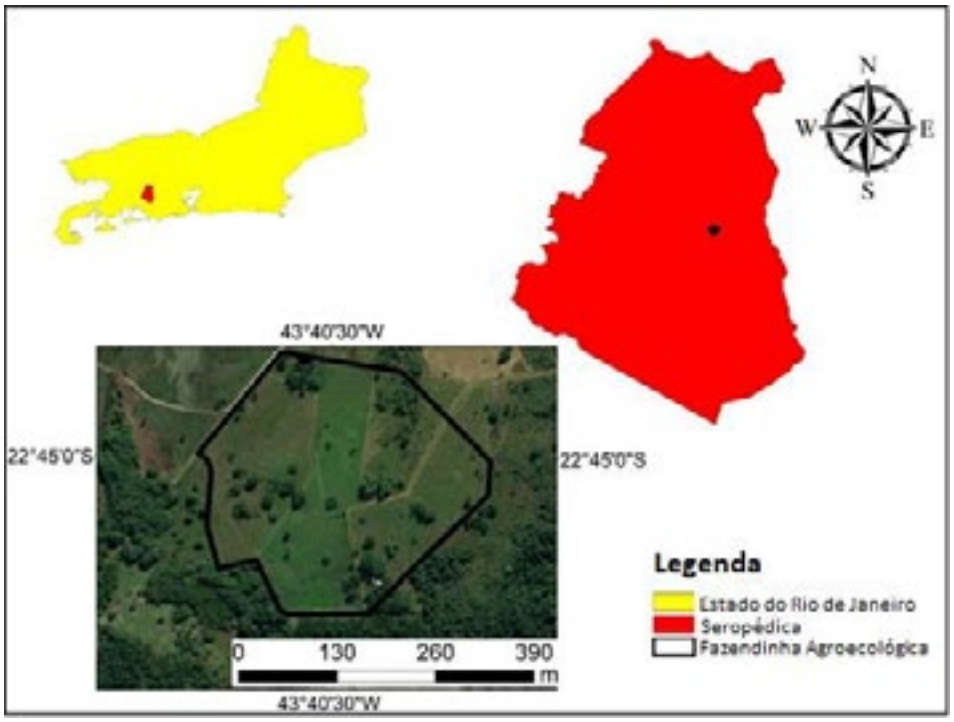


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Para este estudo foram abertas três trincheiras em diferentes pontos da paisagem, onde foram descritos e classificados os perfis de solo, sendo uma trincheira no terço médio (P3), uma no sopé da vertente (P2) e uma na área de baixada (P1). As posições dos perfis na topossequência estão representadas na Figura 2. Os perfis foram descritos e coletados segundo as normas do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015). Foram coletadas amostras deformadas para posterior caracterização dos atributos físicos em laboratório de acordo com as recomendações expressas em Donagemma et al. (2011).

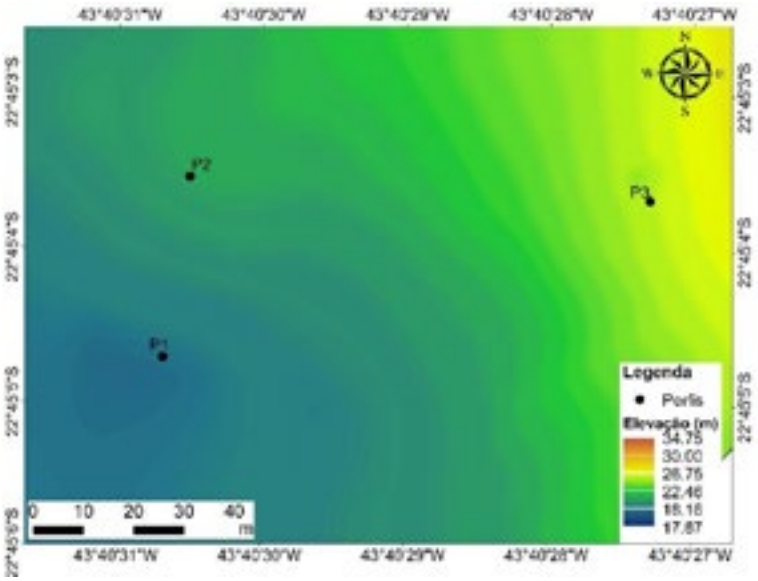


Figura 2 - Mapa de localização dos perfis de solo na área de estudo, mostrando o modelo digital de elevação do terreno no fundo.

Os perfis de solo foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). O P1 foi classificado como Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico, o P2 como Planossolo Háplico Distrófico arênico e o P3 como Argissolo Vermelho Eutrófico nitossólico.

Após a delimitação dos horizontes em cada perfil de solo, foi inserida uma barra de ferro com dimensões de 80 cm de comprimento e 8 mm de diâmetro na transição de cada horizonte. Depois, navegou-se sobre os três perfis de solo com o GPR MALÅ GroundExplorer, (Guideline Geo AB, Sundbyberg, Suécia), com odômetro, usando uma antena monoestática blindada de 450 MHz. Ao final do procedimento de campo, obtiveram-se três radargramas individuais dos perfis descritos. Para identificação do perfil de solo estudado em cada radargrama, foram anotadas em campo as posições espaciais dos perfis. Também, foram anotadas as distâncias de cada barra de ferro até os limites laterais da parede de cada perfil. Posteriormente, os dados foram processados utilizando o software ReflexW, desenvolvido por Sandmeier (2009) (Sandmeier Software, Karlsruhe, Alemanha). O processamento das imagens seguiu dois procedimentos realizados em sequência: *Static correction* e *Dewow*.

3. Resultados e discussões

As profundidades das transições, as cores úmidas e os teores de areia e argila dos horizontes do Cambissolo Háplico (P1) estão apresentados na Tabela 1. Nesta classe de solo os teores de argila são maiores que 200 g kg^{-1} desde a superfície, com uma diminuição a partir do B2. A formação de cor neutra (N6/) nos horizontes mais profundos mostra que ocorreu o processo de redução, o que é condizente, pois este solo está posicionado em área de baixada, região onde há influência do lençol freático de forma temporária ou pemanente ao longo do ano. A disposição das barras de ferro no P1 está esquematizada na Figura 3.

Tabela I - Profundidades, texturas e cores úmidas dos horizontes do Cambissolo Háplico (P1).

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia (g kg^{-1})	Argila (g kg^{-1})	Cor úmida
A1	0-10	594	206	7,5YR2,5/1
A2	10-16	559	269	7,5YR 3/1
BA	16-30	563	319	7,5YR 4/4
B1	30-54	510	339	7,5YR 5/8
B2	54-87	619	287	10 YR 5/8
BC	87-115	648	271	N6/
CB	115-130^{+}	701	146	N6/

Figura 3 - Disposição das barras de ferro no P1. As setas indicam onde as barras foram inseridas. O sentido do caminhamento com o GPR foi da direita para esquerda

No radargrama deste solo foram vistas apenas três barras, representando as três primeiras transições entre os horizontes (Figura 4). Em relação a este solo, percebe-se que a profundidade máxima da barra de ferro que o GPR demarcou foi de 30 cm. As assinaturas das barras de ferro mais profundas podem ter sido suprimidas devido aos teores relativamente altos de argila desde o topo do perfil, aumentando em profundidade (DANIELS; GUNTON; SCOTT,1988).

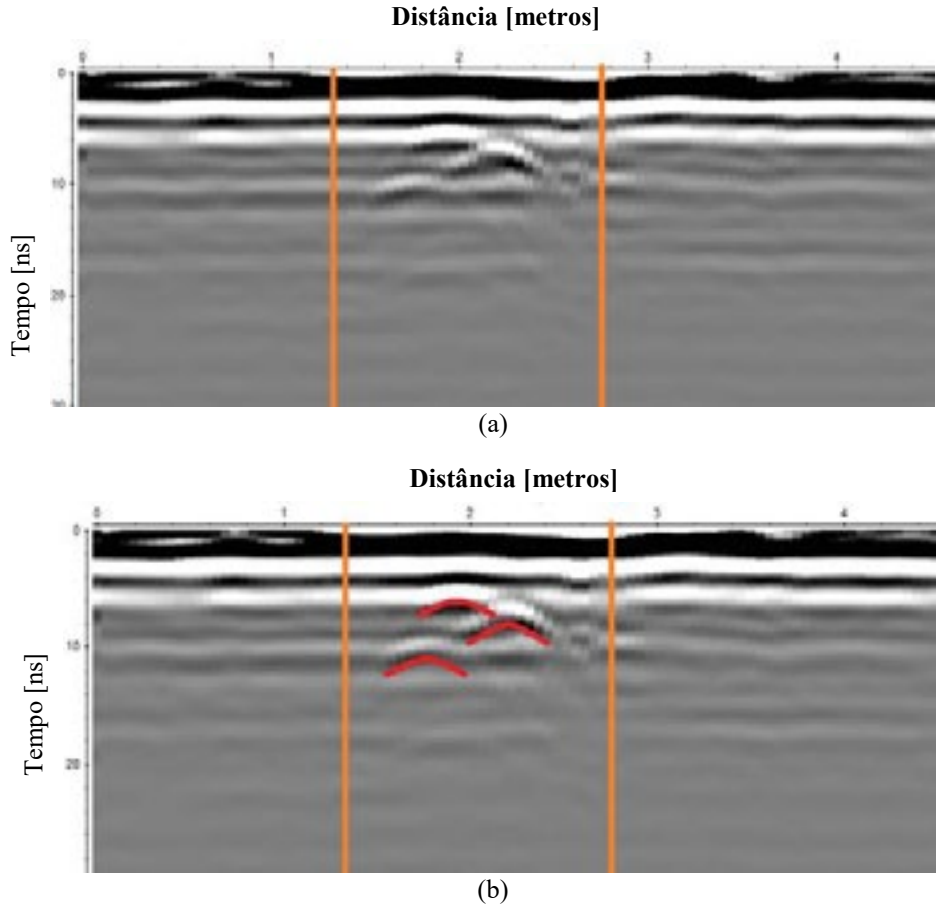


Figura 4 - Delimitação do perfil do solo (P1) dentro do radargrama em laranja (a) e demarcação em vermelho das hipérboles geradas pelas barras de ferro (b).

Contudo, as hipérboles vistas neste radargrama apresentaram boa nitidez, o que sugere que o uso de barras de ferro pode ser favorável neste tipo de solo, desde que o alvo de interesse esteja dentre os horizontes mais superiores.

No Planossolo Háplico (perfil P2), a textura arenosa atinge até os 69 cm de profundidade (Tabela 2; Figura 5), onde ocorre uma mudança textural abrupta do horizonte E para o Bt1, com um aumento do teor de argila de 4,2 vezes, também associada a uma diminuição no teor da fração areia de 267 g kg^{-1}.

Tabela II - Profundidades, texturas e cores úmidas dos horizontes do Planossolo Háplico (P2).

Horizonte	**Profundidade (cm)**	**Areia (g kg^{-1})**	**Argila (g kg^{-1})**	**Cor úmida**
A	0-8	809	99	5YR 4/1
AE	8-22	876	43	7,5YR 4/1
E	22-69	831	92	10 YR 5/2
Bt1	69-92	564	388	10YR 4/6
Bt2	92-133	441	443	10YR 4/3
Bt3	133-155^{+}	513	367	10 YR 4/4

Figura 5 - Disposição das barras no P2. As setas indicam onde as barras foram inseridas. O sentido do caminhamento com o GPR foi da esquerda para direita.

Neste solo, as três primeiras transições foram demarcadas no radargrama. Contudo, diferente do P1, a maior profundidade assinalada da barra de ferro foi de 69 cm, marcando a

transição do E para o Bt1. Além disso, aparece uma forte feição (destaque em amarelo) associada a essa barra mais profunda vista no radargrama. Como a linha em amarelo aparece junto à terceira transição, essa feição marca a passagem do final do horizonte E para o horizonte Bt1 (Figura 6).

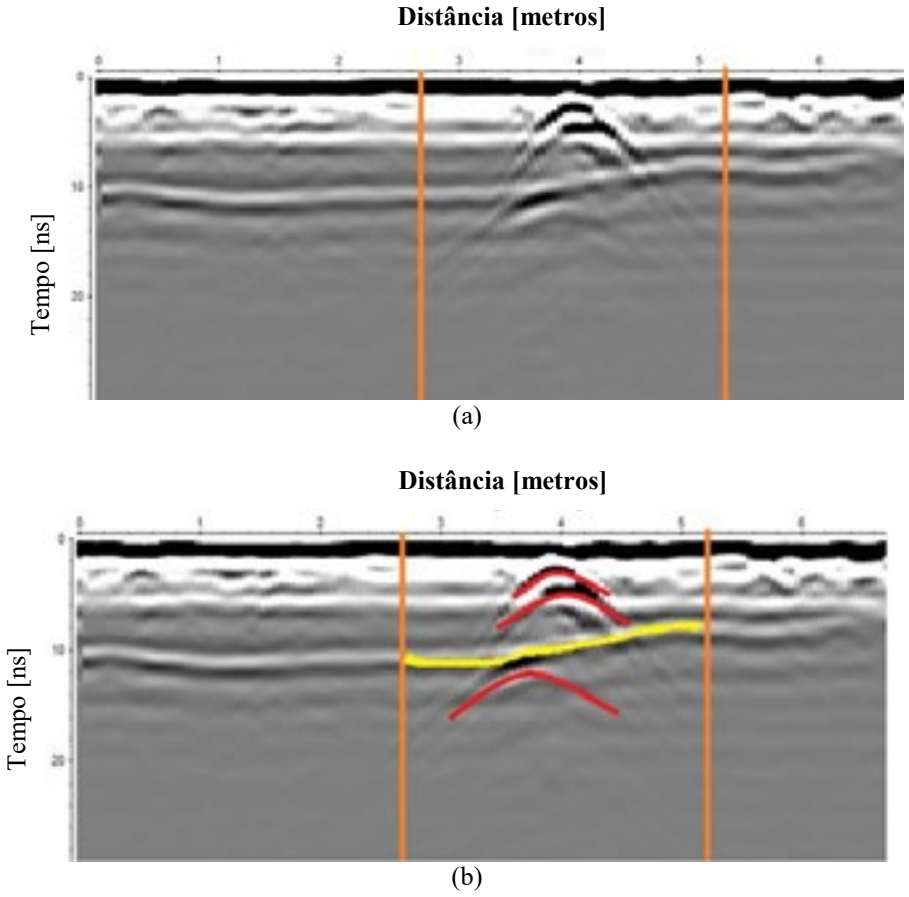


Figura 6 - Delimitação do perfil do solo (P2) dentro do radargrama em laranja (a) e demarcação em vermelho das hipérboles geradas pelas barras de ferro e da base do horizonte E em amarelo (b).

Essa linha foi uma resposta da interação do pulso magnético, emitido pelo GPR, com as diferentes constantes K em decorrência da grande variação textural entre estes dois horizontes (DE BENEDETTO et al., 2010). Além disso, as hipérboles foram mais nítidas quando comparadas ao P1. A melhor visualização das assinaturas das barras de ferro é ocasionada pelo alto contraste dos valores de K entre as barras (de ferro) e a matriz arenosa (constituída

principalmente por quartzo), o que favorece a nitidez das mesmas no radargrama (DE BENEDETTO et al., 2010). Esses resultados podem corroborar a hipótese de que no radargrama do P1 as hipérboles não puderam ser vistas em maiores profundidades por causa dos teores mais altos de argila ainda em superfície.

No Argissolo Vermelho (P3), os teores de argila desse solo são similares ao longo do perfil até a passagem para o horizonte Bt3 **(**Tabela 3; Figura 7**)**, onde ocorre um acréscimo de argila de cerca de 230 g kg^{-1}. Além disso, percebe-se que este solo apresenta cores alaranjadas (5YR) à avermelhadas (2,5 YR). Isso indica que a proporção de hematita, em relação aos demais minerais, é maior neste solo (ALMEIDA; MAÇANEIRO; KLAMT, 2000).

Tabela III - Profundidades, texturas e cores úmidas dos horizontes do Argissolo Vermelho (P3).

Horizonte	**Profundidade (cm)**	**Areia (g kg^{-1})**	**Argila (g kg^{-1})**	**Cor úmida**
A	0-10	544	307	5YR 3/1
E	10-26	568	260	5YR 3/2
BA	26-48	486	349	5 YR 4/4
Bt1	48-65	482	396	2,5YR 3/6
Bt2	65-86	421	421	2,5YR 3/6
Bt3	86-108	212	657	2,5 R 3/6
Bt4	108-147 +	112	779	2,5YR 4/6

Figura 7 - Disposição das barras de ferro no P3. As setas indicam onde as barras foram inseridas. O sentido do caminhamento com o GPR foi da esquerda para direita.

Neste solo também houve a demarcação das hipérboles das primeiras três transições. Porém, diferente dos outros dois solos, as hipérboles são vistas com menor nitidez (Figura 8).

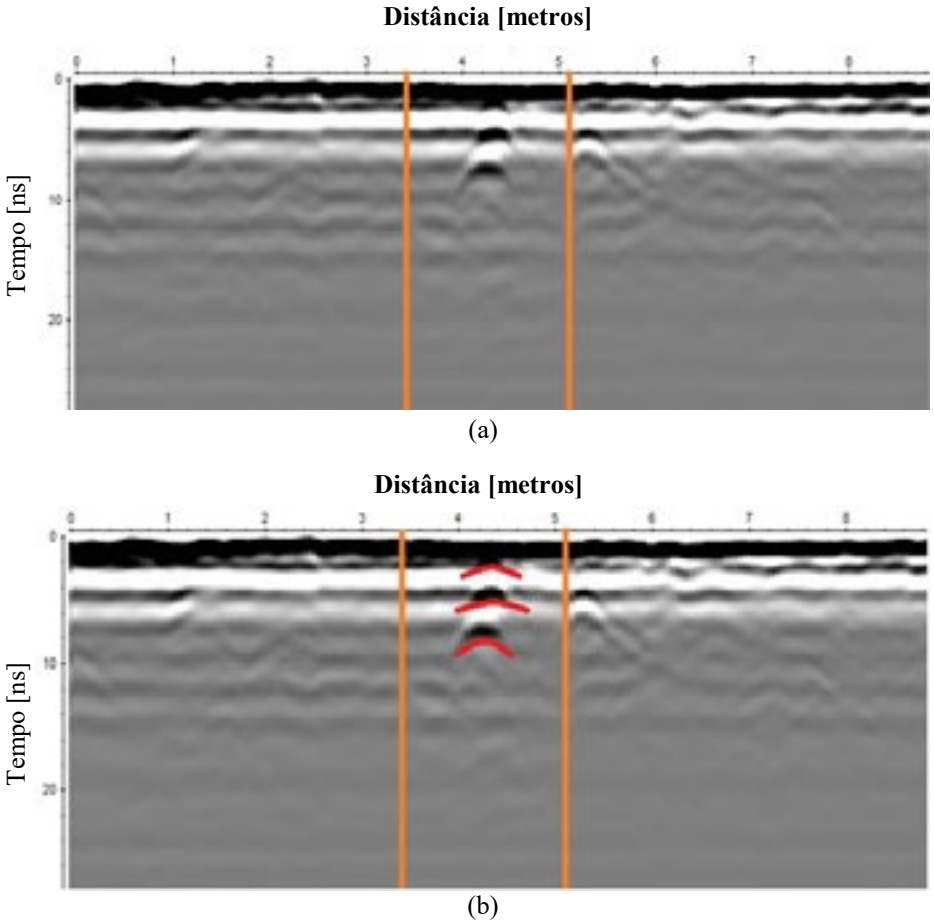


Figura 8**.** Delimitação do perfil do solo (P3) dentro do radargrama em laranja (a) e demarcação em vermelho das hipérboles geradas pelas barras de ferro (b).

A menor expressão das hipérboles neste solo pode ter sido resultado de dois fatores principais: os altos teores de argila (sendo ainda maiores que em P1 desde a superfície) e a maior quantidade de hematita (DANIELS; GUNTON; SCOTT,1988). Como os minerais da fração argila são, em parte, formados por íons de ferro e as barras inseridas no solo também são de ferro, pode ter ocorrido uma aproximação dos valores das constantes K entre a barra e o solo circundante (DE BENEDETTO et al., 2010). Também, solos com valores maiores de argila

implicam em mais sítios de CTC, quando comparados a um solo com matriz mais arenosa, o que resulta na maior dissipação do sinal (DOOLITTLE; COLLINS, 1995). Dessa forma, a visibilidade das barras de ferro mais superficiais foi mais atenuada neste solo e as assinaturas das barras mais profundas foram suprimidas.

4. Considerações finais

O uso de barras de ferro como indicador de profundidade utilizando o GPR com a antena de 450 MHz é um subsídio vantajoso para identificar as transições entre horizontes mais superficiais, considerando as três classes de solo deste estudo, apresentando melhores resultados para o Planossolo Háplico em que apresenta matriz arenosa.

5. Agradecimentos

Este estudo foi realizado com o apoio técnico e logístico do Laboratório de Água e Solo em Agroecossistemas (LASA) do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Os autores agradecem à Embrapa Agrobiologia, à UFRRJ e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro), que, juntas, mantêm a Fazenda Agroecológica onde o estudo foi realizado. Também, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6. Referências Bibliográficas

ADAMCHUK, V.I.; HUMMELB, J.W.; MORGAN, M.T.; UPADHYAYA, S.K. On-the-go soil sensors for precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 44, p. 71–91, 2004.

ALMEIDA, J.A., MAÇANEIRO, K.C.; KLAMT, E. Mineralogia da fração argila de solos vermelhos com horizontes superficiais brunados do Planalto de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 815-828, 2000.

ANNAN, J.P. **Ground Penetrating Radar**: Principles, Procedures and Applications. Sensors and Software Inc: Ontario, Canada, 2003. 278 p.

ANNAN, A.P. Electromagnetic principles of ground penetrating radar. In **Ground Penetrating Radar**: Theory and Applications, 1st ed.; Jol, H.M., Ed.; Elsevier Science: Amsterdam, The Netherlands, 2009, p. 3-40, ISBN: 978-0-444-53348-7.

DANIELS, D.J.; GUNTON, D.J.; SCOTT, H.F. Introduction to subsurface radar. **IEE Proc**, v. 135, p. 278-320, 1988.

DANIELS, D.J. **Ground-penetrating radar**, 2nd ed.; The Institution of Electrical Engineers: London, UK, 2004. 734 p.

DE BENEDETTO, D.; CASTRIGNANÒ, A.; SOLLITTO, D.; MODUGNO, F. Spatial relationship between clay content and geophysical data. **Clay Minerals**, v. 45, p. 197–207, 2010.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

DOOLITTLE, J.A.; COLLINS, M.E. Use of soil information to determine application of ground penetrating radar**. J. of Applied Geophysics**, v. 33, p. 101-108, 1995.

JACOB, R. W.; URBANL, T.M. Ground-Penetrating Radar Velocity Determination and Precision Estimates Using Common-Mid-Point (CMP) Collection with Hand-Picking, Semblance Analysis, and Cross-Correlation Analysis: a Case Study and Tutorial for Archaeologists. **Faculty Journal Articles**, p. 1-18, 2015.

SANDMEIER, K.J. **ReflexW Version 7.5**. Program for processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refractiona and transmission data. Manual do Software. Karlsruhe, Germany, 2009. 345 p

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, R.D..; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coletas de solos no campo**. 7.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

IMAGENS SENTINEL PARA OBTENÇÃO DE PARÂMETROS AGROMETEOROLÓGICOS ESPECTRAIS, EM ÁREA DE CULTIVO DE COQUEIRO ANÃO

Janice Freitas Leivas[(a)] , Antônio Heriberto de Castro Teixeira [(b)] , Fabio Miranda[(a)] , Celina Maki Takemura[(a)], Edlene Aparecida Garçon[(a)]

(a) Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA [janice.leivas, fabio.miranda, celina.takemura, edlene.garcon]@embrapa.br

[(b)] Universidade Federal de Sergipe/PRORH, heribert@globomail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

O objetivo deste estudo foi obter parâmetros biofísicos (evapotranspiração, NDVI, temperatura da superfície e albedo) em áreas cultivadas com coqueiro anão, utilizando o modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving), sem o uso da banda termal. Para tanto, utilizou-se imagem do satélite Sentinel-2A, com o objetivo de melhorar resolução espacial (10m) e, portanto, detectar mais detalhes da superfície. Foram coletados dados da estação meteorológica da Fazenda Grangeiro, localizada no município de Paracuru (Ceará). Dentre os vários parâmetros agrometeorológicos obtidos, destaca-se a evapotranspiração média diária de 1,92±1,23 mm, com um valor máximo de 5,57 mm nas áreas irrigadas. Recomenda-se, conforme a disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens, analisar uma série temporal, possibilitando o monitoramento do ciclo da cultura, em larga escala, auxiliando nos resultados experimentais realizados na área de estudo, contribuindo para o gerenciamento das culturas irrigadas, diante da escassez dos recursos hídricos.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Palavras chave: coqueiro anão, SAFER, modelo agrometeorológico espectral, sensoriamento remoto

1. Introdução

O aumento significativo da demanda por água de coco gerou uma rápida expansão do plantio com coqueiros da variedade Anã, os quais passaram a ocupar áreas não tradicionais de cultivo com esta cultura. Os plantios encontram-se principalmente localizados em polos de irrigação, sendo a produção voltada para atender o mercado de frutos verdes in natura para consumo da água de coco. O coqueiro constitui uma das mais importantes culturas perenes, capaz de gerar renda, alimentação e uma diversidade de produtos. Podem-se aproveitar diversas partes da planta, como fruto, as folhas, a inflorescência, entre outros produtos e subprodutos. Dentre as principais regiões brasileiras produtoras, o Nordeste, produzindo cerca de 80% de toda a produção nacional, possui condições especiais que favorecem a adaptação e o desenvolvimento do coqueiro. (Miranda et al., 2007). Intensas secas têm sido recorrentes no nordeste brasileiro, causando prejuízos à população e interrupção de novos plantios nas áreas irrigadas, devido à escassez de água. Diante disso, o monitoramento de parâmetros agrometeorológicos como evapotranspiração, biomassa (BIO), temperatura da superfície (Tsup), índice de vegetação (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index), em larga escala tem fundamental importância na tomada de decisão para o uso racional da água. Uma das grandes dificuldades do monitoramento desses parâmetros em larga escala é a necessidade de algoritmos biofisicamente realísticos, mas que sejam simples para a sua operacionalização. Nesse contexto, o modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) tem a vantagem da não obrigatoriedade de utilizar imagens de satélite com a banda termal, além da possibilidade de utilização de dados de estações agrometeorológicas (automáticas ou convencionais), possibilitando avaliar a série histórica de parâmetros como biomassa e evapotranspiração, em larga escala. As imagens do satélite Sentinel-2A possuem avanços consideráveis em suas especificações técnicas, principalmente

em se tratando das resoluções espacial (10m), espectral (12bits) e temporal (5dias). Para estudo ambientais, utiliza-se as bandas 2 (azul, 490 nm), 3 (verde, 560 nm), 4 (vermelho, 665 nm) e 8 (Infravermelho próximo, 842 nm) (ESA, 2015). O objetivo deste estudo foi obter parâmetros biofísicos, utilizando o modelo SAFER, sem utilizar a banda termal, visando aumento da resolução espacial e obter maior detalhamento da superfície, auxiliando no monitoramento de áreas irrigadas, em área fazenda experimental de coqueiro anão.

2. Material e Métodos

A área de estudo deste trabalho compreende a Fazenda Experimental Grangeiro, localizada no município de Paracuru (Ceará) (Figura 1). Segundo a classificação de Köppen, o clima é tropical (Aw), com precipitação concentrada no verão, com média anual de 1194 mm.

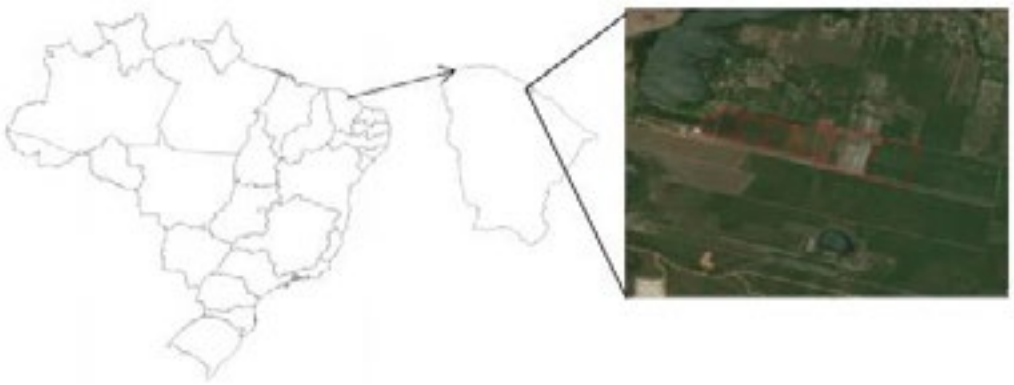


Figura 1 – Localização da área de estudo, Fazenda Granjeiro, em Paracuru (Ceará).

A evapotranspiração foi obtida através do modelo agrometeorológico espectral SAFER (Simple Algorithm For Evapotranspiration Retrieving) (Teixeira 2012a). O SAFER envolve parâmetros obtidos por sensoriamento remoto como albedo da superfície (α0), a temperatura da superfície (Ts) e o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), assim como dados meteorológicos

para cálculo da evapotranspiração de referência (ET0). Para a realização deste estudo foram utilizados dados da estação meteorológica localizada na Fazenda Granjeiro e imagem do satélite Sentinel-2A (tile 24MVB), referente ao dia 2 de agosto de 2016. A partir do processamento da imagem de satélite e dados meteorológicos, foi calculado o albedo da superfície. As bandas 2 (azul), 3 (verde), 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo) do Sentinel2A, foram usadas para o cômputo do albedo (αp), sendo calculado como a média ponderada de αp_{band} de acordo com o peso de cada banda (w_{band}) (Teixeira et al., 2014a):

$$\alpha_p = \sum w_{band} \alpha_{p_{band}}$$

A temperatura da superfície (Ts) foi obtida por resíduo na equação do balanço de radiação (Teixeira et al., 2004a,b):

$$T_s = \sqrt[4]{\frac{R_G - \alpha_p R_G + \varepsilon_A \sigma T_a^4 - R_n}{\varepsilon_s \sigma}}$$

onde R_G e Ta são os valores diários da radiação solar global incidente e a temperatura média do ar, respectivamente, provenientes das estações meteorológicas, Rn é o saldo de radiação diário. As emissividades da atmosfera (ε_A) e da superfície (ε_S) foram calculadas conforme proposto por Teixeira et al., 2014a,b. Os valores diários de Rn foram obtidos pela equação de Slob:

$$Rn = (1-\alpha_p).R_g - a_L\ \tau_{sw}$$

onde a_L é um coeficiente de regressão da relação entre o saldo de radiação de ondas longas e τsw na escala diária. Este coeficiente foi espacializado de acordo com os valores de T_a (Teixeira et al., 2014a,b). O algoritmo SAFER foi usado para modelagem dos valores instantâneos da razão da ET para a evapotranspiração de referência (ET0), a qual multiplicada pelos valores diários da ET0 da estação meteorológica fornece a evapotranspiração (ET) em larga escala.

$$\frac{ET}{ET0} = \left\{ exp\left(g + h\left(\frac{T0}{a.ndvi} \right) \right) \right\}$$

ISBN: 978-85-7282-778-2

onde ET0 é calculada pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) e g e h são os coeficientes de regressão (Teixeira et al., 2014a,b). Posteriormente, estimou-se o acúmulo de biomassa da vegetação para um dado período:

$$Bio = \sum(\text{emax} * \text{Ef} * \text{APAR} * 0{,}864)$$

em que, Bio é o acúmulo de biomassa da vegetação (kg. ha^{-1}), emax é a máxima eficiência do uso da radiação, considerou-se o valor de 2,5 g MJ^{-1} (Bastiaanssen e Ali, 2003), Ef é a razão entre o fluxo de calor latente (em $W.m^{-2}$) e o saldo de radiação (Rn, $W.m^{-2}$) (Teixeira et al., 2012).

3. Resultados e discussões

Através do modelo SAFER, juntamente com dados de estações meteorológicas e imagens de alta resolução espacial, foram obtidos os valores médios dos parâmetros biofísicos como evapotranspiração (ET), albedo (α), biomassa (BIO), temperatura da superfície (Tsup) e produtividade da água (PA), em áreas irrigadas e de vegetação natural em Paracuru, Ceará. Observa-se que com a metodologia proposta neste estudo, foi possível discriminar o comportamento espectral da superfície. Os valores médios do NDVI (Figura 2a) foram 0,52±0,21, com valores mínimos de -0,35 (em corpos d'água) e máximo de 0,83. Nas áreas irrigadas, o NDVI alcançou valores superiores a 0,7, salientando a resposta da vegetação à irrigação. Em áreas com vegetação natural, o NDVI ficou em torno de 0,28 e valores negativos nos corpos d'água. O albedo médio diário (Figura 2b) ficou em torno de 0,17±0,02, sendo encontrados valores dentro do intervalo de 0,13 a 0,36. Nas áreas irrigadas, observa-se a variação do parâmetro (tonalidades de rosa). Pode-se considerar que o NDVI responde melhor à variação das condições hídricas que o albedo, corroborando com os resultados obtidos por Teixeira et al. (2015).

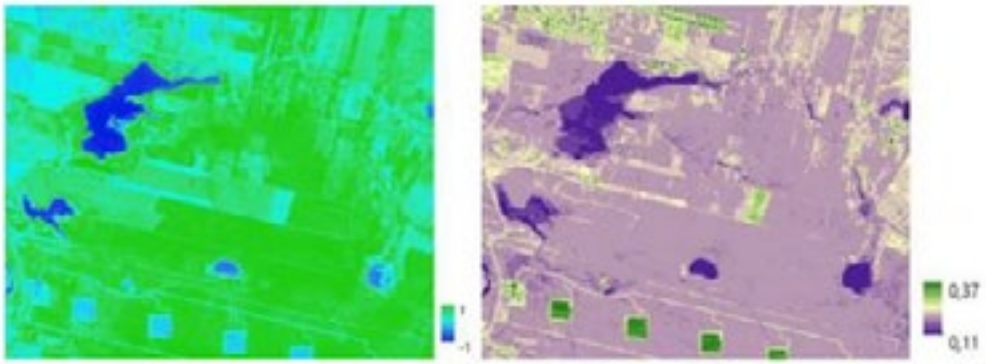


Figura 2. Distribuição espacial do NDVI (a) e albedo (b), obtidos via modelo SAFER e imagem Sentinel-2, em Paracuru (Ceará).

Na análise da temperatura da superfície (Ts) (Figura 3A), foram observados valores médios de 307,8±2,08K, na área irrigada. Os valores de toda a cena analisada variaram de 304 a 329K. Na área de solo exposto, a temperatura da superfície foi de 310K, devido às condições da superfície.

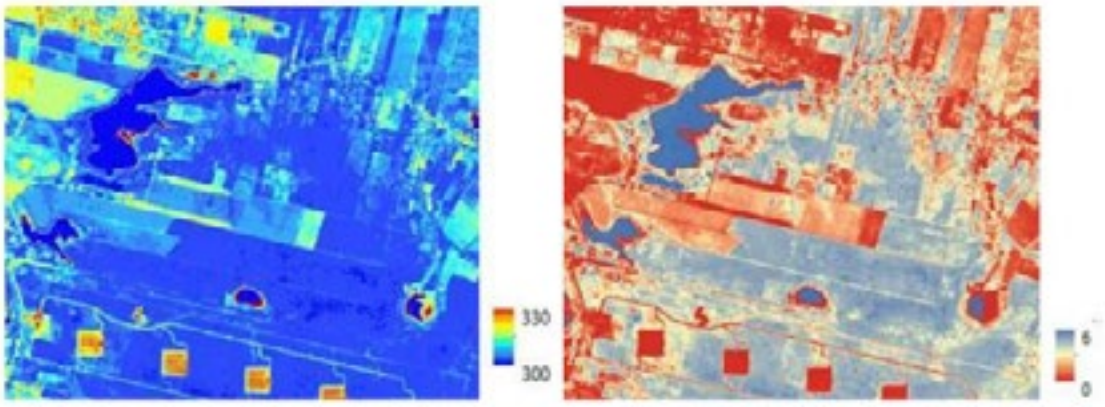


Figura 3. Temperatura da superfície (a) e evapotranspiração média diária (b), obtidos em fazenda produtora de coco, em Paracuru/Ceará, a partir de imagem Sentinel-2A

ISBN: 978-85-7282-778-2

A evapotranspiração média diária na Fazenda experimental foi 1,92±1,23 mm e valor máximo de 5,57 nas áreas irrigadas (Figura 3b). Nas áreas de vegetação natural, foram observados os menores valores de evapotranspiração, em torno de 0,41mm, contrastando com as áreas irrigadas. Isto se deve ao fato de que a energia disponível no sistema é utilizada para aquecimento do ar, enquanto que nas áreas irrigadas essa energia é dispendida para o processo evapotranspiratório. Os valores médios da evapotranspiração mensal de referência (ET0) estimada pelo método Penman-Monteith FAO, para o município de Paracuru, no Ceará, em agosto, é 4,8 mm (Miranda e Gomes, 2006).

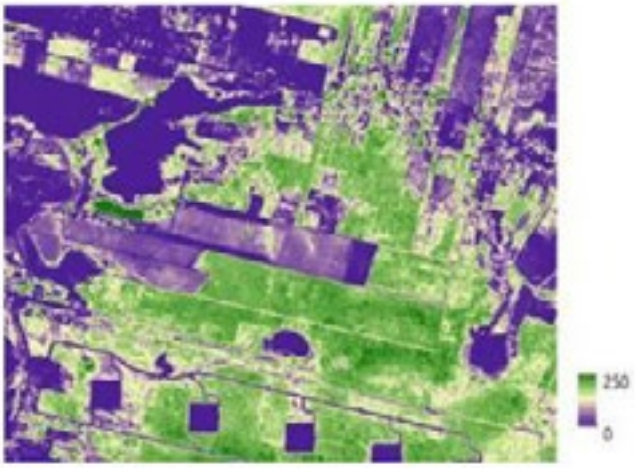


Figura 4. Distribuição espacial da biomassa, obtida via modelo SAFER e imagem Sentinel-2, em Paracuru, Ceará.

Nas áreas irrigadas, a BIO média foi de 35,86 e nas áreas de solo exposto foram encontrados os menores valores de biomassa, sendo inferiores a 2,19 kg ha-1 .dia-1 (Figura 4). Conforme Teixeira (2009), os consumos hídricos das culturas irrigadas nas condições semiáridas brasileiras excedem aquele para as espécies da Caatinga durante o período naturalmente mais seco, promovendo um aumento na produção de biomassa (BIO) e nas taxas da evapotranspiração atual (ET) em larga escala. Em análise de áreas irrigadas e vegetação natural utilizando modelagem agrometeorológica espectral com imagens Landsat-8, Teixeira et

al. (2015) encontraram valores incrementais, representativos dos efeitos da substituição da vegetação natural por culturas irrigadas foram de 40, 54 e 23%, para respectivamente ET e BIO.

O uso da irrigação é importante para viabilizar a exploração comercial da cultura do coqueiro, principalmente na região nordeste, devido à irregularidade das chuvas. A variabilidade da precipitação pluvial e o manejo inadequado da irrigação são algumas das principais causas da baixa produtividade do coqueiro. Quando submetido a estresse hídrico, o coqueiro apresenta redução no crescimento pela diminuição na emissão de folhas e do tamanho destas, queda prematura de folhas, retardamento do início da fase de produção, diminuição do número de flores femininas por cacho, queda de flores e frutos imaturos e redução do tamanho dos que chegam a amadurecer (Miranda e Gomes, 2006).

A metodologia aplicada para obtenção de parâmetros agrometeorológicos em área de fazenda produtora de coqueiro anão mostrou-se eficaz para avaliar o desenvolvimento da cultura, porém uma dificuldade de aplicar o modelo em área litorânea seria a disponibilidade de imagens sem nuvens, ao longo do ciclo da cultura, pois em período chuvoso (verão) a disponibilidade de imagens com alta resolução espacial, como do satélite Sentinel-2A, fica prejudicada, inviabilizando o monitoramento contínuo. Portanto, sugere-se realizar uma análise em larga escala com imagens de menor resolução espacial (250m), como os produtos do satélite do MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), e temporal (16 dias) e, conforme a cobertura de nuvens, realiza-se a processamento com imagens de melhor resolução espacial.

4. Considerações Finais

Com a aplicação do modelo agrometeorológico, juntamente com imagem do satélite Sentinel2A, foi possível obter os parâmetros da superfície em área de coqueiro anão irrigado, com a vantagem de não ser necessário utilizar a banda termal, possibilitando utilizar imagens de alta resolução espacial e temporal no manejo dos recursos hídricos. Recomenda-se, conforme

a disponibilidade de imagens sem cobertura de nuvens, analisar uma série temporal, possibilitando o monitoramento do ciclo da cultura, contribuindo para o gerenciamento culturas irrigadas, diante da escassez dos recursos hídricos.

5. Referências bibliográficas

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, Italy, 300 pp, 1998.

BASTIAANSSEN, W.G.M.; ALI, S. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 94, p. 32-340, 2003.

EUROPEAN SPACE AGENCY (2015). Sentinel-2 User Handbook Document.Technical Report issue 1 revision 2. : European Space Agency <>. acesso em: 10/12/2018.

MIRANDA, F.R.; GOMES, A.R.M.; OLIVEIRA, C.H.C.; MONTENEGRO, A.A.T.; BEZERRA, F. M. L. Evapotranspiração e coeficientes de cultivo do coqueiro anão-verde na região litorânea do Ceará. Revista Ciência Agronômica, v. 38, p. 129-135, 2007.

MIRANDA, F. R. de, SILVA, A. B. Da, GUIMARÃES, V. B., SILVA, E. S., SANTOS, M. M. Produtividade da água de irrigação do coqueiro anão na região litorânea do Ceará. INOVAGRI International Meeting, IV, 2017

MONTEITH, J. L. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. Journal of Applied Ecology, v. 9, p.747-766, 1972. TEIXEIRA, A.H. de C. Water productivity assessments from field to large scale: a case study in the Brazilian semi-arid region; LAP Lambert Academic Publishing: Saarbrücken, Germany, 226p., 2009.

TEIXEIRA, A. H. DE C.; HERNANDEZ, F.B.T.; ANDRADE, R.G. ; LEIVAS, J.F. ; BOLFE, E. L. Energy balance with Landsat images in irrigated central pivots with corn crop in

the São Paulo State, Brazil. Proceedings of SPIE - International Society for Optical Engineering, v. 9239, p. 923900-1-92390O-10, 2014a.

TEIXEIRA, A. H. DE C.; VICTORIA, D. DE C.; ANDRADE, R.G. ; LEIVAS, J.F. ; BOLFE, E.L. ; CRUZ, C.R. Coupling MODIS images and agrometeorological data for agricultural water productivity analyses in the Mato Grosso state, Brazil. Proceedings of SPIE - International Society for Optical Engineering, v. 9239, p. 92390W-1- 92390W-14, 2014b.

TEIXEIRA, A. H. DE C., LEIVAS, J. F.; ANDRADE, R. G.; HERNANDEZ, F. B. T. Water productivity assessments with landsat 8 images in the Nilo Coelho irrigation scheme. Irriga, Botucatu, Edição Especial, IRRIGA & INOVAGRI, p. 1-10, 2015.

TEIXEIRA, A.H. de C. Water productivity assessments from field to large scale: a case study in the Brazilian semi-arid region. Saarbrücken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2009, 226p.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

INDICADORES MÉTRICOS DA PAISAGEM COMO SUBSÍDIO À SELEÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS À CONSERVAÇÃO DA APA DE ITUPARARANGA

Letícia de Oliveira Pereira [(a)], Marcos Roberto Martines [(b)], Rogério Hartung Toppa[(c)]

[(a)] Mestranda, PPGGeo, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, leop.geo@gmail.com
[(b)] Professor Doutor, DGTH, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, martinesrm@gmail.com
[(c)] Professor Doutor, CCTS, Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, rhtoppa@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Considerada como relevante área à conservação da biodiversidade da Mata Atlântica, a APA de Itupararanga apresenta uma paisagem significativamente fragmentada. As métricas da paisagem aliadas a geotencologias permitem a mensuração quantitativa das estruturas dos elementos da paisagem, contribuindo para a escolha de decisões adequadas ao planejamento ambiental e à seleção de áreas prioritárias à conservação. Através de classificação supervisionada de imagem do satélite Sentinel-2, identificou-se 977 fragmentos florestais naturais na APA, e, com aplicação das métricas da paisagem Área, Índice de Forma e Área-Núcleo, obteve-se um índice estrutural à cada fragmento, classificados em quatro classes de relevância à conservação: baixa, média, alta e muito alta. O alto percentual de fragmentos com baixa relevância (96,32% do total de fragmentos), caracterizados em geral por pequenas áreas e áreas-núcleos e formas irregulares, evidenciam o acentuado processo de fragmentação da APA e a necessidade de especial atenção às ações de planejamento ambiental.

Palavras chave: Métricas da paisagem; Mata Atlântica; Fragmentos florestais

1 Introdução

As intervenções antrópicas são as principais responsáveis atuais pela redução da cobertura vegetal e consequente processo de fragmentação florestal em âmbito global, consolidando fragmentos isolados, perturbados e pouco protegidos (SILVEIRA FILHO, 1998) e com seus potenciais de conservação da biodiversidade prejudicados, induzindo à necessidade

de implementação de áreas especialmente protegidas, como por exemplo, as Unidades de Conservação (UCs).

Entre as várias categorias de UCs, as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) são a maioria em número e área em todo o país, sendo tipificadas como de uso sustentável, permitindo diferentes usos em seus limites, que acabam exercendo um mecanismo mais próximo ao ordenamento do uso da terra do que de fato a proteção da área (RYLANDS e BRANDON, 2005).

A APA Itupararanga foi consolidada em 1998, por meio da Lei Estadual nº 10.100, de 01 de dezembro de 1998, e alterada pela Lei Estadual 11.579 de 02 de dezembro de 2003, abrangendo a região da Represa Itupararanga no Estado de São Paulo. As diferentes classes de uso da terra existentes na APA consolidam um padrão estrutural de fragmentação florestal dos remanescentes da Mata Atlântica que pode resultar em profundas alterações nos ecossistemas como: redução ou perda de habitats, interferindo diretamente nas condições da conservação da biodiversidade; distúrbios nos regimes hídricos das bacias hidrográficas; alterações em microclimas; entre outras (MORAES et al., 2012; PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Compreender a configuração atual dos fragmentos florestais por meio de seus padrões espaciais, possibilita o desenvolvimento de ações efetivas ao planejamento ambiental para o ordenamento do uso da terra. As métricas da paisagem são parâmetros que se fundamentam em estudos da Ecologia da Paisagem integrados às geotecnologias, como sensoriamento remoto e Sistema de Informação Geográfica (SIG), e, vem sendo amplamente utilizadas na avaliação analítica da estrutura da paisagem em diferentes escalas - com critérios baseados em tamanho, forma, área-núcleo, conectividade etc., permitindo que os processos e características da fragmentação sejam mensuráveis quantitativamente e melhor compreendidos (LANG e BLANSCHKE, 2009).

Assim, o trabalho tem como objetivo caracterizar os remanescentes de Mata Atlântica da APA de Itupararanga, através de indicadores métricos da paisagem, para subsidiar o planejamento ambiental em futuras estratégias conservacionistas.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A APA Itupararanga constitui uma área extensa, aproximadamente 936,51 km^2 (93.651 ha), e de essencial relevância regional, sendo responsável pelo abastecimento de água de 63% da população localizada na área da bacia, além de ser fonte de energia elétrica à Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), situada em Alumínio/SP (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2010)

2.2 Mapeamento dos fragmentos florestais

Realizou-se uma classificação supervisionada para a identificação dos fragmentos florestais em imagem do satélite Sentinel-2, de 22 de setembro de 2018, obtida junto ao catálogo de imagens do *Earth Explorer* da *USGS,* abrangendo toda a área de estudo, com resolução espacial de 10 m para bandas RGB (bandas = 4, 3 e 2) e 20 m para bandas do infravermelho (banda = 8A), reamostradas para 10 m. Esse método pressupõe a seleção de amostras para o treinamento do algoritmo de classificação (MAILLARD, 2001). As amostras selecionadas formam divididas em duas classes: fragmentos florestais (representando as áreas de cobertura florestal naturais) e outros usos (representando todas as outras tipologias). O algoritmo utilizado para a classificação foi o Maximum Likelihood que, devido ao critério de máxima verossimilhança, possibilita por funções de densidade de probabilidade a classificação de pixels desconhecidos nas classes previamente definidas (INPE, 2006).

Com base em estudos que evidenciam a necessidade de áreas mínimas à conservação da biodiversidade variando de 4 a 10 hectares (BENTRUP, 2008; VIANA e PINHEIRO, 1998), para o trabalho selecionou-se os fragmentos com área igual ou superior a 5 hectares.

Para verificar a exatidão da classificação do mapeamento utilizou-se o índice Kappa, que constitui-se como um dos parâmetros mais aplicados à determinação da exatidão de mapas temáticos, através da denominada matriz de confusão ou matriz de erros com base em "*tabulação cruzada entre as quantidades de dados amostrais de referência e da imagem classificada, estruturada numa matriz quadrada*" (LIMA, 2010, p. 45). O índice final do coeficiente Kappa poderá variar entre 0 e 1, valores que indicam crescentemente o grau de aproximação com a realidade. Quanto mais próximo ao valor 1, maior será a exatidão da classificação (MELLO, 2012).

Para verificação da exatidão do mapeamento dos fragmentos florestais da APA de Itupararanga, selecionou-se 41 amostras aleatoriamente pela ferramenta Google Earth. A verificação da exatidão do mapeamento realizado resultou em um coeficiente Kappa de 0,9, podendo ser considerado excelente segundo classificação de Landis & Koch (1977) que atribui grau de excelência aos valores Kappa maiores que 0,81.

2.3 Seleção de métricas da paisagem

Realizou-se a quantificação da estrutura dos fragmentos florestais com o auxílio da extensão V-LATE 2.0 (Vector-based Landscape Analysis Tools), com a seleção das métricas: Área, Índice de Forma e Área-núcleo, calculadas pelas fórmulas apresentadas na Tabela I.

A área pode ser considerada a medida da estrutura da paisagem mais importante, uma vez que consiste na medida mais próxima e divulgada, influenciando em outras importantes medidas, sendo calculada a área total de uma classe pela soma de todas as áreas de manchas em uma classe específica da paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009). Segundo Silveira Filho

(1998), o tamanho da área contribui muito para a capacidade de conter espécies e na oferta de condições à uma rica diversidade de habitats e de espécies.

O índice de forma mensurado através da relação área-perímetro é considerado como medida de feição padronizada nos estudos de Ecologia da Paisagem (Forman e Godron, 1986), avaliando a complexidade da forma das manchas a partir de comparação com uma forma padrão otimizada de um círculo. Quanto distinta da forma padrão a mancha se apresentar, maior será o valor do seu índice resultante (LANG e BLASCHKE, 2009).

Os espaços internos de unidades espaciais são denominados de áreas-núcleo, obtidos a partir do cálculo de um buffer negativo, ou seja, uma área de amortecimento para o interior do polígono que representa o fragmento florestal. Na área núcleo os fatores bióticos ou abióticos não sofrem influências de áreas externas, apresentando condições muito diferentes das percebidas nas áreas de bordas (LANG e BLASCHKE, 2009). Considerou a distância da borda de 35 m, valor mínimo abordado para início dos efeitos de borda nos fragmentos (RODRIGUES, 1998; PRIMACK e RODRIGUES, 2001).

Tabela I - Descrição das métricas da paisagem selecionadas para compor o indicador para seleção de áreas de interesse à conservação.

MÉTRICA	DESCRIÇÃO	FÓRMULA (*V-LATE*)
Área	Área do fragmento (ha ou m²)	$AREA = aij \left(\frac{1}{10{,}000}\right)$ *aij* = área do fragmento ij
Índice de forma (*shape*)	Forma do fragmento com base na relação perímetro e área	$SHAPE = \frac{p_{ij}}{\sqrt[2]{a_{ij}pi}}$ *pij* = perímetro do fragmento ij *aij* = área do fragmento ij *pi* = 3,141592
Área-Núcleo (*core*)	Área nuclear do fragmento a partir de profundidade de borda definida em metros	$CORE = a_{ij}^{c} \left(\frac{1}{10{,}000}\right)$ *aij* = área do fragmento ij *c* = profundidade de borda

Fonte: Adaptado de LIMA (2010).

2.4 Índice dos fragmentos florestais

Para viabilizar a criação do índice estrutural para cada fragmento florestal, foi realizada a normalização das variáveis (métricas) selecionadas para o mesmo intervalo numérico, pois existem variáveis de diferentes naturezas, e para isso aplicou-se a fórmula (F1) ao intervalo numérico de 0 a 1 (MARTINES et al., 2017):

$$(F1)\quad N = X1 - \min / \max - \min$$

Sendo que:

N =valor resultante da normalização; X1 = valor atribuído a uma variável;

min = menor valor da série; max = maior valor da série.

Considerando que a métrica área consiste na medida mais relevante para a concentração e diversidade de espécies (METZER, 1999) e a área-núcleo assegura um intenso e valioso fluxo biológico, atribuiu-se um peso diferenciado à cada índice de métrica dos fragmentos, com base no conhecimento dos fenômenos da área de estudo e das variáveis analisadas (MOURA, 2014; MALCZEWSKI, 1999), sendo: 0,45 para Área; 0,35 para Área-Núcleo, e; 0,20 para o Índice de Forma.

Após a normalização das variáveis, aplicou-se os pesos e executou-se a soma linear, seguida de normalização do valor para obtenção de um índice estrutural final para cada fragmento, caracterizando uma abordagem multicriterial. Para categorização dos dados, adotou-se o critério manual para seleção de intervalos através da interpretação da distribuição dos dados em quatro classes temáticas de relevância à conservação, denominadas: baixa, média, alta e muito alta.

3 Resultados e Discussões

O mapeamento resultou em 977 fragmentos florestais, abrangendo uma área de 33.558,84 ha, correspondendo a 35,83% da área total da APA de Itupararanga. O elevado

número de fragmentos florestais pode ser compreendido sob dois pontos de vista, associado à riqueza estrutural, mas também, à um processo de intenso retalhamento e fragmentação da paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009; FAHRIG, 2013).

Na APA, para a métrica referente a área, 84% dos fragmentos apresentaram entre 5 e 50 ha, em conformidade com os valores encontrados em diversos estudos que apontam como uma característica dos remanescentes da Mata Atlântica áreas menores que 50 ha, consideradas pequenas à manutenção da biodiversidade no bioma, devido a maior propensão ao efeito de borda (RIBEIRO et al. 2009; REZENDE et al., 2018). Entretanto, pequenos fragmentos podem desenvolver importante função na paisagem como elementos de conectividade, denominados trampolins ecológicos, facilitando o deslocamento e dispersão de muitas espécies (METZGER, 1997).

Dentre os fragmentos mapeados, um destaca-se por sua área (1.195,89 ha) e respectiva área núcleo (936,853 ha), com valores duas vezes superiores ao fragmentos subsequentes em tamanho de área. Os fragmentos com maiores áreas são considerados como os mais relevantes à conservação da biodiversidade pela riqueza de espécies que possibilitam abrigar (METZGER, 1999; PRIMACK e RODRIGUES, 2001). Porém, quando comparado ao todo, a área desse fragmento representa apenas 3,56% do total de área dos fragmentos florestais e 1,26% da área total da APA.

Estudos de Lang e Blaschke (2009) e Lima (2010) evidenciam que fragmentos com grandes áreas podem apresentar, também, grandes áreas-núcleo, considerando-as como as áreas internas (buffer negativo) desses fragmentos, onde os efeitos de borda são reduzidos, e, ou, inexistentes, concentrando as melhores condições ao desenvolvimento de fluxo biológico. Contudo, além da área, a forma desempenha significante influência nos espaços internos, em que formas muito irregulares e alongadas tendem a formar áreas nucleares descontínuas, resultando em quantidade maior que o total de fragmentos (LIMA, 2010; RUSCA, et al. 2017).

Neste trabalho foram mapeadas 3.996 áreas-núcleos para 977 fragmentos florestais, correspondendo a uma área total de 16.593,94 ha, ressaltando a relação supracitada entre forma e área-núcleo. Somente 1 fragmento não apresentou área núcleo com base nos parâmetros pré-estabelecidos.

Considerando o Índice de Forma como a relação entre as grandezas de área e perímetro, espera-se que os fragmentos com grandes áreas apresentem, em geral, formas mais regulares, próximas ao padrão circular (LIMA, 2010; RUSCA, et al. 2017). Na APA, os fragmentos com área igual ou menor que 10 ha apresentam a média de 0,84 ao Índice de Forma, e, os fragmentos maiores que 200 ha apresentam a média de 0,47, em que a proximidade ao valor máximo do índice (1) indica, gradativamente, o distanciamento da forma padrão e a ocorrência de formas irregulares e alongadas (LANG e BLASCHKE, 2009), suscetíveis aos efeitos de bordas mais intensamente (LIMA, 2010).

A normalização das métricas obtidas para Área, Índice de forma e Área-Núcleo resultou em um índice estrutural para cada fragmento florestal, possibilitando a classificação em intervalo entre quatro classes temáticas de relevância à conservação: baixa, média, alta e muito alta, conforme evidenciando na Tabela II e no Mapa de Classificação dos índices estruturais dos fragmentos florestais da APA de Itupararanga (Figura 1).

Tabela II - Classificação dos índices estruturais dos fragmentos florestais da APA de Itupararanga.

Intervalo de Classe	Classe Temática	Qt. Fragmentos Florestais	%	% cumulativo
0,000000 - 0,200000	Baixa	941	96,32	96,32
0,200001 - 0,400000	Média	32	3,27	99,59
0,400001 - 0,600000	Alta	3	0,31	99,90
0,600001 - 1,000000	Muito Alta	1	0,10	100,00
Total		977	100,00	100,00

Fonte: Autor, 2019.

Os resultados da classificação temática ressaltaram uma alta discrepância entre a distribuição quantitativa de fragmentos entre os quatro intervalos numéricos definidos. Os fragmentos classificados como baixa relevância à conservação representam 941 fragmentos, ou seja, 96,32% do total de fragmentos florestais da APA, apresentando os menores tamanhos em área e áreas-núcleo e maiores irregularidades na forma, localizando-se por toda a extensão, principalmente na faixa central, nordeste e noroeste, indicando o acentuado processo de fragmentação da UC. Enquanto 32 fragmentos são classificados como de média relevância e totalizam 3,27% distribuídos na faixa sul, norte e centro-leste, apresentando elevados índices de forma, caracterizando formas irregulares, podendo indicar maior suscetibilidade ao efeito de borda. Classificados como de alta relevância, 3 fragmentos correspondem a 0,31% do total, distribuídos na área sul e noroeste, consolidados por áreas e áreas-núcleos maiores comparadas ao restante, porém, apresentando formas distantes da forma padrão. Responsável pela intensa discrepância entre os índices estruturais, o fragmento classificado como de alta relevância à conservação, localizado ao norte, apresenta o maior tamanho em área (1.195,89 ha) e área núcleo (936,5 ha) e um índice de forma de 0,37, aproximando-se da forma padrão circular (índice de valor 0), entretanto, apesar de constituir-se como o fragmento mais importante da APA quanto as métricas analisadas, seu intervalo numérico corresponde a somente 0,10% do total dos fragmentos florestais.

Ressalta-se que os os resultados obtidos indicam a necessidade de especial atenção aos fragmentos florestais classificados como de baixa relevância à conservação, para assegurar sua existência no decorrer dos anos (SAUNDERS et. al., 1991), devendo ser alvos de medidas que possibilitem a melhoria de suas estruturas, estabelecendo-os como efetivos elementos de conectividade entre fragmentos mais relevantes.

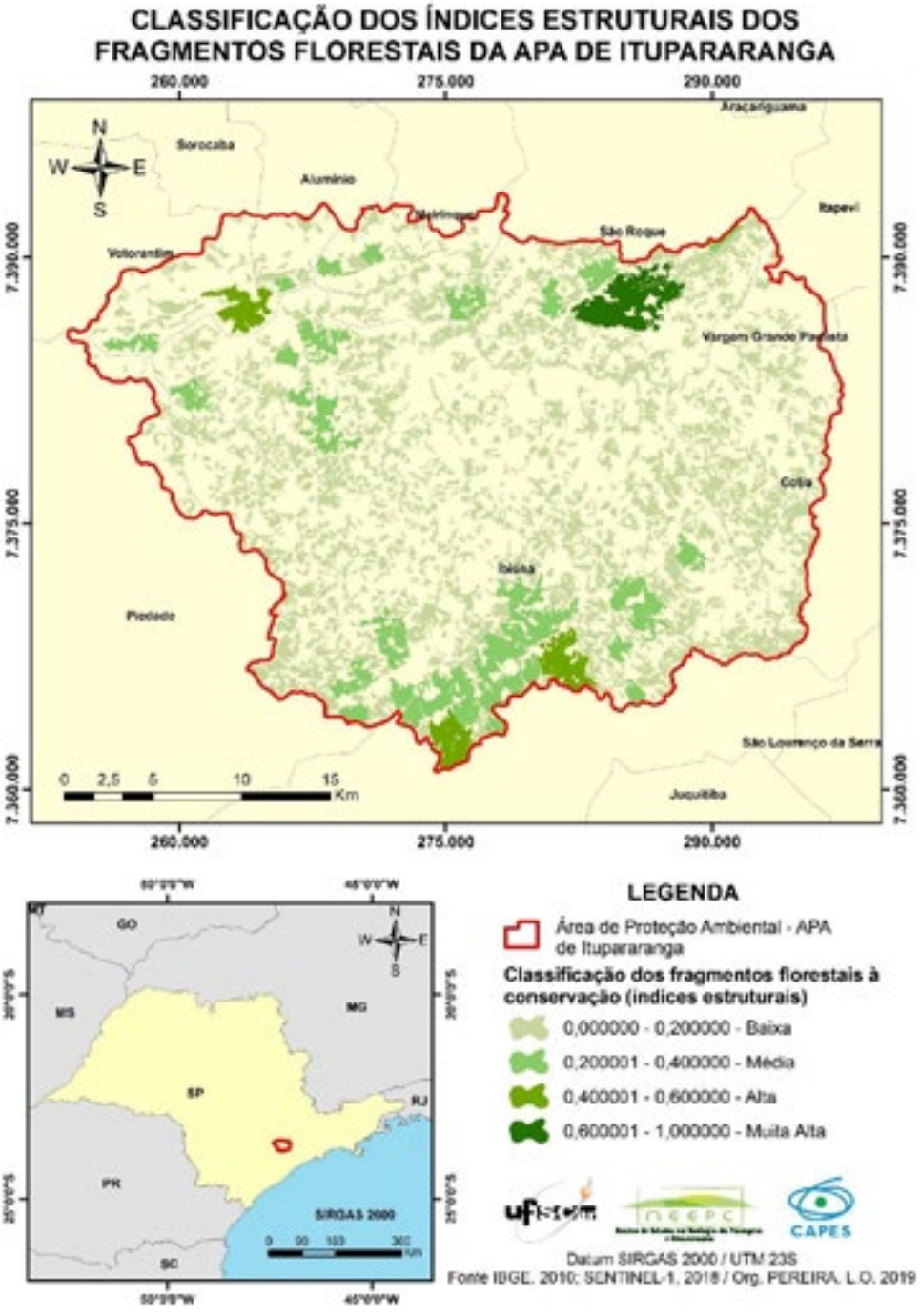


Figura 1. Classificação dos índices estruturais dos fragmentos florestais da APA de Itupararanga.

Fonte: Org. Autor, 2019.

4 Considerações Finais

A fragmentação de ecossistemas naturais e consequentes habitats é uma das maiores ameaças à biodiversidade no planeta Terra, podendo acarretar na diminuição das populações e extinção de espécies. A APA Itupararanga é considerada uma das áreas paulistas mais importantes para a conservação da fauna, flora e recursos hídricos da Mata Atlântica. Entretanto, mesmo sendo uma área protegida legalmente, sua tipificação como sendo de uso sustentável, permitindo ocupações de usos mistos, pode caracterizar uma condição de zona de tensões de interesses e de fragilidades ambientais.

A aplicação de uma abordagem multicriterial para determinação de um índice estrutural para cada fragmento florestal natural identificado se mostrou útil à compreensão da condição estrutural dos fragmentos, evidenciando um acentuado processo de fragmentação da APA, em que 96,32% dos remanescentes florestais foram classificados como de baixa relevância à conservação, apresentando áreas e áreas-núcleos muito reduzidas e formas irregulares, indicando a necessidade de abordagem especial em futuras estratégias conservacionistas.

A aplicação das métricas da paisagem na análise do padrão espacial da APA Itupararanga pode se consolidar como um valioso instrumento de planejamento e gestão ambiental, ao fornecer discussões de cunho científico sobre as estruturas da paisagem, permitindo, assim, comparações e a determinação de relações entre os padrões das paisagens e seus processos funcionais que possam contribuir para a elaboração de ações efetivas, como a priorização de áreas de interesse para a conservação, restauração florestal e implantação de elementos de conectividade, como corredores e trampolins ecológicos.

5 Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Núcleo de Estudos em Ecologia da Paisagem e Conservação (NEEPC) da UFSCar.

6 Referências Bibliográficas

BENTRUP, G. **Conservation Buffers: Design Guidelines for Buffers, Corridors, and Greenways**. General Technical Report SRS-109. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southern Research Station, 2008.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics**, 34, 2003. 487–515.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. Wiley & Sons Ed., New York. 1986.

FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Ituraparanga**.2010. Disponível em <https://bit.ly/2GWrvrr>. Acesso em: 13 jan. 2019.

INPE - INSTITUTO NACIONAL PESQUISAS ESPACIAIS. **SPRING: Tutorial de Geoprocessamento**. 2006

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, v.33, n.1, p.159-174, 1977

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da Paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 423 p. Tradução de: Hermann Kux.

LIMA, R.N.S. **Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicadas no mapeamento e análise de fragmentos florestais no município de Juiz de Fora - MG em 1987 e 2008**. Faculdade de Engenharia UFJF. 2010, 123p.

MAILLARD, P. **Texture in High Resolution Digital Images of the Earth**. Tese de Doutorado-Department of Geographical sciences and Planning, University of Queensland, Brisbane, Austrália, 2001, 348p

MALCZEWSKI, J. **GIS and multicriteria decision analysis**. New York: J. Wiley & Sons, 1999. 392 p.

MARTINES, M. R. et al. Spatial Analysis to Identify Urban Areas with Higher Potential for Social Investment. **Journal Of Geographic Information System**, [s.l.], v. 09, n. 05, p.591-603, 2017. Scientific Research Publishing.

MELLO, K. **Análise espacial de remanescentes florestais como subsídio para o estabelecimento de unidades de conservação**. Dissertação de Mestrado - Pós Graduação em Diversidade Biológica e Conservação. 2012. 82p.

METZGER, J. P. Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.71, 1999, p.445-462.

METZGER, J. P. Relationships between landscape structure and tree species diversity in tropical forests of south-east Brazil. **Landscape and Urban Planning**, v.37, n.1, 1997, p.29-35.

MORAES et al. Análise da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Almada (BA) com base na fragmentação da vegetação. **Caminhos de Geografia Uberlândia**, v. 13, n. 41 mar/2012 p. 159–169.

MOURA, A. C. Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano. 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014. 286 p.

PRIMACK, R.B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**, Editora Planta, Londrina, 2001, 327p.

REZENDE, C.l. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. Perspectives In **Ecology And Conservation**, [s.l.], v. 16, n. 4, p.208-214, out. 2018. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.pecon.2018.10.002.

RIBEIRO, M.C.; et. al. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, n.6, 2009, p.1141-1153.

RODRIGUES, E. Efeito de bordas em fragmentos de floresta**. Cadernos da Biodiversidade**, Curitiba, v. 1, n. 2, 1998, p. 1-5.

RUSCA, G. G. et al. Análise espacial dos fragmentos florestais no entorno de uma unidade de conservação de proteção integral. **Rev. Brasileira de Ciências Ambientais (online)**, [s.l.], n. 44, p.85-94, jun. 2017. Zeppelini Editorial e Comunicacao.

RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Unidades de conservação brasileiras. M**egadiversidade**.v.1, n.1, p.28-35, 2005.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology**, v.5, n.1, 1991. p.18-32.

SILVEIRA FILHO, B. Análise de paisagem: Fragmentação e mudanças. 1998

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais**. Série Técnica IPEF, v.12, n.32, p.25-42, 1998.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

INFLUÊNCIA DAS RODOVIAS NO DESMATAMENTO DO BIOMA AMAZÔNIA

Railan Pinto da Silva [(a)], Genival Fernandes Rocha [(b)], Eduardo Queiroz de Lima[(c)], Adria Hélene da Costa Nunes[(d)], Natalia Batista e Silva[(e)], Gabriela Sousa Caric[(f)], Daguinete Maria Chaves Brito[(g)]

[(a)] DFCH, Universidade Federal do Ampá, railam452@gmail.com; [(b)]DFCH, Universidade Federal do Ampá,genival.rocha@unifap.br; [(c)]DFCH, Universidade Federal do Ampá, eduqlima@unifap.br; [(d)]DFCH, Universidade Federal do Ampá, adriahelene7@gmail.com; [(e)] DFCH, Universidade Federal do Ampá, nataliabatista_silva@hotmail.com; [(f)] DFCH, Universidade Federal do Ampá, Gabrielascaric@gmail.com; [(g)] DFCH, Universidade Federal do Ampá, Dagnete@uol.com.br

Eixo:

Resumo

O Bioma Amazônico é o maior da América do Sul, o desmatamento de suas florestas e a perda de biodiversidade vem se tornando cada vez mais preocupante, por outro lado o monitoramento vem sendo realizado sistematicamente por meio do Projeto Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite-PRODES. Porem os condicionantes dos desmatamentos são diversos, esta pesquisa faz uma análise da proximidade dos desmatamentos com as rodovias dentro do bioma. E coloca as vias de escoamento como destaque dentre os condicionantes, com aproximadamente 90% dos desmatamentos ocorrendo num raio de 50km das rodovias mostrando assim que esses equipamentos tem um grande peso no processo de desmatamento deste bioma e que é necessário políticas para o controle e fiscalização do desmatamento.

Palavras chave: PRODES, Bioma, Amazônia, Desmatamento, Rodovias

1. Introdução

O Bioma Amazônico é o maior bioma da América do Sul, cobre uma área que vai do oceano Atlântico a Cordilheira dos Andes, fazendo parte de nove países da América do Sul, com aproximadamente 70% em território brasileiro (AB'SABER, 1977). No Brasil ocupa áreas nos estados do Pará, Amazonas, Maranhão, Tocantins, Mato Grosso, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima, totalizando 4.196.946 km² (IBGE, 2004).

O desmatamento acarreta diversas consequências para toda a região amazônica, já que este processo provoca mudanças no clima, solo, na fauna, na flora e recursos hídricos. Contudo, existe um consenso mundial da necessidade de preservação da Amazônia, o que exige atenção tanto para o gerenciamento governamental quanto para a reformulação de práticas e usos da natureza que provocam a sua degradação. Esta pesquisa se mostra de extrema importância pois surge com o objetivo de identificar e quantificar o desmatamento em um raio de 50km das rodovias que cortam o bioma Amazônia e que, fazem ligação entre as cidades da região promovendo tanto o deslocamento de pessoas quanto de mercadorias.

2. Materiais e Metódos

O procedimento metodológico teve início na fase de levantamento bibliográfico, que serviu de base para o aprofundamento conceitual (técnicos e científicos) e metodológico. A busca de dados referentes ao desmatamento no Bioma Amazônia baseou-se no site do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES). Os dados referentes às rodovias federais foram retirados da base de dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), órgão responsável pela gestão das rodovias federais no país.

Para o processamento de dados foi utilizado o software QGis, onde o mesmo facilitou o processo de espacialização dos dados referentes ao desmatamento próximo às rodovias federais. Para se classificar o desmatamento como de influência das rodovias foram definidos dois raios de desmatamento das rodovias, sendo eles de 25KM e 50KM. Para esse processo foi utilizada a ferramenta Buffer, posteriormente foram recortadas as áreas desmatadas que estavam dentro dos buffers de 25km e 50km, possibilitando assim o cálculo da área dos arquivos vetoriais, entretanto foi identificado dificuldades nesses cálculos devido aos vários paralelos que cortam o bioma Amazônia, para a resolução desse problema encontrou-se a projeção de Albers, sendo a mesma uma projeção cônica equivalente com dois paralelos padrões.

3. Resultados e Discussões

O desmatamento na Amazônia brasileira tem aumentado continuamente desde 1991, variando de acordo com as mudanças relacionadas às forças econômicas. É provável que o desmatamento futuro aumente ainda mais rapidamente por causa da constante expansão da rede de estradas. Decisões para construir ou pavimentar rodovias têm consequências de longo alcance, condenando a floresta circunvizinha ao desmatamento (por exemplo, Ferreira et al., 2005; Soares-Filho et al., 2004, 2005 apud Fearnside).

Na figura 1 é possível identificar que o desmatamento no bioma Amazônia é diretamente influenciado pelas rodovias que ligam as cidades, comunidades, vilas, etc. Com isso foi possível perceber que as áreas de influência das rodovias estão em um raio de 25 km do eixo central, com 50 km de raio percebe-se que a influência da rodovia não é tão grande, após esse raio é demasiadamente pequeno o número de e o tamanho das áreas desmatadas. Ainda na figura 1 foi possível identificar que no estado do maranhão o acréscimo do desmatamento no raio de 50km teve um acréscimo de 35% sendo superior até mesmo ao estado do Pará que em quantidade desmatada é de 3 milhões de hectares, mas em porcentagem é de apenas 11%.

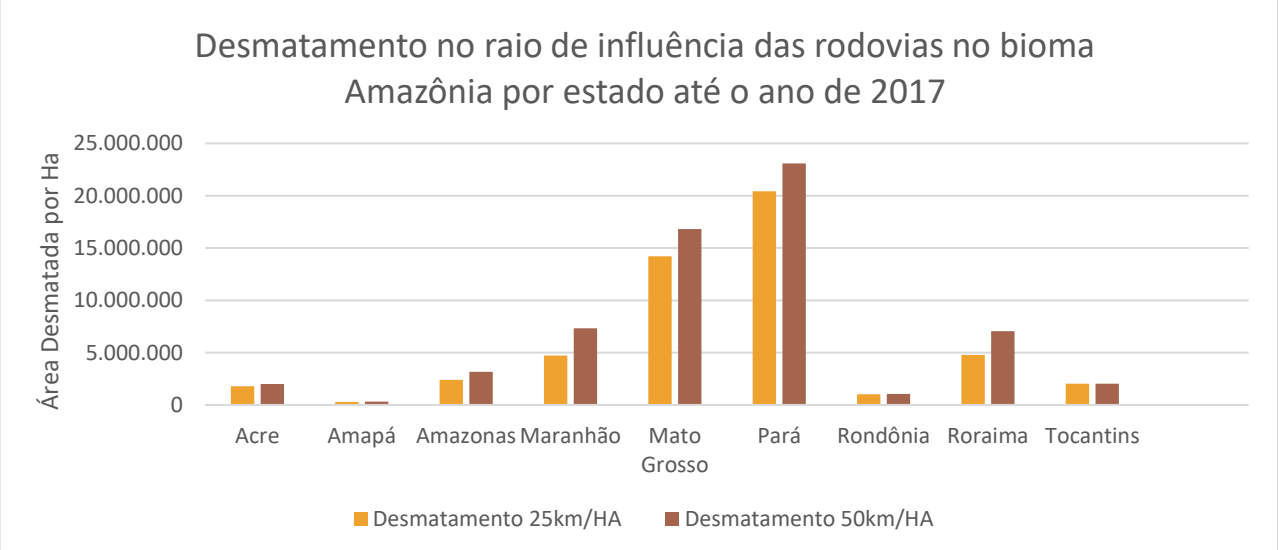


Figura 1: Desmatamento no raio de influência das rodovias no bioma Amazônia por estado até o ano de 2017

Na Figura 2 foi possível identificar espacialmente como está disposto o desmatamento no bioma Amazônia. É possível identificar que existe um grande trecho desmatado que ocorre entre o extremo leste do bioma e passa pelo Sudeste, sul e uma pequena parte do Sudoeste, contudo é plausível de se justificar esse desmatamento devido a temporalidade das ações que a sociedade vem provocando nos estados que compõe está extensão onde maior parte no bioma Amazônia sofreu desmatamento.

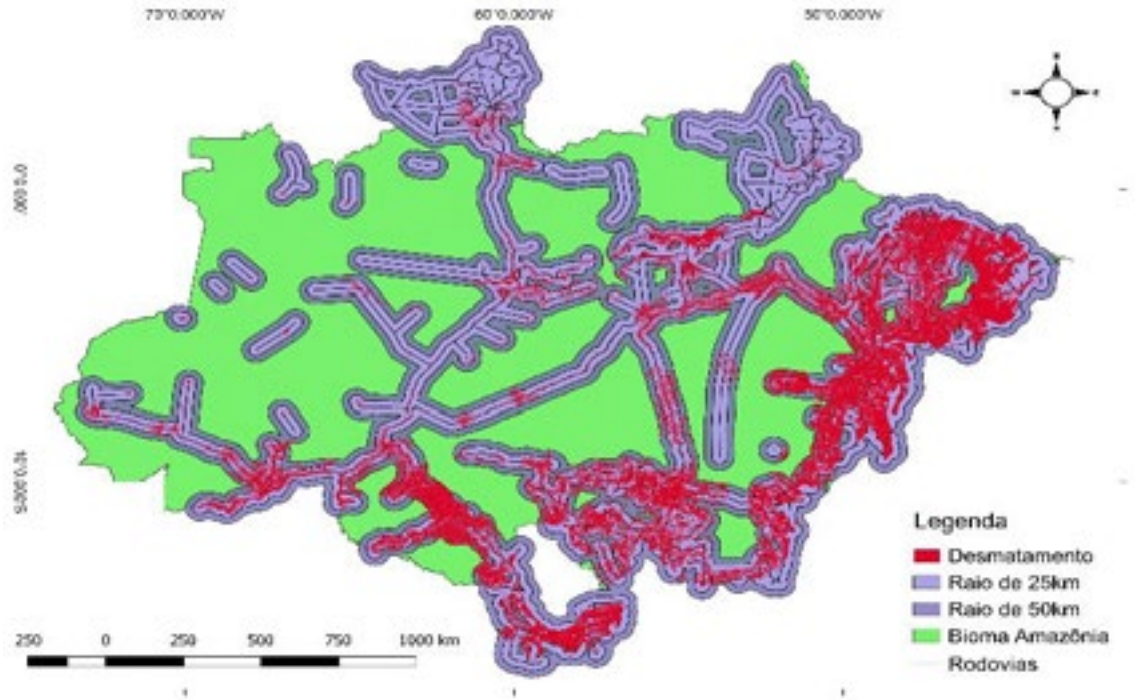


Figura 2: Mapa do desmatamento nas áreas de influência das rodovias que cortam o bioma Amazônia

4. Considerações Finais

Foi possível concluir com esta pesquisa que aproximadamente 90% do desmatamento no bioma Amazônia acontecem em uma raio de 50km do eixo principal das rodovias, no que se refere ao raio de 25km aproximadamente 75% do desmatamento feito na Amazônia ocorreu nesse setor, isso pode ter se dado durante o período da ditadura militar onde foram criadas várias políticas de incentivo a ocupação da Amazônia, para isso foi necessário a

criação de meios para ligar a Amazônia com o resto do país, isso fez com que o surgimento de rodovias para o avanço urbano se mostrasse de extrema importância na Amazônia.

Contudo a rodovias tem uma área de influência no processo de desmatamento, devido ao fluxo de pessoas, cargas, materiais produzidos e importados. Outro fator de extrema importância para o desmatamento da Amazônia é o crescimento urbano. Foi possível também concluir que as geotecnologias e o SIG são ferramentas de extrema importância para a detecção e monitoramento dos focos de desmatamento na Amazônia e que são necessárias políticas para a proteção da fauna e da flora no raio das rodovias.

Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios morfoclimáticos na América ao Sul**. São Paulo, Instituto de Geografia da USP, 1977. (Série Geomorfologia, 52).

IBGE. 2004. **Mapa de Biomas do Brasil. Escala 1:5.000.000**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm> acesso em: 01 de out. 2018.

FEARNSIDE, Philip M. **Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle**. Acta Amaz. [online]. 2006, vol.36, n.3, pp.395-400. ISSN 0044-5967. http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Influência de Fossas Sépticas e Rudimentares na Contaminação da Água Subterrânea na Cidade de Fortaleza-CE.

Filipe da Silva Peixoto [(a)]

[(a)] Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Email: felipepeixoto@uern.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Esta pesquisa busca investigar a relação entre a situação sanitária e a qualidade da água subterrânea, usando concentrações de compostos nitrogenados. O aquífero estudado é do tipo livre e se encontra situado em uma zona peri-urbana da cidade de Fortaleza (NE Brasil). Através de dados do censo do IBGE (2010), foi analisado o número de domicílios ligados a fossas sépticas e fossas rudimentares. A qualidade da água subterrânea foi avaliada baseada em compostos nitrogenados ($N\text{-}NH_3^+$; NO_2^-; $N\text{-}NO_3^-$), pH sólidos totais dissolvidos (TDS). Os resultados apontam que a qualidade da água subterrânea é influenciada pelo esgoto doméstico. As mais altas concentrações de nitrato estão associadas a maior ocorrência de fossas sépticas e rudimentares. Foi observado também que a maior concentração de nitrato e nos setores interfluviais.

Palavras chave: Hidrogeografia; Aguas subterrâneas; Aspectos sanitários.

1. Introdução

O esgoto doméstico possui uma grande quantidade de compostos orgânicos e alta variabilidade de composição. Huang et al. (2010) atesta que por volta de 64% do esgoto doméstico é formado por matéria orgânica. Assim, compostos nitrogenados, principalmente o nitrato, se tornam os contaminantes mais críticos nas águas subterrâneas no meio urbano, e estão geralmente ligados ao esgotamento sanitário ineficiente (BARRETT et al., 1999; FOSTER & CHILTON 2004). O nitrato não pode ser removido da água por tratamento convencional, além disso ele pode provocar complicações na

saúde humana como câncer, abortos, aumento da mortalidade infantil, dores abdominais e diarreia (ZAHO et al., 2012; EBRAHIMI; ROBERTS, 2013).

Na América Latina a poluição da água é um sério problema, especialmente devido a ineficiência da serviço sanitário, o qual não acompanha o crescimento das cidades (TUCCI, 2008). Nesse contexto, o Brasil experiencia uma crise aguda. “as áreas mais críticas estão localizadas próximas áreas de região metropolitanas, onde a qualidade da água se encontra mais pobre devido a lançamento de esgotos sem tratamento”(MMA, 2006, p. 54). Somente 57,6% dos municípios brasileiros possuem coleta de esgotamento sanitário, e 70% do esgoto coletado não é tratado (MCIDADES, 2018).

No Brasil, as áreas periurbanas possuem pouca cobertura do serviço de coleta de esgoto. Nessas áreas, a presença meio alternativos de esgotamento sanitário oferecem grandes riscos a contaminação da água subterrânea, sobretudo de aquíferos livres, que são mais vulneráveis a contaminação (Peixoto et al. 2018). Nesse estudo, buscou-se investigar a relação entre o densidade de fossas sépticas e rudimentares/km^2 com a qualidade da água subterrânea para compostos nitrogenados.

2. Materiais e métodos

O estudo foi realizado em uma área periférica da cidade de Fortaleza - CE (Figura-1) e corresponde a 4 sub-bacias continuas, que juntas possuem uma área de 20,9 km^2. A cidade de Fortaleza é atualmente a 5ª cidade mais populosa do pais, e teve 75% de crescimento populacional nos últimos 20 anos (IBGE, 2011).

O sistema hidrogeológico da área analisada corresponde ao Barreiras, formado por rochas areníticas fracas ou não consolidadas com níveis argilosos siltosos e arenosos intercalados de idade Plio-pleistocênica (BRANDÃO, 1998).

Figura 1 -área de estudo

Foi realizado cadastro de poços na área em março de 2016, correspondendo a 64 poços. Os poços foram georreferenciados, e deles foram selecionados 24 poços para amostragem da qualidade da água. Para isso foi utilizado critérios de: I – existência de ficha com perfil litológico e construtivo do poço; II- poços em operação; III – distribuição espacial favorável a krigagem na área de estudo; IV poços utilizados como fonte doméstica de abastecimento.

Foram analisadas concentrações de nitrogênio amoniacal ($N\text{-}NH_4^-$) pH, sólidos totais dissolvidos (STD) nitrito (NO_2^-) e nitrato ($N\text{-}NO_3^-$). As amostras foram conservadas em frascos de polipropileno, a amostra para análise de amônia foi reservada em frasco de vidro fosco, e adicionado reagentes para conservação da amostra, todos os parâmetros foram analisados segundo APHA (1998) no Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal do Ceará (LAGEA/UFC).

A situação sanitária foi estudada por meio de dados do censo demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011). Identificou-se o número de domicílios ligados a fossas sépticas e fossas rudimentares. Os dados foram coletados e vinculados a mapa base de setores censitários. Assim, foi composto um banco de dados georreferenciado para realizar as análises espaciais. Segundo Bernhardsen (1999) a análise especial em Sistema de Informação Geográfica – SIG, é baseada na relação entre os atributos e formas modeladas no sistema, que permite realizar a caracterização espacial dos dados e integrar modelos de relação entre variáveis espaciais.

O SIG tem sido utilizado em muitos estudos de meio ambiente subterrâneo e análise de predição de impactos nas águas subterrâneas, especialmente em ambiente urbano (UMEZAUA et al., 2008; NAS; BERKTAY, 2006, LIU et al., 2013, LEE et al. GURDAK; QI., 2012).

Para quantificar o número de domicílios que utilizam fossas sépticas e rudimentares foi realizada normalização dos dados pela área (km^2) dos setores censitários onde esses domicílios estão presentes (Equação 1):

$$D = n/A \quad \text{Equação 1}$$

D = densidade de domicílios ligados a fossas sépticas e rudimentares; número de domicílios ligados a fossas sépticas e rudimentares; A = área de estudo do setor censitário correspondente.

As análises químicas foram tratadas por meio de estatística multivariada baseada em componentes principais, utilizando o software Andad 2.0, desenvolvido por Sousa e Souza (2005). Os planos fatoriais 1 e 2 obtiveram 70,2 % da variância o que corresponde a um nível de informação significativa para a identificação da relação entre os dados.

3. Resultados e discussão

3.1. Situação sanitaria

O esgotamento sanitário na área urbana consiste em sistema cloacal de coleta e sistema estático. O primeiro realiza a captura de efluentes e transporte deles para estações de tratamento, enquanto o segundo integra as opções alternativas, geralmente de baixo custo econômico, onde os efluentes são dispostos no próprio local de produção. Inclui-se aí as fossas sépticas e rudimentares (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2011).

A distinção entre fossas sépticas e rudimentares é discutida na NBR nº 7229 (ABNT, 1997). As fossas sépticas ou tanques sépticos possuem formato cilíndrico ou prismático que realiza tratamento básico de efluentes via sedimentação, floculação e até digestão. Enquanto as fossas rudimentares são dispositivos que não obedece a norma construtiva, portanto direciona o efluente por meio de buracos com ou sem revestimentos de material de concreto, geralmente pré-moldado. Assim, não possui nenhum mecanismo de mitigação da carga efluente. Por conta do custo relativamente baixo das fossas sépticas, Banana et al., (2015) coloca que elas são soluções viáveis para zonas peri-urbanas com infraestrutura de água servida mas sem coleta de esgoto disponível.

Na área de estudo, 82% dos domicílios utilizam sistemas estáticos de disposição de esgoto, favorecendo a incorporação de compostos nitrogenados nas águas subterrâneas. Este tipo de contaminação foi descrito por Lerner (2002); Foster e Chilton (2004); Almasri (2007), como frequente em áreas peri-urbanas, cuja principal contaminante nas águas subterrâneas é o nitrato (NO_3^-). Estudos em cidades brasileiras realizados por Bernice (2010), Barbosa (2005) e Carneiro et al. (2009), também colocaram as fossa séptica e rudimentar como principal fonte de contaminação por nitrato nas águas subterrâneas urbanas.

No Brasil, a instalação de fossas sépticas não deve exceder o limite de 10 unidades/hectare ou 1.000 unidades/Km^2 (ABNT, 1997). Para o padrão americano essa densidade não deve exceder 15/km^2 (USEPA, 1977). A densidade de fossas possui

relação com a quantidade de fontes potencias de contaminação. Na área de estudo existem 29 (30%) setores censitários que ultrapassaram o limite de 1000 unidade/km^2, em toda área foram identificados 13.188 domicílios ligados a fossas rudimentares, enquanto a quantidade de domicílios ligados a fossas sépticas é de 9.842.

3.2. Qualidade das águas subterrâneas

Os valores analíticos dos compostos nitrogenados apresentaram condições favoráveis a concentrações nitrogênio-nitrato (N-NO_3^-). Por outro lado, nitrogênio amoniacal (N-NH_4^+) e nitrito (NO_2^-) apresentaram valores máximos de 4,7 e 0,3 mg.L^{-1} e foram detectados em 4 e 6 amostras, respectivamente.

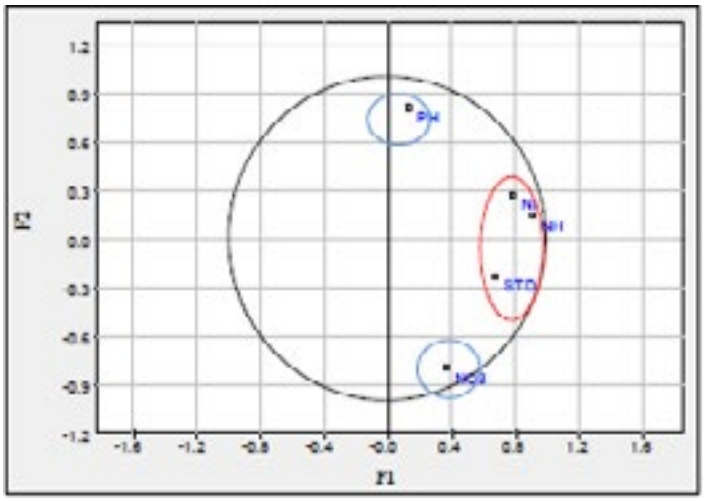
Identifica-se contaminação difusa causada pelo alto número de fontes contaminantes e a persistência de N-NO_3^-. As concentrações maiores sugerem um comportamento difuso no processo de contaminação. (Figura 2). A definição de plumas de contaminação converge para um modelo difuso regional, acompanhando o fluxo das águas subterrâneas (MITCHEL, 2005; HAYASHI et al., 2009; LASSERE et al., 1999).

3.3. Análise do componentes principais

Dados de estatística multivariada mostraram comportamento de correlações para algumas variáveis. A informação do primeiro plano fatorial foi a correlação positiva entre NH_4^+, NO_2^- e TDS (Figura 2). A associação entre NH_4^+ e NO_2^- pode significar contaminação recente de efluentes, pois o resultado dos processos de oxidação preliminar dos compostos nitrogenados corresponde a presença desses íons (WILHELM et al., 1996). Além disso, o agrupamento entre NH_4^+, NO_2^- e STD pode ser resultado da incorporação de cloretos dos efluentes.

As informações contidas no fatorial 2 mostram correlação negativa entre o NO3 e o pH. A diminuição do pH tem uma relação biogeoquímica com a oxidação da matéria orgânica

e contaminação por nitrato (HEM, 1959). Wilhelm et al. (1995) e Liu et al. (2013) sugerem que aumentos na concentração de NO3 nos resultados do modo aquoso são resultado da oxidação do NO2- do que causam a acidificação das águas.



Legenda: NO3 = $N\text{-}NO_3^-$; NI = NO_2^-; NH = NH_4^+

Figura 2 – Correlações dos elementos em planos fatoriais

3.4. Relação entre contaminação por nitrato e distribuição das fossas

A contaminação por $N\text{-}NO_3^-$ foi observada em 41,6% dos poços, algumas amostras apresentam concentrações até 50% acima do valor máximo da legislação, que é de 10 mg/L segundo a Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (MS, 2004) . O setor do interflúvio foi o mais afetado devido às maiores densidades de sistemas estáticos de disposição de esgoto (fossas sépticas e rudimentares), associado a isso as condições mais favoráveis à oxidação potencializa a oxidação da matéria orgânica para $N\text{-}NO_3^-$. Enquanto em áreas próximas aos níveis locais de base (rios e lagoas), há menor potencial de oxidação com predomínio de $N\text{-}NO_3^-$ abaixo de 5 $mg.L^{-1}$ (Figuras 5).

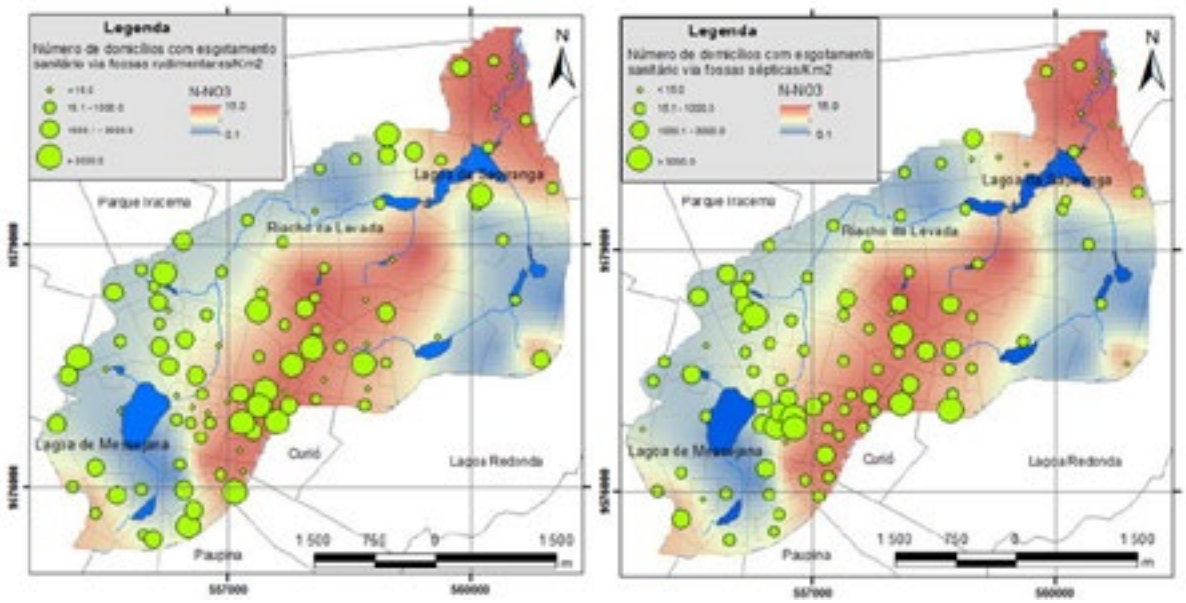


Figure 5 – fossas sépticas e rudimentares e krigagem das concentrações de nitrato

As altas densidades da fossas rudimentares provocaram aumento das concentrações de $N\text{-}NO_3^-$ nas águas subterrâneas. Enquanto a densidade de fossas sépticas, demonstraram menor relação espacial com a contaminação da água subterrânea. Segundo Withers et al. (2012); Meeroff et al. (2008), as fossas de uma maneira geral são dispositivos que representam a principal fonte de contaminantes para efluentes domésticos em áreas urbanas. Tais condições causam a alta concentração de compostos nitrogenados, principalmente de nitrato (OUYANG et al. 2014). Além disso, a capacidade de atenuação é muito variável conforme a manutenção do e tipo do dispositivo (WITHERS, 2014).

4.Conclusion

A situação sanitária exerce influência direta nas concentrações de $N\text{-}NO_3^-$ nas águas subterrâneas. Setores censitários com maiores densidades de domicílios ligados a

fossa séptica estão espacialmente associado à contaminação por nitrato, porém a densidade de fossas rudimentares é mais determinante para essa contaminação.

Existe naturalmente condições locais para maior concentração de nitrato na área de interflúvio que possuem maiores profundidades da zona sub-saturada, e isso favorece a oxidação dos compostos nitrogenados para $N\text{-}NO_3^-$. Como o fluxo de água subterrânea se aproxima de riachos e lagoas, o processo de redução diminui a concentração de nitrato a medida que esses contaminante adentra na zona saturada.

A situação observada nas áreas de estudo ocorre principalmente porque as principais áreas de recarga que correspondem aos interflúvios têm sido mais ocupadas aumentando as fontes potenciais de contaminação. São necessárias ações estratégicas nessas áreas para a proteção da saúde pública e proteção dos aquíferos locais.

Referências Bibliográficas

ABNT. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de janeiro, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 13.969, 1997, p. 60.

ALMASRI, M.N. Nitrate contamination of groundwater: a conceptual management framework. Environmental Impact Assessment Review, n. 27, 2007, p 220 – 242.

APHA. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 19. ed. Washington D.C., American Public Health Association, 1998 p. 541.

BANANA E.; CHIKOTI P.; HARAWA C.; MACGRANAHAN, G.; MITLIN D.; STEPHEN S.; SHERMBRUCKER N.; SHUMBA F.; WALNYCKI A., 2015. Sharing reflections on inclusive sanitation. Environmental & Urbanization, v. 27, n. 1, 2015, p. 19 – 34.

BARBOSA C. F., 2005. Hidrogeoquímica e a contaminação por nitrato em águas subterrâneas no Bairro Piranema, Seropédica–RJ. Campinas-SP, Univ. Estad. Campinas/Instituto de Geoc., Diss. Mestrado, 2005, p. 93

BARRET M.H.; HISCOCK K.M.; DEPLEY S.; LERNER D.N.; TELLAN J.H.; FRENCH M.J., 1999. Maker Species For Identifying Urban Groundwater Recharge Sources: a review and case study in Nottingham, UK. Water Resource, v. 33 n. 14., 1999, p. 3083 – 3097.

BERNHARDSEN T. Geographic Information Systems: an introduction. New York: John Wiley & Sons, ed. 2, 1999, p. 372

BERNICE A.M., 2010. Evolução da Contaminação por Nitrato em Aquíferos Urbanos: estudo de caso em Urânia (SP). São Paulo, USP/Programa pós-graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Diss. Mestrado, 2010, p.141.

BRANDÃO R.L., 1998. Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da região metropolitana de Fortaleza. Sistema de informações para gestão e administração territorial da região metropolitana de Fortaleza. Fortaleza, CPRM, Projeto SINFOR, 1998, p. 88.

CARNEIRO F.A., VASCONCELOS S.M.S., SILVA M.S.V., SANTIAGO, M.M.F. Identificação das fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas do Morro Santa Terezinha, Fortaleza – Ceará. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos 18. Fortaleza: Anais. XVIII SBRH, 2009.

EBRAHIMI, S.; ROBERTS, D. J. Sustainable nitrate-contaminated water treatment using multi cycle ion-exchange/bioregeneration of nitrate selective resin, Journal of hazardous materials, n. 262, 2013 p. 539-44. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2013.09.025

FOSTER S.S.D. & CHILTON O.J., 2004. Downstream of downtown: urban wastewater as groundwater recharge. Jour. Hydrogeology. n. 12, 2004, p. 115-120.

GURDAK, J.J. & QI, S.L., 2012. Vulnerability of recently recharged groundwater in Principle aquifers of the United States to nitrate contamination. Environmental Science and Technology, n. 46, 2012, p. 6004 – 6012.

HAYASHI, T.; TOKUGANA, T.; AICHI, M.; SHIMADA, J.; TANIGUCHI, M. Effects of human activities and urbanization on groundwater environments: Na example from the aquífer system of Tokyo and the surrounding area. Science of the total environmental. n. 407, 2009, p. 3165 – 3172.

HEM J.D., 1959. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. U.S.G.S. Water Supply, paper 1473, 1959, p. 269.

HUANG, M.; LI, Y.; GU, G. Chemical composition of organic matters in domestic wastewater. Desalinization, 2010, n. 262, 2010, p 36 – 42.

IBGE. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro, Inst. brasil. Geogr. e Estatística, in: Características da população e dos domicílios: resultados do universo. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_da_populacao/resultados_do_universo.pdf>. Também disponível em CD-ROM. 2011, Acesso em 10/03/2013.

LEE S.M., MIN K.D., WOO N.C., KIM Y.J., AHN C.H. Statistical models for the assessment of nitrate contamination in urban groundwater using GIS. Environmental Geology, n. 44, 2008, p. 210 – 221.

LERNER D.N. Identifying and quantifying urban recharge: a review. Journal of Hydrogeology, n. 10, 2002, p.143 – 152.

LIU C.W., WANG Y.B., JANG C.S., 2013. Probability-based nitrate contamination map of groundwater in Kinmen. Environmental Monit. Assess., n. 185, 2013, p. 10147 – 10156.

MEEROFF, D.E., BLOETSCHER F., BOCCA T., MORIN F. Evaluation of the water quality impacts of on-site treatment and disposal system on urban coastal waters. Water Air Soil Pollution, n. 192. 2008, p. 11 – 24.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - MS/BRASIL. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade). Brasília-DF, Ministério da Saúde, 2011, p. 34

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018. 218 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA/BRASIL, 2006. Plano Nacional de Recursos Hídricos. In: Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil; Brasília, Min. Meio Ambiente/Secr. Rec. Hídricos, v. 1, 2006, p. 126.

MITCHEL, G. Mapping hazard from urban non-point pollution: a screening model to support sustainable urban drainage planning. Journal of Environmental Management, n. 74, 2005, p. 1-9.

NAS B.; BERKTAY A. Groundwater contamination by nitrates in city of Konia (Turkey): A GIS perspective. Journal of Environmental Management, n. 79, 2006, p. 30-37.

OLIVEIRA, S.M.A.C.; VON SPERLING, M. 2011. Potenciais impactos de esgotamento sanitário na água subterrânea: revisão de literatura. Porto Alegre, Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n. 4, 2011, p. 85 – 108.

TUCCI, C. E. M., 2008. Urban Waters. São Paulo, Estudos Avançados, v. 64, n. 22, 2008, p. 97 – 112.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. Report to Congress: Waste Disposal Practices and Their Effects on Ground Water. EPA - 570/9 - 77-001 United States Environmental Protection Agency USEPA.Washington DC, U.S. Environmental Protection Agency – EPA/Office of Water Supply and Office of Solid Waste Management Programs, doc. 570/9-77-001, 1997.

WILHELM S.R., SCHIFF S.L., ROBERTSON W.D. Biogeochemical evolution of domestic waste water in septic systems: 2. Application of conceptual model in sandy aquifers. Ground Water, v. 34, n. 5, 1996, p. 1-12.

WITHERS, P.J.A.; JORDAN, P.; MAY, L.; JAVIER, H.P.; DEAL, N., 2014. Do septic tank systems pose a hidden threat to water quality? Front Ecology Environment, v. 12 n. 2, 2014, p. 123-130.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

INFLUÊNCIA DOS DADOS DE ELEVAÇÃO NO MAPEAMENTO DE INSTABILIDADE DE VERTENTES

José E. Bonini[(a)], Jurandyr L.S. Ross [(b)], Carlos V. M. Bateira [(c)], Tiago D. Martins [(d)], Bianca C. Vieira [(e)]

[(a)] Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, jose.bonini@usp.br

[(b)] Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, juraross@usp.br

[(c)] Riskam, CEG, ULisboa/FLUP, UPorto, carlosbateira@gmail.com

[(d)] Instituto das Cidades/IC, Universidade Federal de São Paulo, td.martins@unifesp.br

[(e)] Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo, biancacv@usp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O uso de Modelos Digitais de Elevação é uma importante ferramenta para estudos de processos e formas na Geomorfologia. Entretanto, é fundamental que sejam avaliados os dados de origem de tais modelos de forma a melhor entender o resultado final. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise preliminar sobre as implicações de dois MDEs na avaliação da instabilidade de vertentes. Foram utilizados os modelos *TanDEM-DTM* e *Alos Palsar* na avaliação de instabilidade de vertentes a partir da aplicação do Valor Informativo. Os mapas finais foram validados, a fim de identificar o melhor MDE. O melhor desempenho foi obtido pelo MDE TanDEM-DTM, que obteve valor de Área Abaixo da curva *Receiver Operating Characteristics* 0,6% superior ao MDE Alos Palsar. Conclui-se que ambos os modelos são adequados para modelação de instabilidade de vertentes, ressaltando-se a necessidade de utilização de mais de uma métrica de avaliação do desempenho do modelo.

Palavras chave: TanDEM-DTM, Alos Palsar, Valor Informativo, Vale do Ribeira, Itaoca (SP).

1. Introdução

A representação do relevo por Modelos Digitais de Elevação (MDEs) é um importante instrumento nos estudos geomorfológicos, sobretudo as análises morfométricas, pois permitem cálculos mais precisos e rápidos (GROHMANN *et al.,* 2008). Contudo, os MDEs podem ser originados a partir de diferentes tecnologias, como o *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), os dados LiDAR (*Light Detection and Ranging*) e mesmo a partir das tradicionais curvas-de-nível. Cada um desses produtos possui particularidades, níveis de precisão e acurácia distintos, podendo tanto representar exclusivamente o terreno (Modelo Digital de Terreno – MDT), quanto as elevações sobre o terreno, como o dossel florestal e/ou construções prediais (Modelo Digital de Superfície – MDS).

Os estudos geomorfológicos relacionados aos movimentos de massa são um exemplo da adoção desses MDEs, especialmente para avaliar as implicações de determinados parâmetros morfométricos na ocorrência dos processos, ou destinados para fins de elaboração de mapas preditivos, a partir de modelos matemáticos de base física ou modelos estatísticos (DIAS *et al.*, 2016; VIEIRA *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.* 2018).

Alguns trabalhos têm analisado o uso de distintos MDEs nas respostas de métodos de avaliação de instabilidade de vertentes, a exemplo do trabalho de Martins *et al.* (2017) que investigaram os resultados de um modelo de base física quando aplicados MDEs de origens distintas (curvas de nível e LiDAR) e de Sbroglia *et al.* (2018) que avaliaram a performance de um modelo, empregando MDEs com resoluções diferentes (1m e 10m).

Destarte, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise preliminar sobre as implicações de dois MDEs, sendo um o *TanDEM-DTM* e outro o *Alos Palsar*, na avaliação de instabilidade de vertentes.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e Métodos

2.1. Seleção da Área de Estudo

A área de estudo selecionada para estes testes foi a bacia hidrográfica do Rio Gurutuba (4,56 Km²), localizada no município de Itaoca (SP) (Figura 1) e inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape. A área foi fortemente afetada por movimentos de massa entre os dias 13 e 14 de Janeiro de 2014 (cerca de 200mm/2h), quando foram deflagrados centenas de escorregamentos rasos (Figura 2) e corridas de detritos, que atingiram a área urbana de Itaoca (BROLLO *et al.*, 2015; GRAMANI e ARDUIN, 2015).

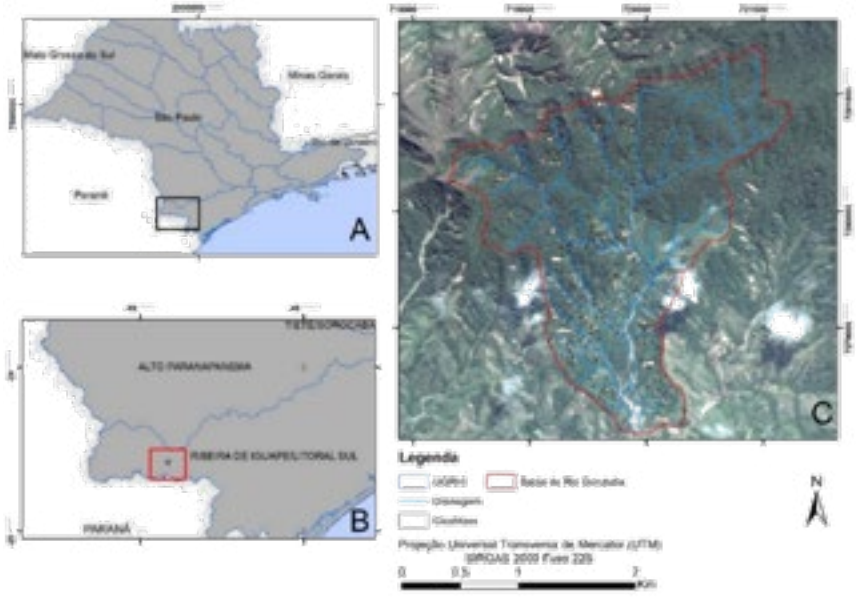


Figura 1: A) Localização da Bacia do Ribeira de Iguape no contexto do Estado de São Paulo; B) Localização da Bacia do Gurutuba (C) Mapa das cicatrizes dos escorregamentos de 2014.

2.2. Dados de Elevação

Foram adotados os MDEs *TanDEM-DTM* e o *Alos Palsar* (Figura 2), ambos com pixel de 12,5 metros. O primeiro é um produto comercial gerado pela Agência Aeroespacial Alemã, a partir de interferometria de radar (KRIEGER *et al.* 2013) e oferecido para aquisição

em dois formatos, um contendo as feições sobre o terreno (MDS) e outro, que exibe apenas os dados de elevação do terreno (MDT). Este último foi aplicado na presente pesquisa. O segundo é um produto da *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA) e da *Japan Resources Observation System Organization* (JAROS), disponibilizado gratuitamente pela *Alaska Satellite Facility*.

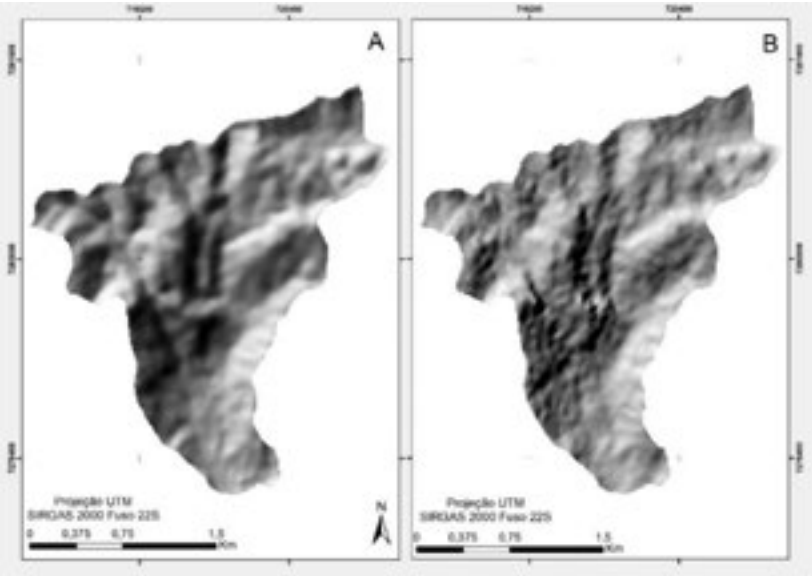


Figura 2: Relevo sombreado da Bacia do Gurutuba a partir do TanDEM-DTM (A) e do Alos Palsar (B).

2.3. Mapeamento da Suscetibilidade a partir do Valor Informativo

O Valor Informativo (VI), utilizado para mapear as áreas mais instáveis do terreno, é um método estatístico bivariado, proposto por Yin e Yan (1988) e aplicado em algumas paisagens (ZÊZERE *et al*., 1997; BATEIRA, 2015; BONINI, 2017; DIAS *et al.*, 2018). O método visa determinar valores de ponderação (*W*) para uma classe *i* de um parâmetro com base na área afetada por escorregamentos na classe *i* (S_i) em relação à área total da classe *i* (A_i), utilizando a Equação 1.

$$W = LN \frac{(Si/Ni)}{(\sum Si/\sum Ni)}$$ **Equação 1**

ISBN: 978-85-7282-778-2

Para sua operação são identificados um conjunto de parâmetros morfométricos tidos como controladores do processo (ex.: declividade). Na presente pesquisa, os parâmetros adotados foram: a declividade das vertentes, a área de contribuição à montante e o *Topographic Position Index* (TPI). Foram gerados dois cenários com o VI, um deles a partir do MDE *TanDEM-DTM* e outro utilizando o MDE *Alos Palsar*.

Para validação dos cenários de instabilidade utilizou-se um inventário de escorregamentos com cerca de 336 cicatrizes elaborado por Carou *et al*. (2017). O número total de cicatrizes foi particionado aleatoriamente em um Grupo Treino e um Grupo Teste, cada um com 50% do total das feições. O Grupo Treino foi utilizado para calcular o Valor Informativo de cada classe dos três parâmetros morfométricos, com as cicatrizes do Grupo Teste ficando de fora da modelação. Foi calculada com o Grupo Treino a Taxa de Sucesso do modelo (CHUNG e FABBRI, 2003), cuja Área Abaixo da Curva (AAC) é uma medida do seu desempenho. Com o Grupo Teste obteve-se a Taxa de Predição, da qual a AAC é métrica para a capacidade preditiva.

De modo a determinar qual o melhor cenário entre os cenários oriundos de diferentes MDEs foi produzida a Curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*) (FAWCETT, 2006) de cada cenário utilizando o inventário completo. Curvas ROC relacionam, para todos os valores de corte possíveis, a Sensitividade (Taxa de Verdadeiros Positivos), *i. e.*, a proporção de positivos corretamente identificados pelo modelo no total positivos, com a Especificidade (1 - Taxa de Falsos Positivos), *i. e.*, a proporção de negativos corretamente classificados no total de negativos. A AAC da curva ROC é uma medida da acurácia geral do modelo, independente dos valores de corte adotados para classificação do mapa final (BEGUERÍA, 2006). Também foram calculados o percentual de Frequência das Classes (F) de cada parâmetro morfométrico e a Concentração de Cicatrizes (CC), que consiste no o percentual de ocorrência de cada classe, de cada parâmetro, no perímetro das cicatrizes.

3. Resultados

3.1 Frequência das classes (F) e Concentração de Cicatrizes (CC)

Em relação ao ângulo de inclinação das vertentes (Tabela I), a classe com maior F foi entre *24º-30º* no MDE *TanDEM-DTM* (27,4%) e de *18º-24º* (26,4%) no MDE *Alos Palsar*. Observou-se tendência de queda no índice F para classes com ângulo acima de 30º no caso do MDE *TanDEM-DTM* e acima de *24º* para o MDE *Alos Palsar*, este último identificando uma maior quantidade de áreas acima de *36º* (5,4% contra 2,1% do MDE *TanDEM-DTM*). Dado que o MDE *TanDEM-DTM* possui apenas dados sobre a elevação, estas diferenças podem ser explicadas pela presença de outros elementos no MDE *Alos Palsar* (ex. árvores), que resultam em distorções quando são derivados os dados de declividade.

Para os parâmetros Áreas de Contribuição e TPI (Tabela I), as classes com maior F e maior CC foram as mesmas nos dois cenários. Para as áreas de contribuição foi observada diferença máxima de F entre os dois cenários na classe de *3000m²-6000m²* (10,2% - MDE *TanDEM-DTM*; 11,6% - MDE *Alos Palsar*). Em ambos os cenários, o maior CC ocorreu na classe *500m²-1000m²* (27,5% - MDE TanDEM-DTM; 26,4% - MDE *Alos Palsar*). A presença de mais cicatrizes em zonas com áreas de contribuição entre 500m² e 1000m² pode ser explicada pela localização destas áreas em terrenos com declividade entre 18º e 30º, intervalo que concentra a maior parte das cicatrizes nos dois cenários.

O TPI apresentou maior diferença de F entre os dois cenários na classe *-0,4 a 0,6* (22,1% - MDE *TanDEM*-DTM; 16,1% - MDE *Alos Palsar*). O maior CC ocorreu em áreas com TPI abaixo de *-0,4* (39,5% - MDE *TanDEM-DTM*; 38,7% - MDE *Alos Palsar*), que representam setores mais baixos da vertente, próximos aos rios. Este maior valor pode indicar

ISBN: 978-85-7282-778-2

que o acúmulo de mais umidade nestes setores seja relevante para a ocorrência dos escorregamentos rasos nesta área de estudo.

Tabela I – Índices F e CC para os cenários gerados pelos dois MDEs

Parâmetro		*TanDEM-DTM*		*Alos Palsar*	
		F (%)	**CC (%)**	**F (%)**	**CC (%)**
Ângulo de Inclinação (°)	< 6	3,4	0,6	4,4	0,2
	6-12	10,8	4,3	12,1	5,0
	12-18	16,8	8,2	20,2	7,5
	18-24	25,3	18,3	26,4	17,9
	24-30	27,4	31,8	22,1	34,7
	30-36	14,3	26,6	9,5	25,1
	> 36	2,1	10,2	5,4	9,6
Áreas Contributivas (m²)	< 500	16,0	8,2	16,6	8,0
	500 - 1000	21,9	27,5	21,5	26,4
	1000 - 1500	15,2	16,8	13,9	18,9
	1500 - 3000	20,2	25,8	19,6	24,1
	3000 - 6000	10,2	10,9	11,6	10,9
	6000 - 12000	5,1	4,1	5,1	3,7
	12000 - 24000	2,8	1,7	2,9	2,9
	> 24000	8,7	5,0	8,8	5,1
TPI	< -0,4	41,5	39,5	43,6	38,7
	. -0,4 - 0,6	22,1	24,0	16,1	25,7
	0,6 - 1	17,8	20,0	20,0	18,3
	1 - 1,8	12,6	12,8	14,5	13,6
	> 1,8	6,1	3,7	5,8	3,7

Para ambos os MDEs, as classes de *24°-30°* e de *30°-36°* apresentaram maior CC (31,8% e 26,6%, respectivamente, no MDE *TanDEM-DTM*; e 34,7% e 25,1%, respectivamente, no MDE *Alos Palsar*), com o índice caindo mais de 15% na classe de declividade mais acentuada (*>36°*) para ambos. Vertentes muito íngremes podem ser menos

ISBN: 978-85-7282-778-2

suscetíveis aos escorregamentos rasos, pois nestas áreas é comum que não haja material suficiente para ser mobilizado pelo processo (MARTINS *et al.*, 2017; DIAS *et al.*, 2018).

3.2 Mapas de suscetibilidade obtidos pelo Modelo do Valor Informativo

O Valor Informativo (VI) obtido a partir da integração das três variáveis geradas com o MDE *TanDEM-DTM* variou entre -2,80 e 1,49 e, no caso do MDE *Alos Palsar*, entre -1,60 e 1,18. As Taxas de Sucesso (Figura 3) indicaram melhor desempenho do cenário gerado a partir do produto *Alos Palsar*, com AAC igual a 69,9% contra AAC de 67,45% obtida pelo cenário produzido a partir do MDE *TanDEM-DTM*, valores considerados abaixo do aceitável para avaliações de suscetibilidade, mas não anulando sua utilidade para a análise da influência dos MDEs nestas avaliações.

A Taxa de Predição indicou que o cenário gerado a partir do MDE *TanDEM-DTM* possui capacidade preditiva aproximadamente 1,3% superior à do modelo produzido a partir do MDE *Alos Palsar*. Os mapas finais (Figura 4) foram classificados de acordo com as quebras na geometria das curvas de predição.

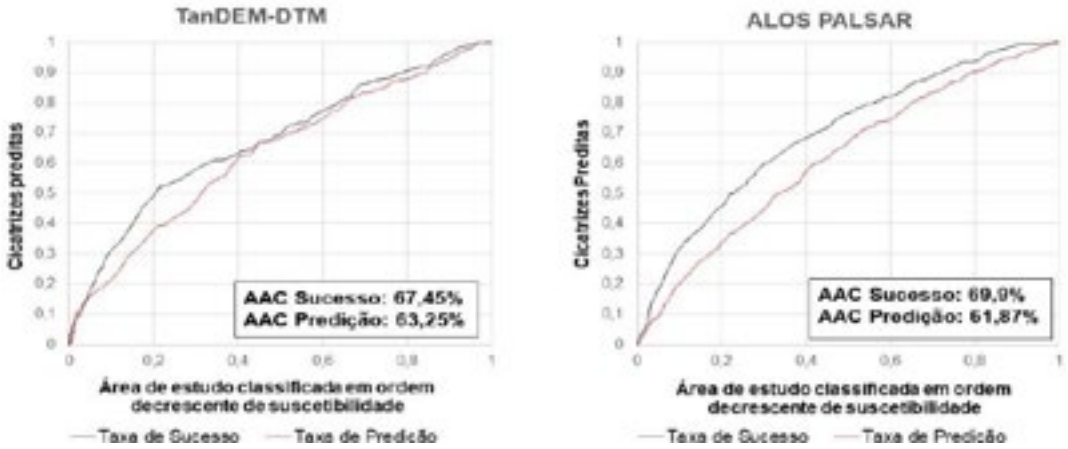


Figura 3: Taxas de sucesso e predição calculadas para os cenários produzidos com os diferentes MDEs.

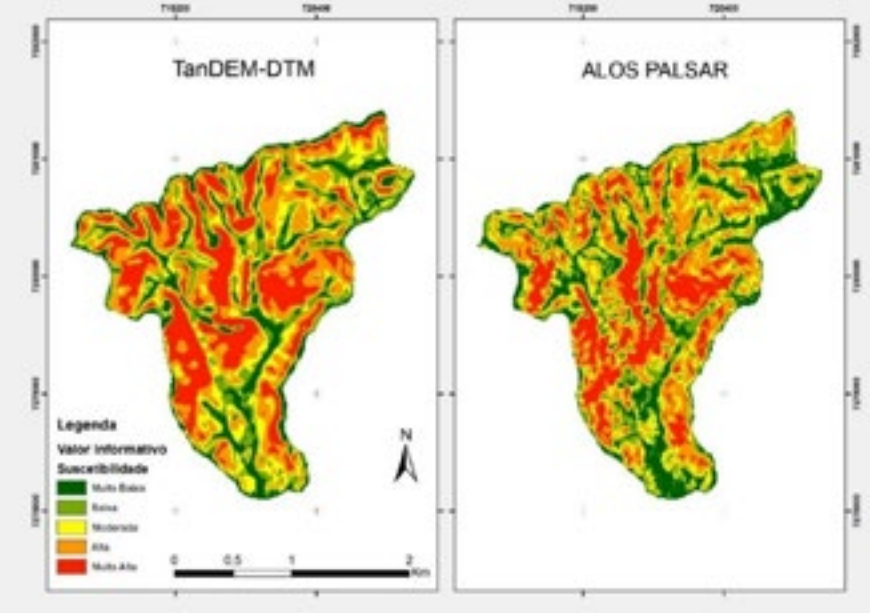


Figura 4: Mapas de suscetibilidade a partir do Valor Informativo gerados por diferentes MDEs

A partir apenas dos valores de AAC das curvas de sucesso e predição não é possível determinar com segurança qual o cenário com melhor desempenho, pois embora seja possível identificar a partir desta métrica se as zonas classificadas como mais suscetíveis são as que concentram mais cicatrizes, ela não fornece informações sobre os tipos de erros (Tipo I e Tipo II), informação crucial para a modelação da instabilidade de vertentes e pode ser obtida através de uma curva ROC (Figura 5).

A AAC ROC calculada para o cenário feito com o *TanDEM-DTM* (66,1%) foi 0,6% mais alta que aquela gerada com o *Alos Palsar* (65,5%). Dado que quanto maior o valor de AAC melhor a acurácia geral do modelo, foi possível determinar como cenário com melhor desempenho aquele obtido a partir do MDE *TanDEM-DTM*.

ISBN: 978-85-7282-778-2

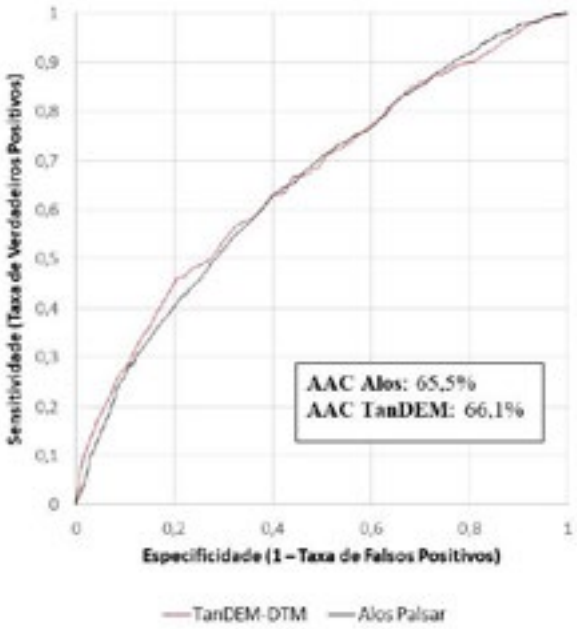


Figura 5: Curvas ROC e valores de Área Abaixo da Curva (AAC) para os cenários gerados com o MDE TanDEM-DTM e o com o MDE Alos Palsar.

4. Conclusões

Embora os índices F e CC tenham variado em cada cenário, houve significativa concordância entre os MDEs na forma como o relevo foi representado. Contudo, o MDE *TanDEM-DTM* tem a vantagem de ser construído apenas com dados referentes à elevação do terreno, podendo ser mais confiável para análises referentes a dinâmica dos escorregamentos rasos; O desempenho do *TanDEM-DTM* foi melhor, entretanto a diferença entre os MDEs é pequena, sendo que na AAC da Taxa de Sucesso o *Alos Palsar* mostrou um percentual melhor enquanto que na AAC ROC o *TanDEM-DTM* apresentou melhor resultado; A Taxa de Predição indicou que o *TanDEM-DTM* possui capacidade preditiva aproximadamente 1,3% superior à do modelo produzido a partir do *Alos Palsar*; Trabalhos futuros poderão empregar outros parâmetros morfométricos, adotados em análise de instabilidade de vertentes, para aprofundar a avaliação da eficiência dos MDEs.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Agradecimentos

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento da pesquisa de Mestrado em andamento. Agradecem também ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física (PPGF) da Universidade de São Paulo e ao Grupo de Pesquisas de Processos Morfodinâmicos e Ambientais (GPmorfo).

5. Referências Bibliográficas

BATEIRA, C. V. M. Geometria dos terraços agrícolas e modelação da instabilidade de vertentes (Vale do Douro – Portugal). **Geousp – Espaço e Tempo** (Online), v.19, n.2, p. 263-284, 2015.

BEGUERÍA, S. Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management. **Natural Hazards**, v.37, p. 315-329, 2006.

BONINI, J. E. Análise comparativa da capacidade preditiva entre dois modelos matemáticos para avaliação de suscetibilidade à escorregamentos rasos: Um estudo de caso em Itaóca (Vale do Ribeira, SP). **Trabalho de Conclusão de Curso**. Graduação em Geografia. Universidade de São Paulo, 2017. 74p.

BROLLO, M.J.; SANTORO, J.; PENTEADO, D. R.; FERNANDES DA SILVA, P. C.; RIBEIRO, R.R. Itaóca (SP): Histórico de acidentes e desastres relacionados a perigos geológicos. **14° Simpósio de Geologia do Sudeste**. Campos do Jordão –SP:1-5. 2015.

CAROU, C. B.; Vieira, B. C.; MARTINS, T. D.; GRAMANI, M. F. Inventário dos Escorregamentos da Bacia do Rio Gurutuba, Vale do Ribeira (SP). **Revista do Departamento de Geografia**, v. 1, p. 172-179, 2017.

CHUNG, C.-J.; FABBRI, A. Validation of Spatial Prediction Models for Landslide Hazard Mapping. **Natural Hazards**, v. 30, n. 3, p. 451–472, 2003.

DIAS, V. C.; Vieira, B. C.; GRAMANI, M. F. Parâmetros morfológicos e morfométricos como indicadores da magnitude das corridas de detritos na Serra do Mar. **Confins (Paris)**, v. 29, p. 1-20, 2016.

DIAS, H.; BATEIRA, C.; PISSATO, E.; MARTINS, T.D.; VIEIRA, B.C. Avaliação da Suscetibilidade a Escorregamentos Rasos com Base na Aplicação de Estatística Bivariada: Resultados Preliminares. **Revista Do Departamento De Geografia**, Volume Especial - II Workshop Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, 34-42. 2018.

FAWCETT, T. An introduction to ROC analysis. **Pattern Recognition Letters**, v. 27, n. 8, p. 861–874, 2006.

GRAMANI, M. F.; ARDUIN, D. H. Morfologia da drenagem dos depósitos de debris flowem Itaóca, São Paulo. 15° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Bento Gonçalves. **Anais do 15° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, Cd-Rom, p.10. 2015.

GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S.S. Aplicações dos modelos de elevação SRTM em geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, p. 73-83, 2008.

KRIEGER, G., ZINK, M., BACHMANN, M., BRUTIGAM, B., SCHULZE, D., MARTONE, M., RIZZOLI, P., STEINBRECHER, U., ANTONY, J. W., ZAN, F. D., HAJNSEK, I., PAPATHANASSIOU, K., KUGLER, F., CASSOLA, M. R., YOUNIS, M., BAUMGARTNER, S., LPEZ-DEKKER, P., PRATS, P., MOREIRA, A. TanDEM-X: A radar interferometer with two formation-flying satellites. **Acta Astronautica** 89. p. 83 – 98. 2013.

MARTINS, T.D.; OKA-FIORI, C.; VIEIRA, B. C.; BATEIRA, C. V. M.; MONTGOMERY, D. R. Avaliação de MDT na Modelagem de Instabilidade de Vertentes. **Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 07-19, 2017.

OLIVEIRA, A.; FERNANDES, J.; BATEIRA, C.; FARIA, A.; GONÇALVES, J. Influence of Digital Elevation Models on Landslide Susceptibility with Logistic Regression Model. **Revista Do Departamento De Geografia**, 36, 33-47. 2018.

SBROGLIA, R. M.; REGINATTO, G. M. P.; HIGASHI, R. A. R.; GUIMARÃES, R. F. Mapping susceptible landslide areas using geotechnical homogeneous zones with different DEM resolutions in Ribeirão Baú basin, Ilhota/SC/Brazil. **Landslides**, v. 1, p. 1-14. 2018.

YIN, K.L; e YAN, T.Z. Statistical prediction models for slope instability of metamorphosed rocks. **International Symposium on Landslides**, Lausanne, 1269-1272, 1988.

VIEIRA, B. C.; FERNANDES, N. F.; AUGUSTO FILHO, O.; MARTINS, T. D.; MONTGOMERY, D. R. Assessing shallow landslide hazards using the TRIGRS and

SHALSTAB models, Serra do Mar, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 77, p. 260, 2018.

ZÊZERE, J. L. Movimentos de Vertente e Perigosidade Geomorfológica na Região a Norte de Lisboa. Lisboa: **Dissertação de doutoramento em Geografia Física**. Faculdade de Letras da Universidade de Lisboa, 1997.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DA COBERTURA E USO DA TERRA DO MUNICÍPIO DE SALOÁ - PE

Gabriella Falcão de Oliveira [(a)], José de Barros Silva Neto [(a)], Fernando da Silva Alexandre [(b)], Lyvia Ramos Souza [(a)], Samuel Othon de Souza Costa [(c)], Renilson Pinto da Silva Ramos [(c)], Daniel Dantas Moreira Gomes [(d)]

(a) Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco, gabriella.gfo@outlook.com, netojose498@gmail.com, fnando257@gmail.com, rsouza.lyvia@gmail.com.
(b) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, fnando257@gmail.com
(c) Centro de Ciências Exatas e da Natureza / CCEN, Universidade Federal da Paraíba, othon.samuel@gmail.com, renilsonr5@hotmail.com.
(d) Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade de Pernambuco, daniel.gomes@upe.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Entender os aspectos físicos da natureza e compreender o comportamento das sociedades com o meio natural e dentro de si mesma é o problema/objeto da ciência Geográfica. Partindo desse pressuposto o presente trabalho objetivou realizar o mapeamento da cobertura e uso do solo do Município de Saloá – PE, visando entender a dinâmica da área do estudo. A partir das técnicas de Geoprocessamento e dados de sensoriamento remoto, em ambiente SIG, tornou-se possível a classificação supervisionada da área de estudo, pela ferramenta *máxima verossimilhança* , das cenas obtidas do *Landsat 8*, encontradas pela *United States Geological Survey – USGS*. Assim, a área de estudo foi classificada em cinco classes de cobertura e uso, resultando – ás em área urbanizada, campestre, corpo d' água continental, florestal e pastagem.

Palavras chave: Geotecnologias; Cobertura e Uso da Terra; Município de Saloá.

1. Introdução

Compreender a dinâmica da natureza e entender a conduta das sociedades com os recursos naturais é o objeto de estudo da Geografia. É, portanto, de interesse da ciência Geográfica apreender como cada sociedade humana estrutura e organiza o espaço físico-territorial em face das imposições do meio natural (ROSS, 1995).

O conhecimento acerca da cobertura e uso da terra é discutido entre os geógrafos e o meio cientifico a bastante tempo, já que proporciona uma base para a compreensão de como o homem transforma o meio natural e a da dinâmica de ocupação da terra (IBGE, 2013). Com crescimento populacional desordenado, tornaram imprescindível a investigação e mapeamento da cobertura e uso da terra para o entendimento dos padrões de sistematização do espaço, decorrente das inúmeras modificações e impactos ambientais executados pelo homem por uso inadequado.

A intensificação e a diversificação de usos da terra têm levado a mudanças rápidas nos ciclos biogeoquímicos, nos processos hidrológicos e na dinâmica das paisagens, os quais, por fim, influenciam o bem estar humano (KOK, 2007). O conceito de "terra" consiste no segmento da superfície terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, atmosfera, solos, substrato geológico, hidrologia e atributos resultantes das atividades antrópicas (FAO, 1976).

Segundo Rosa (2009), o estudo do uso da terra consiste em buscar informações e conhecimentos para conseguir distinguir os vários usos que são destinados, por interferência antrópica, ou das categorias de vegetação presentes no meio natural que revestem o solo.

Com o surgimento do Geoprocessamento e a utilização do sensoriamento remoto de imagens orbitais, se tornou significativamente mais fácil realizar mapeamentos de cobertura da terra, já que as cenas orbitais permitem uma visão sinótica, repetitiva e holística da paisagem (CREPANI, 2013). Assim quando se tem a necessidade de se trabalhar com uma grande quantidade de dados georreferenciados, o melhor meio é o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) em conjunto com o Geoprocessamento, que propiciará uma melhor visualização dos dados e facilidade no seu manuseio, permitindo assim uma análise integrada dos dados (ALEXANDRE et al., 2016; FITZ, 2008; ROSA, 2009).

Está pesquisa tem como finalidade elaborar o mapeamento da cobertura e uso da terra do município de Saloá – PE, a partir de uma escala semidetalhada.

2. Material e Método

2.1 Objeto de estudo

O município de Saloá situa-se na Microrregião de Garanhuns do estado de Pernambuco, com as coordenadas 08°58'33'' de latitude sul e 36°41'15'' de longitude oeste (figura 1). Sua extensão territorial abrange uma área de 295,8 Km², com uma densidade demográfica de 60,73 hab\km².

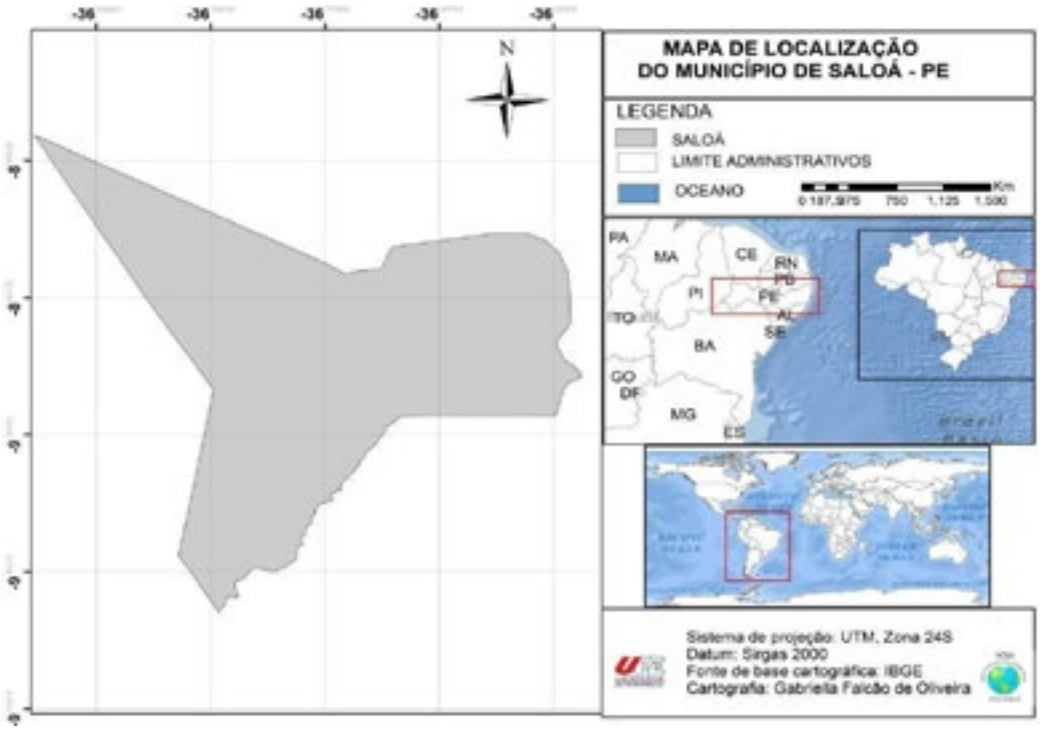


Figura 1 – Mapa de localização do objeto de estudo.

2.2 Materiais

Inicialmente, fez-se o levantamento bibliográfico, acerca de livros, revistas, artigos, dissertações e trabalhos técnicos e demais matérias necessários para apreensão do conhecimento, e desenvolvimento da pesquisa. Em seguida foi feito o levantamento de material cartográfico e coleta de imagens orbitais para criação do banco de dados.

Posteriormente, utilizou-se as cenas obtidas a partir do satélite *Landsat 8*, cedidas pela *United States Geological Survey – USGS*, empregou a cena LC08_L1TP_215066_20181021_20181031_01_T1, datada em 21 /10 /2018. Nesse estudo fez-se utilização das bandas 4, 5 e 6 com Sensor OLI (*Operational Land Imager*) de 16 bits, apresentado uma resolução espacial de 30 metros.

2.3 Processamentos dos dados

O processamento digital das imagens foi realizado no software ENVI versão 5.1 e para geração de dados espaciais e produção do mapa temático utilizou o software ARCGIS versão 10.4. As imagens foram corrigidas geometricamente para o Datum SIRGAS 2000, sistema de projeção UTM, Zona 24S e posteriormente efetivou-se a correção radiométrica, de cada uma das três bandas utilizadas. De acordo com Meneses e Almeida (2012), esses procedimentos são chamados de pré-processamento, os quais são funções operacionais para remover ou corrigir os erros e as distorções introduzidos nas imagens pelos sistemas sensores devidos a interferências da atmosfera (erros radiométricos) e à geometria de imageamento (distorções geométricas).

A correção radiométrica foi executada no software ENVI 5.1, empregando-se da ferramenta *Quick Atmospheric Correction,* resultando uma imagem de saída retificada radiometricamente.

Em seguida realizou-se as composições RGB com as bandas 654, respectivamente, nas imagens do *Landsat 8*. Essa composição permitiu imagens com falsa cor. Após isso, efetivou o recorte da área de interesse de estudo.

Para efetuação do mapeamento da cobertura e uso do solo, observou-se a princípio um reparo no mosaico para identificação previa das classes, sendo a classificação de acordo com Manual técnico de uso da terra. Foram estabelecidas cinco classes, área urbanizada, Campestre, Corpo d' água Continental, Florestal e Pastagens. Com as classes estabelecidas, iniciou-se o método de classificação supervisionada, que consiste na identificação dos elementos presentes na cena e a associação de cada um de seus pixels a refletância de uma feição previamente determinada (FITZ, 2008). O método utilizado na classificação supervisionada foi o da *máxima Verossimilhança ou MAX-VER*, que é um dos mais utilizados atualmente, por permitir que o "operador" escolha feições conhecidas e representativas de cada classe para que o software calcule por probabilidade toda a cena e dê o resultado (FITZ, 2013). Para uma melhor classificação foi definido 70 amostras espectrais para cada classe, totalizando 350 polígonos.

Após a de classificação criou- se um novo *shapefile* no programa Envi, que logo em seguida foi exportado para o software Arcgis, para geração de dados espaciais e confecção do mapa temático.

2.4 Taxonomias de cobertura e uso da terra.

As áreas urbanizadas são definidas, segundo o (IBGE, 2013), como áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas.

A classe de vegetação campestre inclui formações vegetais de pequeno porte, com estrato predominantemente arbustivo e esparsamente distribuído. Nesta classe se incluem as Savanas, estepes, Savana-estépica e Refúgios Ecológicos (IBGE, 2013).

O corpo d'água continental refere-se aos corpos d'água naturais e artificiais que não são de origem marinha, tais como: rios, canais, lagos e lagoas de água doce, represas, açudes, etc (IBGE, 2013).

A classe florestal corresponde a áreas florestais com formações arbóreas superior a 5 m, incluindo-se aí as fisionomias da Floresta Densa. (IBGE, 2013).

Pastagem é a área destinada ao pastoreio do gado, formada mediante plantio de forragens perenes ou aproveitamento e melhoria de pastagens naturais. A atividade que se desenvolve sobre essas pastagens é a pecuária em que se procura unir ciência e tecnologia. (IBGE, 2013).

A metodologia empregada nesta pesquisa pode ser mais bem observada no fluxograma abaixo (figura 02).

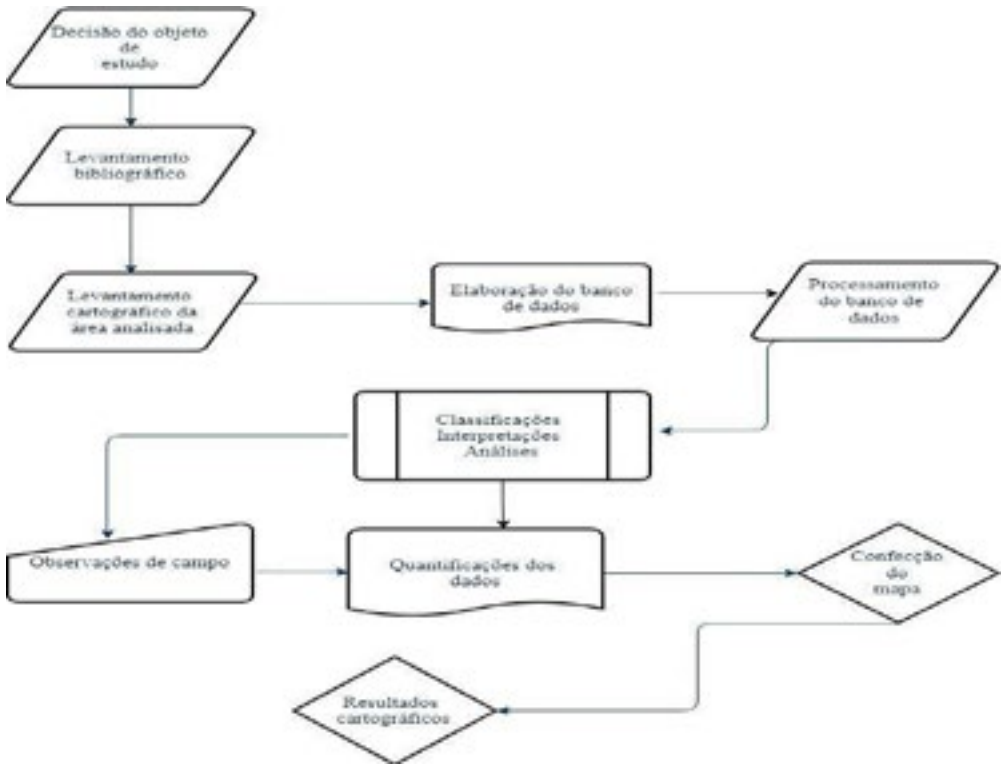


Figura 02 – Etapas para o desenvolvimento do trabalho.

3. Resultado e Discussão

Após a realização da classificação supervisionada, notou-se a espacialização das classes no município de Saloá – PE, em que se conseguiu distinguir a distribuição da cobertura e uso do solo do município na figura 3. A resolução espacial das cenas *Landsat 8* e a definição da escala de 1: 100.00 apresentou umas das causas essenciais para uma boa classificação.

Na tabela I é possível verificar as áreas obtidas a partir das cinco classes apresentadas no mapeamento, encontra-se também no gráfico (figura03) a comparação da área de cada classe.

Tabela I - Área obtida em cada classe, km²/%.

Classes	Àrea em Km² /%
Área Urbanizada	1,19/ Menos de 1%
Campestre	37,57/ 15%
Corpo d' Continental	4, 76/ 2%
Florestal	75,18/ 30%
Pastagem	133,18/ 53%

IBSN: 978-85-7282-778-2

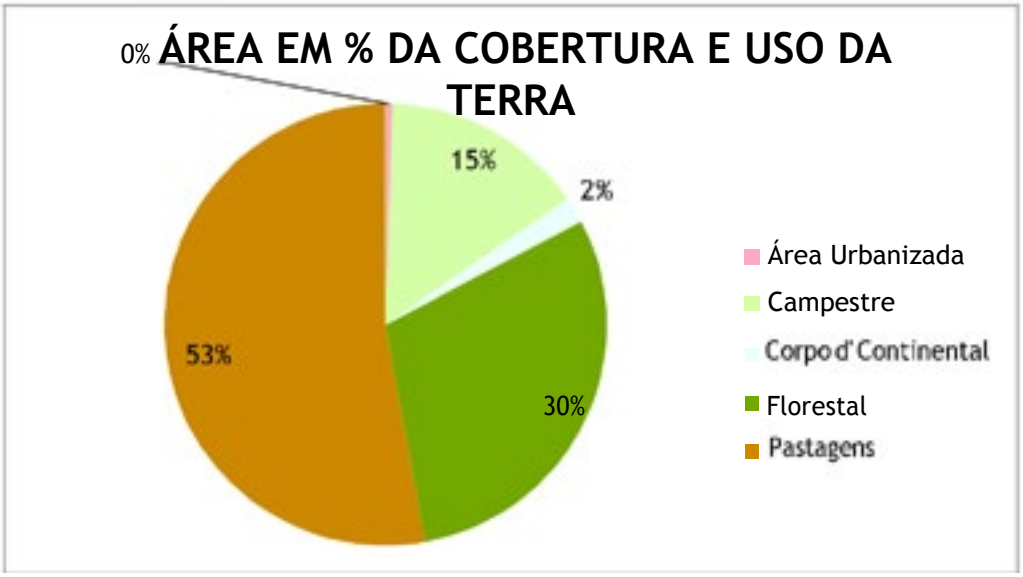


Figura 03 - Gráfico com a área que cada classe ocupa.

O município de Saloá apresentou intermediárias variações na cobertura e uso da terra, conforme a figura 04. De acordo com dados gerados observou que a área urbanizada obteve 1,19 Km², a Campestre 37,57 km², o corpo d'água continental 4, 76 km², a florestal 75,18 km ² e a Pastagem 133,18 km².

A partir dos dados alcançados tornou-se notório a predominância das pastagens, levando em consideração que a pecuária do local apresenta uma vasta expressão, devido ser a principal fonte de renda dos habitantes desta localidade, assim ocorre a supressão da arborização para expandir o uso das terras para pastagens. Porém percebeu-se que boa parte das áreas destinadas a pecuária apresenta indícios de uma vegetação de médio porte, que é caraterizada como a vegetação campestre.

A área florestal é a segunda classe predominante apresentando cerca de 75,18 km². A elevada taxa de vegetação densa pode ser dada a vários fatores como: Altos índices pluviométricos no ano analisado, áreas que não houve interferência antrópica, declividade, implantação do novo código florestal, irrigação das áreas verdes em determinada localidades.

Observou-se também que a resolução espacial do *RapidEye* não tornou possível o mapeamento dos corpos hídricos com áreas menores de que 25 metros quadrados, sendo a medida limite do pixel.

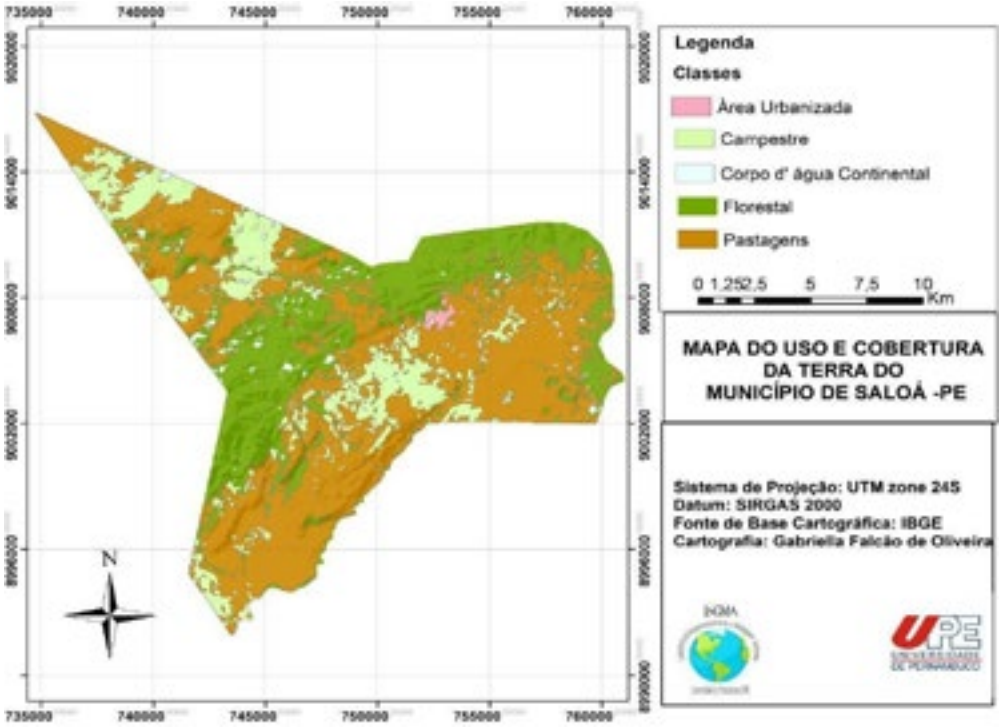


Figura 04 – Mapa do uso e cobertura da terra do município de Saloá –PE.

4. Considerações finais

O estudo acerca do uso da terra possibilitam aos gestores públicos conhecimentos de extrema importância para o gerenciamento e planejamento ambiental, contendo grandes vantagens em relação ao custo. Considerando possibilidades de inclusão dessas informações com outros dados ambientais para aperfeiçoar a caracterização da área de estudo.

Os dados empregados no estudo relacionaram satisfatoriamente com escala trabalhada, portanto para pesquisa mais detalhada não é sugerido as cenas do satélite *RapidEye*, por apresentar baixa resolução espacial.

A aplicação do sensoriamento remoto ligada ao Geoprocessamento, mostrou-se eficiente e preciso para o reconhecimento e mapeamento. Com aplicação da classificação supervisionada e com o método da *máximaverossimilhança*, permitiu a classificação das cenas com alta qualidade, propiciando bons resultado ao trabalho.

Sendo assim, com a efetuação do mapeamento, notou-se o alto índice no município de Saloá de áreas manuseadas para pastagens integradas de áreas campestres. Tal resultado proporcionou que atividade antrópica, essencialmente a pecuária é uma fonte alarmante, apesar dos altos índices florestais, o que pode coloca-los em riscos nos anos seguinte. Ficando assim a necessidade da efetuação de analises multitemporais para um melhor entendimento desse fenômeno da área de estudo.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa do **Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID)** e ao **Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Ambiental – LaGMA**, pelo apoio em todo o decorrer do trabalho.

Referências Bibliográficas

ALEXANDRE, F. S.; RAMOS, R. P. S.; DEUS, R. A. S. G.; MONTEIRO, G. O.; SANTOS, L. V.; GOMES, D. D. M. Geoprocessamento aplicado a análise morfométrica da Sub-bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Mundaú – Pernambuco/Alagoas. Anais do 4º Geoalagoas/ Simpósio sobre as Geotecnologias e Geoinformação no Estado de Alagoas, 19 a 21 de setembro de 2016, Maceió,AL,Brasil: Seplag, 2016.

CREPANI, Edison et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: Inpe, 2001.

FAO, 1976. A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin, n. 29. Rome: Wageningen: ILRI, 1976. 72 p

FITZ, Paulo Roberto. **Cartografia básica**. Oficina de Textos, 2008.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. 3.ed. revisada e ampliada. São Paulo. 2013.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico de uso da terra. Rio de Janeiro: IBGE, 3 ed. 2013.

KOK,K, VERBURG. P.H., VELDKAMP,T.A. Integrated Assessment of the land system: The future of land use. Land Use Policy, 24, p. 517–520, 2007.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. Distorções e correções dos dados da imagem. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T (Org). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: Editora UNB, 2012.

ROSA, R. Introdução ao sensoriamento remoto. – 7 ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

ROSS, Jurandyr L. Sanches (Org.). Geografi a do Brasil. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DE ASPECTOS MORFOESTRUTURAIS NA ANÁLISE DO RELEVO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MOMBAÇA-SP

Clodoaldo Aparecido Barboza Filho [(a)], Emerson Martins Arruda [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia, Turismo e Humanidade/Centro de Ciências Humanas e Biológicas, Universidade Federal de São Carlos UFSCar, clodoaldo.abf@gmail.com.

[(b)] Departamento de Geografia, Turismo e Humanidade/Centro de Ciências Humanas e Biológicas, Universidade Federal de São Carlos UFSCar, emersongeo@ufscar.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O trabalho buscou compreender as influências dos aspectos morfoestruturais na dinâmica e compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Mombaça.. A área de estudos localiza-se na região Sudeste do estado de São Paulo, abrangendo os territórios municipais de Cabreúva e São Roque – SP. A metodologia utilização contemplou a análise geomorfológica, a análise morfoestrutural, a aplicação de técnicas morfométricas de análise do relevo e da rede de drenagem, elaboração de mapas temáticos com o auxílio de programas de geoprocessamento e também trabalhos de campo para a área de estudos. Considera-se que o trabalho possibilitou a identificação e compreensão dos processos associados à evolução do relevo local bem como as influências dos aspectos geológicos e tectônicos na bacia do Rio Mombaça.

Palavras chave: análise morfoestrutural, bacia hidrográfica, geomorfologia

1. Introdução

O presente trabalho discute alguns temas vinculados à ciência geomorfológica, seus métodos e modelos e a aplicação dos mesmos ao estudo de bacias hidrográficas e a evolução do relevo que integra esta unidade espacial. Portanto, mesmo realizando o estudo de um quadrante que

abrange o limite entre unidades geotectônicas, optou-se pela escolha da bacia hidrográfica como escala de análise permitindo que o estudo envolva, de modo coerente, a dinâmica dos processos que atuam em conjunto na mesma. Neste caso, os elementos tectônicos como a análise de falhas e fraturas foram espacializados, buscando-se ainda a análise do papel do clima a partir dos rios que formam a rede de drenagem do rio Mombaça. Sobre os assuntos abordados nesta pesquisa, pode-se dizer que a área estudada traz características muito particulares no que diz respeito aos seus aspectos físicos e climáticos, tendo em vista que esses fatores são os que vão, ao longo do tempo, dando forma e característica na bacia. A área de estudos refere-se à bacia do Rio Ribeirão Mombaça ou também chamado de Guaçu, localiza-se na região Sudeste do estado de São Paulo, e abrange as cidades circunvizinhas de Cabreúva – SP e São Roque – SP. Nesse sentido, o objetivo geral desta pesquisa constituiu-se na análise geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Mombaça. Essa análise foi pautada na identificação dos aspectos morfoestruturais e a compreensão de suas influências na dinâmica e compartimentação do relevo da área.

2. Material e Método

O método adotado na pesquisa foi o da Abordagem Sistêmica. Neste trabalho entende-se o Método como o aporte teórico-filosófico responsável por dar o suporte à problematização da pesquisa bem como a intepretação dos fatos observados. Neste sentido, a Metodologia é entendida como o conjunto de técnicas e seus procedimentos aplicados no decorrer da análise aqui proposta. Os procedimentos metodológicos envolvem uma abordagem indireta e direta do objeto de estudo, sendo, além da revisão bibliográfica e cartográfica: Análise Morfoestrutural - A análise morfoestrutural da bacia foi feita a partir da interpretação dos compartimentos de relevo, e sua relação com as estruturas medidas em campo (falhas e estrias), A análise destes elementos integrados permitiu uma interpretação da evolução morfoestrutural da área e seu reflexo sobre a sedimentação. Em seguida houve a identificação dos lineamentos. Trabalho de Campo – Análise em campo e avaliações de processos ocorrem para uma maior compreensão da dinâmica e espacialização da bacia hidrográfica. Os aspectos mais importantes ou pontos-

chave tiveram suas coordenadas marcadas com o auxílio de um aparelho GPS (Global Positining System).

3. Resultados e Discussão

Devido as características da bacia do Rio Mombaça por estar em um contexto geomorfológico bastante completo, onde situa-se dentro da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, esta região é denominada como Conjunto São Roque, é constituído por metamorfitos do Grupo São Roque e rochas granitóides nele intrusivos, além de sedimentos fanerozóicos e cenozóicos que estão presentes esparsamente. A única intrusiva mesozóica reconhecida é o dique de diabásio de Inhaíba. Os metamorfitos agrupam-se em metapelitos, metapsamitos, rochas calcárias, rochas cosilicatadas e metabasitos Hasui (1975). Segundo o autor, estas litologias sustentam os relevos movimentados dominados por morros e serras, os quais constituem o que se denomina Serrania de São Roque, uma das zonas geomorfológicas que compõem a província do Planalto Atlântico, que toma toda a região sudeste e leste do Estado, Almeida (1964) considera a parte norte da Folha de São Roque como integrante da Serrania de São Roque a meridional como parte do Planalto Cristalino Oriental. Essas zonas geomorfológicas são partes da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico. Como a bacia se encontra em uma região de relevo aguçado, com áreas de forte declividade, podemos citar um exemplo de que há na bacia uma feição geomorfológica muito interessante muito conhecida na cidade de São Roque como Morro Saboó, e que ali se movimenta diversos tipos de visitantes, em sua maioria são religiosos, e ou de caráter específico como sendo pelas suas características geomorfológicas. Percebe-se que a bacia possui diversas peculiaridades que precisam ser destacadas e discutidas. A primeira dela são as falhas à montante da bacia, onde percebe-se que a zona de cisalhamento dextral. Essa feição geomorfológica linear, surge na cabeceira da drenagem, e separa as litologias presentes na área, constituindo a falha transcorrente dextral separa a unidade geológica Votuverava e o Granito Itapevi da unidade Granitóide São Roque e São Roque Formação Piragibu. Na média bacia, uma falha indiscriminada, condiciona e divide as litologias presentes, ainda no Granitóide São Roque há uma falha transcorrente dextral, e mais acima, a uma falha não identificada, que também separa as litologias São Roque, de Formação Piragibu

da São Roque, Formação Romeiros. Mais acima, próxima a jusante, em direção a foz da bacia, visualiza-se outra falha transcorrente, esta falha também separa litologias, neste caso, separa a São Roque Formação Piragibu do Granito Sorocaba. Os principais resultados estão vinculados à influência direta da diversidade litológica encontrada, sobretudo ao Grupo São Roque, composto pelas Formações Pirapora, Estrada dos Romeiros e Boturuna e que pela origem metassedimentar e camadas dobradas influencia o relevo em variações do relevo apalachiano, como abordado por Áb Sáber (1953), influenciando principalmente o paralelismo de alguns vales e interflúvios e também na distribuição influenciando principalmente o paralelismo de alguns vales e interflúvios e também na distribuição das declividades mais elevadas. As litologias encontradas na área foram formadas no Proterozóico (Éon), e algumas falhas transcorrentes no Brasiliano, essas litologias variam entre as idades de 541 à 1479 m. A., com tipologias das mais variadas entre rochas ígneas e metamórficas.

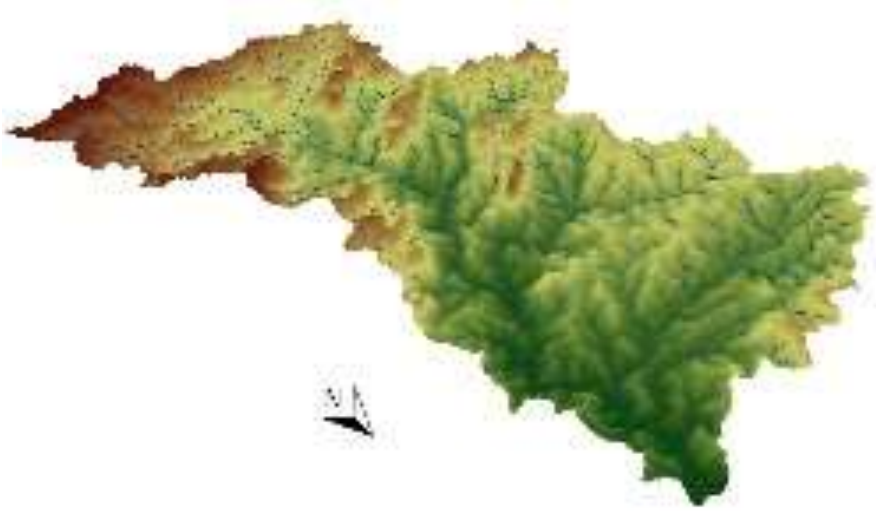


Figura 1 - Modelo numérico do relevo da bacia do Mombaça.

A partir da compreensão dos dados morfotectonicos que contribuíram e ainda contribuem para o modelado do relevo, isso é resultante da influência direta da diversidade litológica encontrada principalmente pelo Grupo São Roque, pois esta litologia está presente na maior parte da minha bacia. Como dito por Áb Sáber (1953), a partir da origem metassedimentar e das camadas dobradas, influenciam o relevo em variações de relevo apalachiano que é a revolução

orogenética que ocorreu na América do Norte no fim do Paleozoico e no início do Mesozoico, pois essa estrutura compreende uma série de dobras com notável paralelismo entre as cristas e os vales. As camadas são constituídas de rochas com durezas alternadas, a drenagem atravessa transversalmente a estrutura regional, o que é característico do Sudeste do Brasil, esta estrutura está sob a direção dos rios mais a montante e consequentemente também a jusante, ou seja, em toda a rede de drenagem, desde a cabeceira até a foz desta, e também como é visto no mapa geológico, bem como os falhamentos presentes na bacia caracterizado pela tectônica. Influenciando assim o paralelismo de alguns vales interflúvios e também na distribuição das declividades mais elevadas.

4. Considerações Finais

Neste sentido, o relevo da bacia hidrográfica constitui de certo modo o resultado dessa correlação de forças, tanto da tectônica como de climas pretéritos e atuais. Assim, os movimentos crustais pré-cambrianos, bem geral associados aos eventos de colisão no Ciclo Brasiliano, tomaram por organizar o conjunto de litologias existentes na região, obviamente um material em profundidade, o qual seria exposto a partir dos processos de denudação ao longo do tempo geológica. A dinâmica climática do Quaternário, refere-se a importante processo escultor do relevo, possibilitando a organização da rede de drenagem, principalmente a partir do Holoceno, desenvolvendo assim a paisagem com as características observadas atualmente.

5. Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. As Altas Superfícies de Aplainamento do Brasil Sudeste. **Boletim Geográfico**, Ano XIII, Maio-Junho de 1955. N. 126, p. 296-300.

AB'SÁBER, A. N.. Ritmo da Epirogênese Pós-Cretácica e Setores das Superfícies Neogênicas em São Paulo**. Geomorfologia**, 13, 1969, p. 1-20.

ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo, USP - Instituto de Geografia, 1964.

HASUI, Y. COSTA, JBS. Neotectônica: fundamentos, métodos e técnicas de análise. In: **Simpósio de Geologia da Amazônia**, 5. Belém, Notas de Curso, 19 p. 1996.

ROSS, J. L. S; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, escala 1:500.000, São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP. 2V. 1997.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DE DETALHE DE FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS E DE COBERTURA DO SOLO CORRELATAS EM ÁREA DE CONFLUÊNCIA FLUVIAL, CHAPADÃO DO SUL, MS

Jaila Raiane Barbosa de Souza [(a)], Lana Mara Silva Teixeira [(b)], Chrystiano Alves de Souza [(c)], Luis Felipe Soares Cherem [(d)]

[(a)] Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF, Universidade Federal de Goiás, raiane.jaila@gmail.com
[(b)] Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - LAPIG, Universidade Federal de Goiás, lanamarast@gmail.com
[(c)] Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF, Universidade Federal de Goiás, chfetgeo@gmail.com
[(d)] Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física - LABOGEF, Universidade Federal de Goiás, luis.cherem@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O processo erosivo em pequenas bacias hidrográficas que drenam áreas ocupadas pela produção de commodities agricolas pode responder rapidamente a alterações no balanço energético em encostas e planícies, acumulando um passivo ambiental de difícil resolução. Nesse trabalho, são mapeadas em altíssima resolução (0,15m) as feições erosivas e deposicionais que são relacionadas a cobertura e uso do solo em uma pequena bacia hidrográfica localizada em Chapadão do Sul (MS). As imagens usadas foram obtidas por levantamento aéreo de VANT e tratadas em ambiente SIG (ArcGis). Os resultados mostram que, no contexto da encosta, são observados preferencialmente processos erosivos laminares em áreas de pastagem, enquanto os lineares foram identificados em áreas de pastagem e solo em pousio. No ambiente fluvial foram identificados quatro ambientes distintos de acordo com a densidade da cobertura vegetal.

Palavras chave: Uso do solo, feições geomorfológicas, Veículos aéreos não tripulados.

1. Introdução

O avanço da agricultura na região centro-oeste iniciada em meados de 1970, por habitantes de várias regiões do Brasil, especialmente do sul, para investir especialmente no avanço da agropecuária, apresentam seus pontos de destaque, atualmente, sendo os eles negativos e positivos. Segundo Paranaíba (2008), o incremento da produção agropecuária tornou-se responsável pela entrada no estado, nos anos 80 do século XX, das principais tradings de commodities agrícolas. A região centro-oeste, lidera a produção de grãos do país, o que resulta diretamente em extensas áreas de terras com solos degradados por ausência de medidas conservadoristas nos cultivos.

O meio ambiente é dinâmico e com muitas facetas e características, algumas dessas podem proporcionar abundância de recursos e outras perda rápida de um recurso, devido a exploração excessiva. Segundo Bertrand (1968), a paisagem é o resultado de interações dinâmicas, portanto instáveis, entre os elementos físicos, biológicos e antrópicos que interagem entre si, formando um conjunto único e indissociável em perpétua evolução. Segundo Silva et al. (2003), a erosão é diferenciada entres as classes de solo, visto que as características morfológicas e físicas principalmente, exercem diferentes influências na resistência do solo à erosão, sobretudo a estrutura, a textura, a taxa de infiltração, a permeabilidade, a densidade e a porosidade. Pensando nisso, alguns solos necessitam de mais medidas de conservação que outros, pois um solo com característica mais arenosa tem uma capacidade de perda de solo maior, resultando em feições erosivas como sulcos, ravinas e voçorocas, além de deposição de material na calha dos rios.

O sensoriamento remoto tem um papel importante no monitoramento ambiental, pois os dados de imageamento são utilizados em diversas áreas do meio ambiente, atualmente previsões de chuvas, temperatura, alertas de queimadas, índices de vegetação, índices de produtividades e outros são estudados a partir de imagens, especialmente de satélites. O sensoriamento remoto orbital tem-se tornado uma ferramenta importante no monitoramento de fenômenos meteorológicos e ambientais, pois proporciona melhor avaliação, manejo,

gerenciamento e gestão dos recursos naturais, como água, solo e vegetação. (BEZERRA et al., 2011). Nos últimos anos, os veículos aéreos não tripulados - Vants têm se tornando um importante campo de pesquisa para o sensoriamento remoto de detalhe, auxiliando o mapeamento de áreas em maior detalhe.

Nesse trabalho, são mapeadas em altíssima resolução (0,15m) as feições erosivas e deposicionais que são, em seguida, relacionadas à cobertura e uso do solo de uma pequena bacia hidrográfica localizada em Chapadão do Sul (MS).

2. Materiais e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Chapadão do sul situada na região norte do Mato Grosso do Sul, o município tem 3.581 Km² de área e população estimada de 24.559, no ano de 2018. A área da confluência compreende parte da bacia hidrográfica do Rio Aporé, o qual divide os Estados de Goiás e Mato Grosso do Sul, e da bacia do córrego Pasto Ruim, localizadas em uma área rural e caracterizada por intensa atividade antrópica, principalmente nas áreas de agricultura e pastagem que se encontram degradadas pelo mau uso do solo.

O município foi povoado a partir dos anos de 1970, a cidade foi colonizada especialmente por habitantes da região sul do país, os quais levaram a afinidade ao cultivo de soja, arroz e milho para Chapadão do Sul. O município está na posição 77° dos 100 maiores produtores do agronegócio brasileiro segundo ranking nacional do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) referente ao PIB dos municípios. Segundo dados do MAPBIOMAS, agricultura do município subiu de 208.264,87 hectares em 1985 para 260.841,84 hectares em 2017.

A confluência entre o Rio Aporé e seu afluente Córrego Pasto Ruim, foi visitada, no dia 28 de setembro de 2017, a fim de investigar situação da área devido ao seu alto grau de

utilização para a agropecuária, levando a região em qual está situada e os efeitos negativos causados nos recursos hídricos. Na área onde foi visto alto nível de degradação ambiental, o local é afetado por diversos impactos do solo resultados de alta utilização desses solos para agricultura e pecuária.

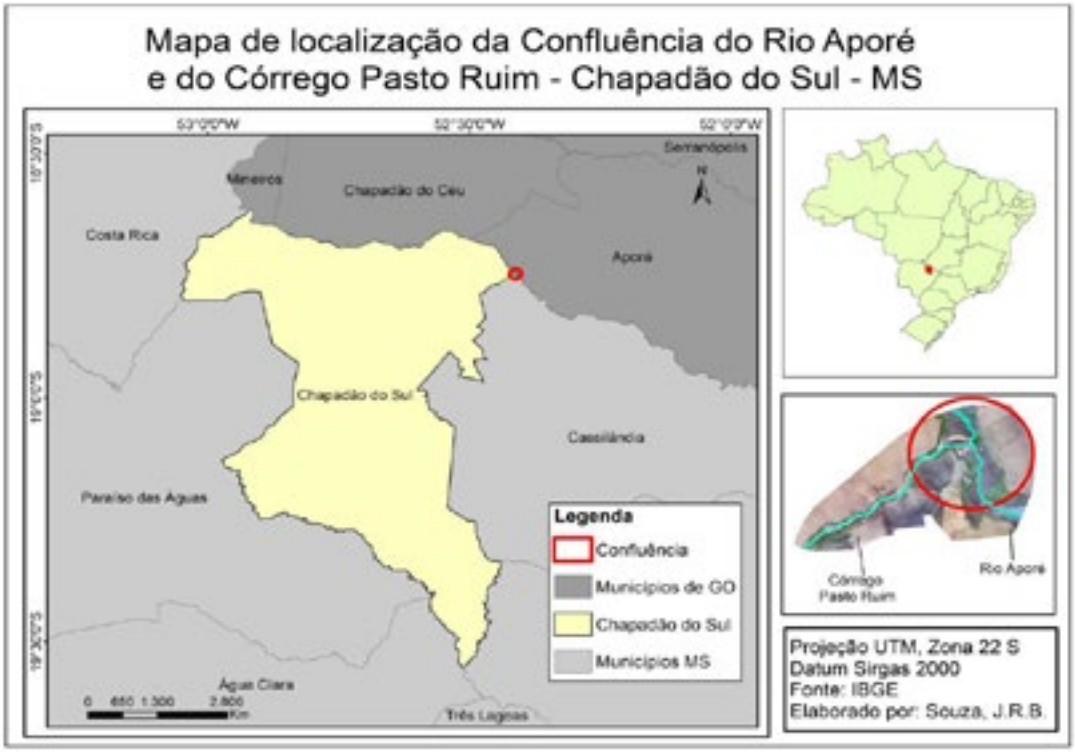


Figura 1: Mapa de Localização da confluência do Rio Aporé e do Córrego Pasto Ruim

2.2 Desenvolvimentos dos dados

Para classificação de uso e cobertura do solo e feições geomorfológicas e erosivas foi utilizado as imagens de 1 um veículo aéreo não tripulável (Vant) modelo Ebee plus sensefly (Figura 1), o qual possui alta capacidade de cobertura aérea, capturando as imagens durante o voo de forma a garantir a sobreposição necessária à cobertura da área desejada. Foram imageados 8.6 quilômetros quadrados, com resolução espacial de 15 centímetros.

Figura 2: Veículo aéreo não tripulável (Vant) modelo Ebee plus sense fly.

Fonte: Fabricante

A imagem foi classificada a partir de análise visual e delimitação manualmente das superfícies semelhantes de uso e cobertura ou feições, em ambiente de sistema de informações geográficas (SIG), com auxílio e adaptações - devido a escala de grande detalhe - dos manuais de uso da terra e geomorfologia do IBGE.

3. Resultados e discussões

3.1 Feições geomorfológicas e erosivas.

A área de estudo foi compartimentada em cinco feições geomorfológicas, de acordo com as normas expressas no Manual Técnico de Geomorfologia, do IBGE.

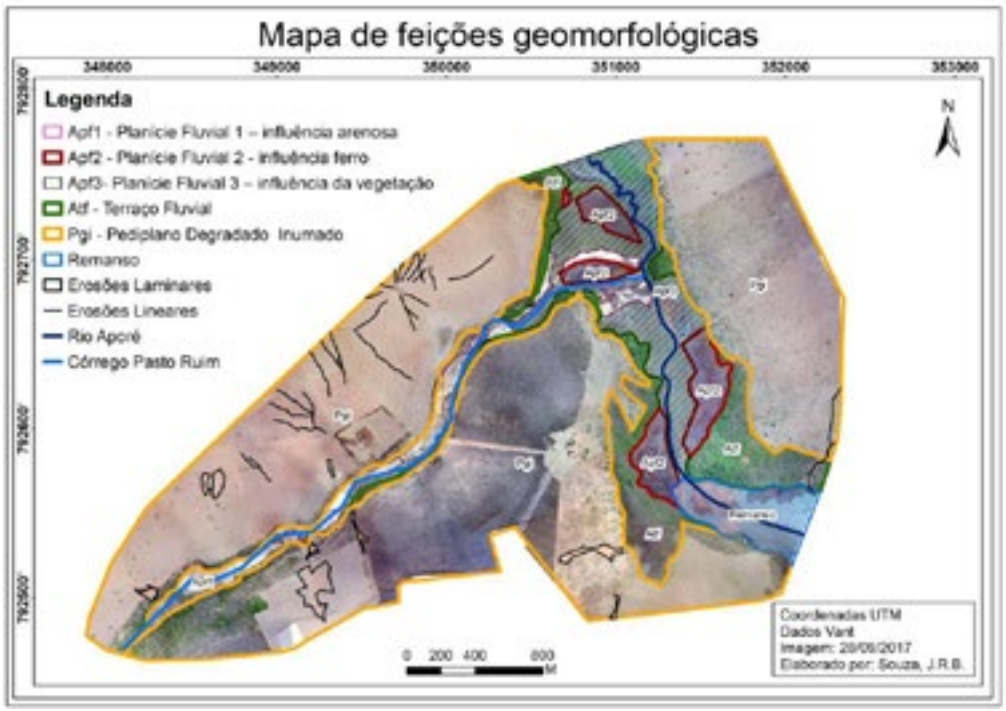


Figura 3: Mapa de feições geomorfológicas da área de estudo.

A tabela 1 mostra à quantidade correspondente da área total estudada, equivalente as feições delimitadas.

Tabela I: Estatísticas das feições geomorfológicas

Feição	Área Km²	Área Há	%
Pgi	6,24	624,0	72,6
Atf	0,75	74,8	8,7
Apf 3	0,68	68,1	7,9
Apf 1	0,37	36,6	4,3
Apf 2	0,31	30,6	3,6
Remanso	0,25	25,1	2,9
Total	8,59	859,2	100,0

3.1.1 Planícies Fluviais (Apf)

As Planícies Fluviais correspondem, segundo o IBGE a áreas planas resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorrendo nos vales com preenchimento aluvial. As subdivisões foram feitas considerando as características cênicas da região. Apf1- Planície Fluvial 1 – influência arenosa, Apf2 Planície Fluvial 2 - influência ferro , Apf3- Planície Fluvial 3 – influência da vegetação.

3.1.2 Terraço Fluvial (Atf)

Áreas de acumulação fluvial marginal de forma plana, levemente inclinada, apresentando ruptura de declive em relação ao leito do rio e às várzeas recentes situadas em nível inferior, entalhada devido às mudanças de condições de escoamento e consequente retomada de erosão. Ocorrendo nos vales contendo aluviões finas a grosseiras, pleistocênicas e holocênicas. (IBGE, 2013).

3.1.3 Pediplano Degradado Inumado (Pgi)

Superfície de aplanamento parcialmente conservada, tendo perdido a continuidade em consequência de mudança do sistema morfogenético. Geralmente, apresenta-se conservada ou pouco dissecada e/ou separada por escarpas ou ressaltos de outros Modelados de aplanamento e de dissecação correspondentes aos sistemas morfogenéticos subsequentes. Ocorre nos topos

de planaltos e chapadas, dominados por residuais ou dominando relevos dissecados. (IBGE, 2013).

3.1.4 Remanso da represa

Área de influência da represa.

As características dos 2 cursos hídricos são bem diferentes, um tem influência arenosa (córrego pasto ruim) e o outro uma presença maior de argila (Rio Aporé). Esses regimes influenciam na delimitação das feições geomorfológicas, pois as diferenças entre materiais influência na dinâmica da área de maneira diferente, e nas características dos mesmos como, por exmplo, a presença/ausência de vegetação e o porte da mesma.

A planície fluvial 1 - de influência arenosa, diz respeito a áreas de depósito de material carregado de áreas à montante da confluência. A planície fluvial 2- influência de ferro remete a área de origens de latossolo devido à cor do solo, e com a precipitação do ferro, em algumas partes tem uma pequena presença de vegetação rasteira. A planície fluvial 3 - influência da vegetação são áreas com presença de vegetação arbórea, mas especialmente gramíneas, é um solo mais úmido e mais argiloso.

A jusante da área da confluência à presença de uma represa, nos mapas é possível ver a área de remanso da represa, nessa área é perceptível à presença de material deposicional, o qual também pode ser depositado no fundo da represa, podendo resultar em menor vida útil da mesma.

3.2 Uso e cobertura do solo

Para elaboração do mapa de uso e cobertura do solo (Figura 4), foram utilizados como base, os dados obtidos pelo VANT, adquiridas no dia 28 de setembro de 2017, durante atividade de campo na área de estudo, a classificação das seis classes usos encontadas - pastagem, silvicultura, vegetação, em regeneração, natural não vegetado, remanso - foi feitos segundo as características apresentadas após o mapa de uso e cobertura:

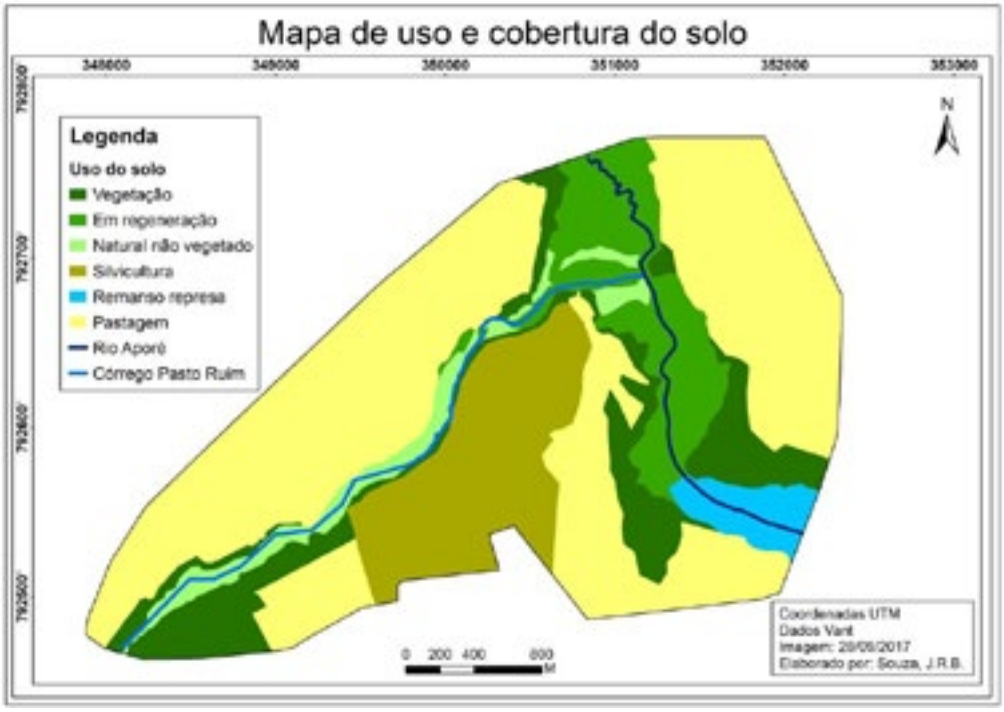


Figura 4: Mapa de uso e cobertura da área de estudo.

De acordo com a classificação foram obtidas as seguintes informações acerca do uso e cobertura do solo, apresentadas na Tabela 2.

Tabela II: Estatísticas de uso e cobertura do solo na área de estudo

Uso e cobertura do solo	**Área Km²**	**Área Há**	**%**
Pastagem	4,57	457,1	53,2
Silvicultura	1,24	124,3	14,5
Vegetação	1,17	117,4	13,7
Em regeneração	0,99	98,7	11,5
Natural não vegetado	0,37	36,6	4,3
Remanso	0,25	25,1	2,9
Total	8,59	859,2	100,0

3.2.1 Pastagens

Área para o pastoreio de gado, área sem a presença de gado, mas com a presença de gramíneas e áreas degradadas com vegetação rasteiras pastejáveis.

3.2.2 Silvicultura

Área caracterizada pelo plantio de eucalipto, para fins madeireiros ou para indústria de celulose. A área normalmente apresenta árvores altas, mas é perceptível diferenciação de uma vegetação nativa devido ao seu alinhamento e espaço devido às faltas de plantio.

3.2.3 Vegetação Nativa

Área caracterizada pela presença de vegetação nativa de porte arbóreo denso, sendo a mesma, presente nas exclusivamente margens dos cursos hídricos da área de estudo.

3.2.4 Em regeneração

Área da planície fluvial caracterizada vegetação de porte arbustivo ralo, sendo a mesma, presente ambiente com oscilação e proximidade do nível de água.

3.2.5 Natural não vegetado

Área da planície fluvial caracterizada pela presença de material depositado proveniente do transporte de sedimento pela água do curso hídrico.

A área em questão é abundante de pastagem, e os arredores da área de estudo tem grande influência de monocultura agrícola, o município em si, é um dos grandes produtores brasileiros. Em parte, os tipos de cultivos em conjunto com cultivos agrícolas sem medidas de conservação do solo como curvas de nível e bacias de infiltração auxiliam a perda de solo, por meio erosão laminar e linear, as monoculturas anuais já intensificam, devido à retirada total da planta para o cultivo da safra posterior. A característica arenosa do solo, além do passado

de expansão do cultivo, durante a ocupação da cidade, resultou em áreas com a presença de ravinas e voçorocas.

No ambiente fluvial foram identificados quatro ambientes distintos de acordo com a densidade da cobertura vegetal. A área de vegetação nativa está localizada especialmente na área do terraço fluvial. O natural não vegetado é correspondente a planície fluvial 1 com influência arenosa. A área em regeneração está nas áreas de planície fluvial 2 e 3 com influência de ferro e da vegetação. A área de remanso da represa é correspondente em ambos, devido a ausência de vegetação.

Os resultados mostram que, no contexto da encosta, são observados preferencialmente processos erosivos laminares em áreas de pastagem, enquanto os lineares foram identificados em áreas de pastagem e solo em pousio. As áreas de pastagens localizadas a oeste no mapa são as que apresentam maiores marcas de processos erosivos, a partir dessa percepção, pode-se observar que o córrego pasto ruim nessa área tem mais feições erosivas que as áreas do Rio Aporé, podendo ser observadas a leste no mapa. A própria característica de deposição de sedimentos nas margens do curso hídrico indica que um tem solos com maior susceptibilidade a perda de solo.

4. Considerações finais

A suscetibilidade à erosão do solo se torna maior quando este é afetado por atividades antrópicas, como desmatamento, manejo inadequado, queimadas. A exposição do solo sem cobertura vegetal aumenta a perda de material tornando uma das principais causas do crescimento da voçoroca (TEIXEIRA E GUIMARÃES, 2012).

As consequências do assoreamento são vistas na perda de velocidade da vazão, capacidade de manter a vida com a perda da vegetação subaquática e perda de condições de habitat para peixes e outros organismos e perda da capacidade de autodepuração do rio (TEIXEIRA E GUIMARÃES, 2012).

A confluência entre o Córrego Pasto Ruim e o Rio Aporé estão em um nível de degradação alto por influência da perda de solos provenientes da agropecuária e de alguns processos erosivos situados a montante, o sedimento que chega ao córrego preenche a calha especialmente na estação chuvosa.

A perda de solo e as mudanças no uso e cobertura do solo resultam em mudanças não apenas da cobertura do solo, os mesmos também alteram o relevo e a dinâmica em alguns cursos hídricos. Na produção agricultura, fazem-se necessárias medidas conservacionistas, pois os gastos futuros com recuperação de áreas ou áreas inférteis futuramente serão evitadas. Os solos têm suas peculiaridades e suas características devem se conservadas para a manutenção das atividades agrícolas e de manutenção do sistema ambiental.

5. Referências Bibliográficas

BERTRAND, G. **Paysage et geógraphie physique globale: Esquisse methodologique. Revue Geógraphique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, Toulouse, v. 39, p. 249-272, 1968.

BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B.; BEZERRA, B. B. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.15, p.709-717, 2011.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro, 2009. 182 p.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. ano de 2016. Disponivel em:<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html?=&t=destaques> Acesso em: 20 de janeiro de 2019

MAPBIOMAS. **Mapas anuais de uso e cobertura do solo de 1985 a 2017**. Disponivel em: <http://mapbiomas.org/> Acesso em:19 de janeiro de 2019

SILVA, A.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima Editora, 2003.

PARANAÍBA, A. C; PIRES, M. J. S. Dinâmica da agropecuária goiana: um estudo sobre composição agrícola no período 2000 a 2007. Disponivel em <http://wwwold.imb.go.gov.br/pub/conj/conj10/artigo07.pdf>. Acesso em: 15 de janeiro de 2019

TEIXEIRA, N. C.; GUIMARÃES, C. D. C.; **Métodos de contenção e estabilização de processos erosivos avançados e voçorocas no Brasil**. Disponível em: < http://www.iptan.edu.br/publicacoes/saberes_interdisciplinares/pdf/revista10/METODOS_DE_CONTENCAO.pdf> Acesso em: 20 de dezembro de 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DE FORMAS DE VERTENTES COM USO DE MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO NA SERRA DO IBITIRAQUIRE, ESTADO DO PARANÁ

Victor Pierobom de Almeida [(a)], Willian Bortolini [(b)] Ricardo Michael Pinheiro Silveira[(c)]
Claudinei Taborda da Silveira [(d)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, pierobomvictor@gmail.com

[(b)] PPG Geografia, Universidade Federal do Paraná, willianbortolini@gmail.com

[(c)] PPG Geografia, Universidade Federal do Paraná, ricardomichaelps@gmail.com

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Paraná, claudineits@ufpr.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

No âmbito da análise digital do relevo foram desenvolvidos diversos métodos, automatizados ou semi automatizados, para o mapeamento de formas e processos do relevo, como morfografia ou morfodinâmica. Neste contexto, esse trabalho objetivou desenvolver uma proposta metodológica para o mapeamento semi automatizado de formas de vertente, na escala 1:50.000, com o uso de atributos topográficos derivados de Modelos Digitais de Terreno. Para isto, foram gerados os atributos topográficos Perfil de Curvatura (Curvatura Horizontal) e Plano de Curvatura (Curvatura Vertical), que foram discretizados em três classes e posteriormente combinados, resultando em nove classes de formas de vertentes descritas por aspectos de perfil e plano de curvatura. A validação do produto final foi realizada a partir de pontos de controle em campo, demonstrando a fidedignidade dos resultados comparado à realidade de campo. Deste modo, o produto final demonstrou potencial de emprego em futuros trabalhos de mapeamento de formas de vertente.

Palavras chave: Geomorfometria; Morfografia; Serra do Mar Paranaense; Mapeamento Geomorfológico.

1. Introdução

A modelagem digital de terreno ganhou destaque nas geociências a partir da década de 1970, sobretudo a partir do avanço na capacidade de processamento dos computadores, que permitiu a profusão dos modelos digitais de terreno (MDT). Desde então, os MDTs passaram a ser utilizados na modelagem e mapeamento do relevo, devido à riqueza de mensurações e objetos que podem ser derivados pela análise númerica dos dados de elevação (HENGL e MACMILLAN, 2009). Eles fornecem a possibilidade de cálculo de uma série de parâmetros derivados, tais como declividade, curvaturas da superfície, amplitude altimétrica e demais atributos de cálculo local ou regional a partir dos valores de elevação (WILSON e GALLANT, 2000; ZHOU, 2008; HENGL E REUTER, 2009).

Essa análise quantitativa do relevo terrestre é definida como Geomorfometria (PIKE, 2000) e pode ser dividida em duas: geomorfometria geral e geomorfometria específica. A geral se caracteriza pela extração de medidas do relevo e a específica pela identificação de objetos (EVANS, 1972), tendo a segunda diversas aplicações em trabalhos de mapeamento geomorfológico, análises de processos morfodinâmicos e identificação de formas do relevo (EVANS, 1972. EVANS E MINAR, 2011. SILVEIRA e SILVEIRA, 2016).

Dentre as publicações de destaque que se debruçaram especificamente na modelagem de formas de vertente, evidencia-se o trabalho de Dikau (1989), no qual o autor descreveu 9 formas teóricas de vertente, considerando a combinação de perfil e plano de curvatura. A partir disso, desenvolveu uma metodologia de identificação de formas de vertente, que pode ser aplicada em análises digitais do relevo. Destaca-se, também, a publicação de Wood (1996), que propôs a classificação de seis feições elementares de relevo (picos, cumes, depressões, canais, desfiladeiros e planos), mensuradas a partir de uma janela móvel 3 x 3 *pixels*, evidenciando a capacidade da identificação de segmentos e formas de vertente. Posteriormente, Dragut e Blaschke (2006) apresentaram uma outra proposta para o mapeamento de vertentes, que se vale de uma generalização da concepção do Dikau (1989) e

ISBN: 978-85-7282-778-2

o implemento e combinação de outros dois atributos morfométricos: variação de altitude e declividade.

A partir desse contexto, esse trabalho propõe o desenvolvimento de um método semiautomatizado para o mapeamento de formas de vertente, considerando o emprego de variáveis morfométricas extraídas de um MDT, para a área das cartas topográficas SG-22-X-D-II-3 (Morretes) e SG-22-X-D-II-1(Capivari), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) , de escala 1:50.000, que compreendem a Serra do Ibitiraquire, na porção leste do estado do Paraná.

A área do estudo é caracterizada pela variedade de formas de relevo, englobando três unidades morfoesculturais geomorfologicamente distintas (figura 1): Primeiro Planalto Paranaense, com relevos dissecados do Planalto de Tunas do Paraná, os blocos soerguidos do Primeiro Planalto e os relevos menos dissecados do Planalto de Curitiba; Serra do Mar Paranaense; e a Planície Litorânea (SANTOS et al. 2006).

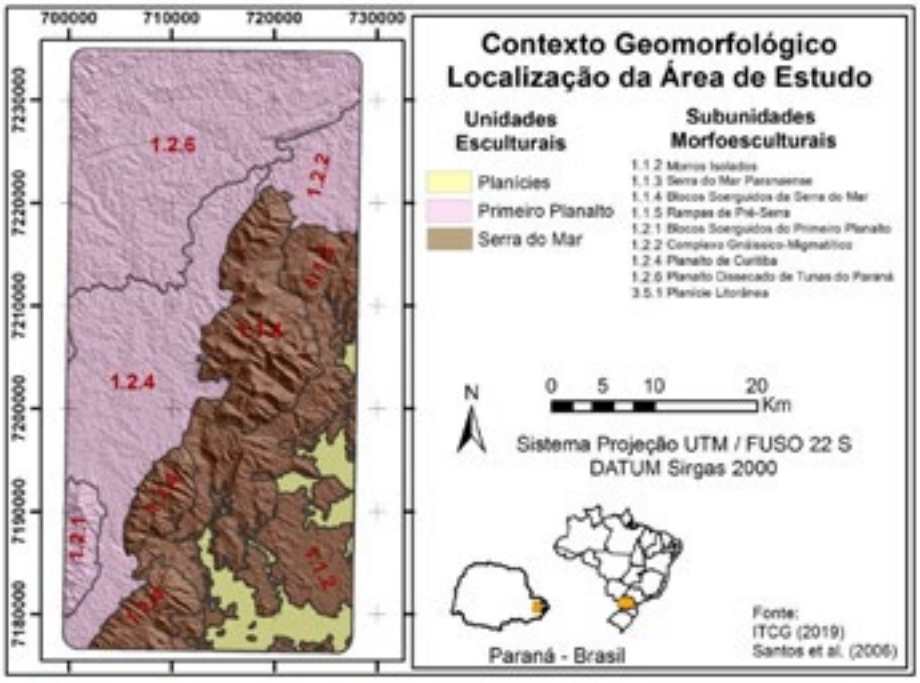


Figura 1 – Localização e contexto geomorfológico da área de estudo

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e métodos

A interpolação do Modelo Digital de Terreno (MDT) foi feita a partir de arquivos vetoriais de curvas de nível, pontos cotados e hidrografia, extraídos de cartas topográficas na escala 1:25.000, desenvolvidas pelo DSG através do Programa de Proteção da Floresta Atlântica (PRÓ-ATLÂNTICA). O algoritmo usado para a interpolação foi o *Topogrid* (HUTCHISON, 1989). A definição da resolução espacial, condizente ao tamanho do pixel, foi feita tendo por base a proposta de Hengl (2006), que leva em conta a densidade das curvas de nível em relação a área de estudo. O tamanho do *pixel* do MDT foi definido em 20 metros.

Após a interpolação do MDT foram calculados dois atributos topográficos: o perfil de curvatura (também conceituado na literatura como curvatura horizontal ou curvatura longitudinal) e o plano de curvatura (curvatura vertical). O perfil de curvatura é calculado considerando uma linha paralela a encosta e o plano de curvatura é calculado considerando uma linha perpendicular a vertente, conforme exemplificado na Figura 1.

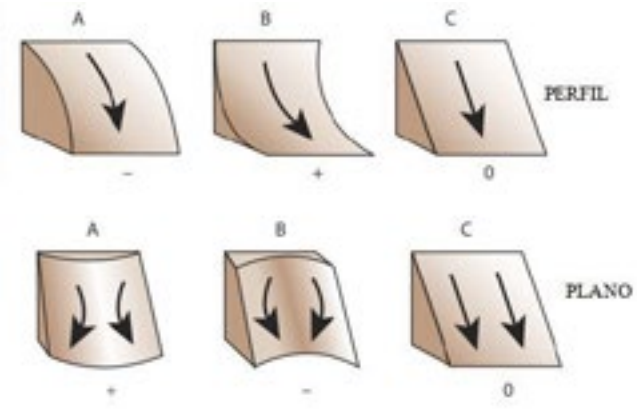


Figura 1 – Perfil e Plano de Curvatura
Fonte: Adaptado de ESRI (2019).

O cálculo do plano e do perfil de curvatura seguiu a proposta das variáveis direcionais de Zevenbergen e Thorne (1987), implementadas no *software* ArcGIS 10.1, a

partir de uma janela móvel 3x3 pixels. Devido à escala adotada na formulação da proposta metodológica de mapeamento, com resultados representados na escala 1:25.000, foi aplicado um filtro de média (Ferramenta *Focal Statistic*) aos dois atributos topográficos gerados, de janela 3x3, para a suavização dos valores e, consequentemente, de *píxels* individualizados.

Após a aquisição dos atributos topográficos foram definidas as classes de relevo, conforme a proposta de Dikau (1989), que categorizou 9 novas de vertente a partir da combinação da curvatura em plano e perfil, representado na Figura 2. Assim, o perfil de curvatura foi dividido em três classes: Convexo, Retilínio e Côncavo; o plano de curvatura, por sua vez, em: Divergente, Planar e Convergente.

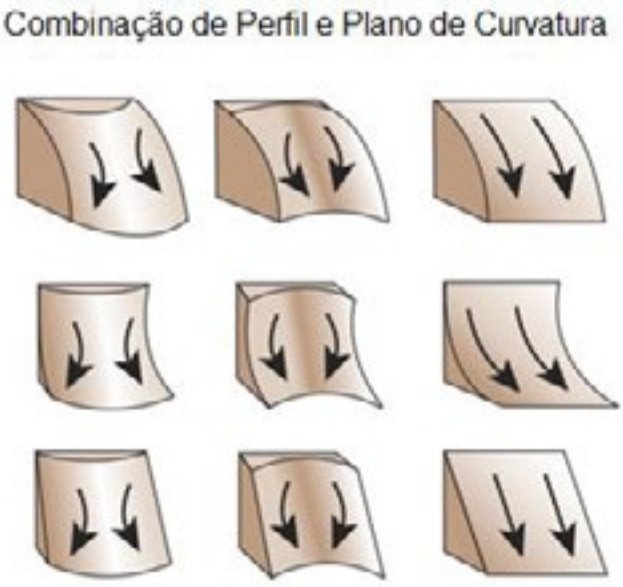


Figura 2 – Combinação de Perfil e Plano de Curvatura
Fonte: Adaptado de ESRI (2019).

A definição dos valores de discretização dos atributos para representar cada classe de forma de vertente ocorreu em dois momentos: a) trabalhos de campo ao longo da área de estudo, com 14 pontos de análise e 80 km percorridos com acompanhamento em tempo real com um GPS Garmin (modelo GPSmap 76CSx) acoplado a um netbook para a visualização

dos resultados pelo *software* ArcGIS 10.1; b) interpretação visual a partir das curvas de nível. Posteriormente, as campanhas de campo auxiliaram na verificação das classificações resultantes da modelagem — e, quando necessário, isso implicou na alteração dos parâmetros, seguido de novos produtos que passaram por nova conferência de campo. Nessa perspectiva, os valores de discretização das classes constam na Tabela 1.

	PERFIL DE CURVATURA		PLANO DE CURVATURA
	VALOR		VALOR
Convexo	< - 0,05	Divergente	< -0,05
Retilíneo	≥ - 0,05 E < 0,05	Planar	≥ - 0,05 E < 0,05
Côncavo	≥ 0,05	Convergente	≥ 0,05

Tabela 1 – Discretização dos Atributos Topográficos

Após a discretização foi realizada a combinação dos dois atributos topográficos, através da técnica de álgebra de mapas (Ferramenta *Raster Calculator*). Com essa operação foram mapeadas as nove formas de vertente proposta por Dikau (1989). Por fim, foi aplicado um filtro de remoção de ruídos com agrupamentos de até 10 *pixels,* seguindo a proposta taxonômica de Dikau (1989), para generalizar agrupamentos pequenos que se tornam ruídos na escala proposta para esse trabalho.

3. Resultados e discussões

Foram mapeadas nove formas de vertente no recorte do estudo, apresentadas na figura 3, sendo em valor de área crescente: Retilínea-Convergente (1,4 % da área total); Convexa-Planar (1,8 % da área total); Retilínea-Divergente (2,7 % da área total); Convexa-Convergente (3,8 % da área total); Côncava Planar (5,5 % da área total); Retilínea-Planar (8,8 % da área total); Côncava-Divergente (11 % da área total); Côncava-Convergente (30 % da área total); E Convexa-Divergente (35 % da área total).

ISBN: 978-85-7282-778-2

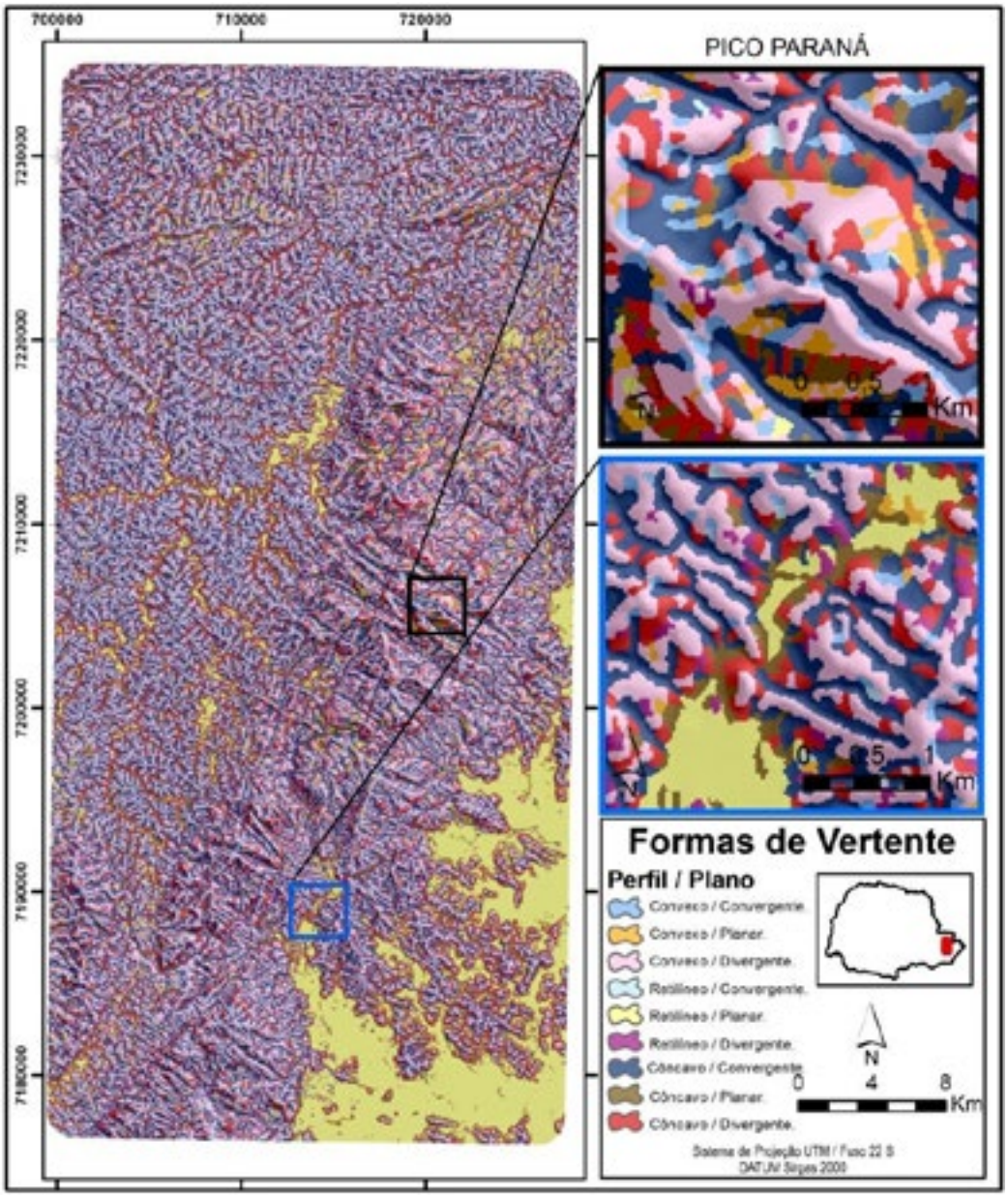


Figura 3 – Mapa resultante de formas de vertente

A área do estudo possui formas de relevo com alta dissecação, como as feições denudacionais da Serra do Mar Paranaense. O ponto mais alto do sul do Brasil (Pico Paraná, com 1877m de altitude), por exemplo, é destacado num recorte da figura 3 (em 2D) e na

figura 4 (3D). Nota-se, pela representação na paisagem, o correto mapeamento das formas de vertente. As formas de vertente Convexa-Divergente se apresentam de forma expressiva nas áreas elevadas da Serra do Mar, compreendendo majoritariamente as cristas dos morros. Os vales encaixados da Serra do Mar foram bem representados pela classe de vertente Côncava-Convergente, conforme Figura 4.

Em contraste, a área de estudo também compreende áreas da planície litorânea, que apresenta baixa dissecação, caracterizada como uma área de deposição de sedimentos e devidamente representada pela classe de vertente retilínea / planar em toda sua extensão. Nas porções de transição, nos sopés da Serra, predominaram feições côncavas, reforçando o aspecto deposicional (muitas vezes associadas a depósitos coluvionares). Da mesma forma, as planícies fluviais do Primeiro Planalto Paranaense foram representadas de maneira correta pela forma de vertente Retilínea-Planar.

Figura 4 – Formas de Vertente: Serra do Ibitiraquire

ISBN: 978-85-7282-778-2

As classes mapeadas apresentaram relação com muitos aspectos morfodinâmicos, tendo relação com os processos geomorfológicos que ocorrem nas vertentes e nas relações de energia entre os divisores de água e talvegues de cada feição. Os terços superiores das vertentes, por exemplo, foram mapeados com predominância de feições convexas, nas quais predomina a degradação. Na Serra do Mar, há a resistência erosiva dos topos pelas intrusões graníticas; no norte do Primeiro Planalto, pelos corpos quartzíticos e diques de diabásio. Já nos terços inferiores das vertentes, inversamente, a concavidade das formas denota um ambiente agradacional.

Quanto à curvatura em perfil, a dispersão e convergência dos fluxos hídricos também foi representada de modo correto, evidenciando feições fluviais relacionadas. Tais características são exemplificadas pela Figura 5, com um recorte que ilustra as curvas de nível em relação aos resultados obtidos pela modelagem.

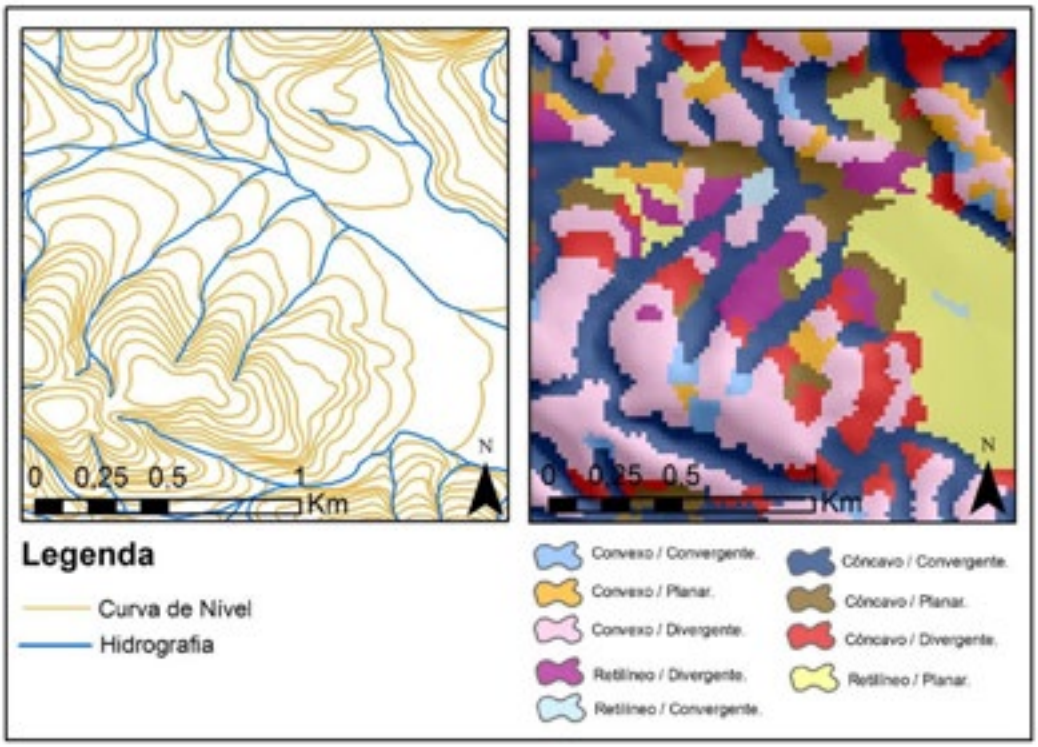


Figura 5 – Base cartográfica e formas de vertente.

ISBN: 978-85-7282-778-2

No que tange a modelagem digital, é importante ressaltar a correspondência da representação do relevo que a proposta alcançou em relação às observações *in loco* ao longo de toda a área de estudo. Formas bem pronunciadas da paisagem foram representadas de maneira fidedigna, como é possível visualizar nos exemplos da Figura 4 (comparativamente à paisagem) e Figura 5 (comparativamente à base planialtimétrica, utilizada como base da proposta metodológica). Mesmo formas de área pequena, como é o caso das formas Convexas-Convergentes, que no relevo são regiões de nascentes e cabeceiras de drenagem, foram mapeadas de maneira correta.

Como já citado, a área de estudo apresenta um relevo com morfogênse e morfoestruturas distintas, além de grande variedade de tipos de formas de relevo. Nesse trabalho foi empregado apenas um parâmetro de discretização dos atributos para todo o recorte e, ainda assim, alcançou-se uma representação fidedigna das formas de vertente, mesmo em ambientes de contextos geomorfológicos distintos.

Entretanto, existem *pixels* que aparecem "isolados" no produto final, podendo ser considerados erros. Isso se deve à escala adotada no trabalho, pois o tamanho máximo do filtro de ruídos foi definido em 10 *pixels*. Caso o valor de área do parâmetro fosse maior, a generalização excluiria formas de vertentes mapeadas de maneira correta, que apresentam, porém, áreas pequenas — como é o caso de segmentos Convexos-Convergentes, que aparecem nos terços superiores e tem tamanhos menores que de outras formas.

4. Considerações finais

A modelagem empregada nesse trabalho, a partir dos dois atributos topográficos, evidenciou a potencialidade da proposta metodológica para o mapeamento de formas de vertente, combinando a curvatura em plano e perfil, de modo semiautomatizado e com representatividade na paisagem. A principal vantagem do uso da modelagem digital do

ISBN: 978-85-7282-778-2

terreno é a parametrização, que assegura a possibilidade de reprodutibilidade do método e diminui as subjetividades intrínsecas às delimitações manuais.

Nesse contexto, reforça-se que a aplicação da metodologia desse trabalho necessita de rigor metodológico para ser implementada. A geração de um modelo digital de terreno consistente, a geração e discretização dos atributos de forma rígida e uma boa análise de campo são necessárias para um fidedigno mapeamento de formas de vertente. As classificações resultantes podem conter a existência de alguns ruídos que não correspondem às feições analisadas em campo. O aumento da área do filtro de média ou do filtro de ruídos acabaria fazendo com que formas de vertentes, de área pequena, mapeadas de forma correta, fossem omitidas.

Ressalta-se ainda que essa proposta é uma primeira etapa na formulação de uma metodologia mais robusta. Para implementações futuras, as discussões teóricas sobre as concepções de formas de vertente (definição dos objetos), o acréscimo de atributos topográficos adicionais e a escolha de diferentes parâmetros de discretização emergem como possibilidades para o refinamento da proposta.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de bolsa de iniciação científica, Pibic / UFPR; à CAPES pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado, por meio do Programa de Pós-Graduação em Geografia UFPR; ao CNPq, pelo financiamento do Projeto "Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná apoiado em análise digital do relevo", Processo 456244/2014-0; e ao Laboratório de Pesquisas Aplicadas em Geomorfologia e Geotecnologias (LAGEO/UFPR).

Referências Bibliográficas

DIKAU, R. **The Application of a Digital Relief Model to Landform Analysis in Geomorphology**. In: RAPER, J. F (ed.). Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems, London: Taylor & Francis, p. 51-77, 1989.

DRAGUT, L; BLASCHKE, T. Automated classification of landform elements using object-based image analysis. **Geomorphology**, 81, 330–344, 2006.

EVANS, I. S. General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: CHORLEY, R. J. (Ed.). **Spatial analysis in geomorphology**. London: Harper & Row, Publishers, 1972.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, 106, p. 211-272, 1989.

HENGL, T; MCMILLAN, R. A. Geomorphometry: A Key to Landscape Map and Modelling. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) Geomorphometry -Concepts, Software, Applications, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 433-460, 2009.

HENGL, T. Finding the right pixel size. **Computers & Geosciences** 32, p. 1283–1298, 2006.

HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 3-30, 2009.

MINÁR, J.; EVANS, I. S. Elementary forms for land surface segmentation: the theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping. **Geomorphology** 95 (3–4), 236–259, 2008.

PIKE, R. J. Geomorphometry — diversity in quantitative surface analysis. **Progress in Physical Geography** 24 (1), 1–20, 2000.

PIKE, R. J.; EVANS, I., HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 3-30, 2009.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 2, p. 3-12, 2006.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Análise digital do relevo aplicada à cartografia geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense.**Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 4, 615-629, 2016.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.12, p.47-56, 1987.

WOOD, J. **The geomorphological characterisation of digital elevation models**.Leicester, UK, 1996. 185p. PhD Thesis -University of Leicester. Disponível em: http://www.soi.city.ac.uk/~jwo/phd.

ZHOU,Q.; LEES, B.; TANG, G. (eds.). Advances in Digital Terrain Analysis. Series: **Lecture Notes in Geoinformation and Cartography**. Berlim: Springer-Verlag, 2008.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM ENQUANTO SUBSÍDIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL.

Felipe de Souza Reis [(a)], Sirius Souza Oliveira [(b)]

[(a)] Universidade Federal do Vale do São Francisco, felipesouzareis01@gmail.com

[(b)] Universidade Federal do Vale do São Francisco, sirius.souza@univasf.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo deste trabalho é diagnosticar as principais formas de uso e ocupação da terra no município de Senhor do Bonfim no ano de 2017. A área em estudo constitui a cidade de Senhor do Bonfim, localizada no centro norte do estado da Bahia, entre as latitudes 10°25'56.37"S e 10°32'36.87"S e longitudes 40°11'27.97"O e 40°14'55.88"O de Greenwich. Para este diagnóstico, será utilizada como base uma imagem orbital do Satélite LANDSAT8-TM, posteriormente integradas e processadas no Sistema de Informação Geográfica, pelo software QGIS, por meio da classificação supervisionada. Os resultados obtidos apontam características comuns de regiões de clima semiárido, apesar da diversidade geomorfológica e de conter paisagens não tão presentes no bioma no qual o município está inserido. Desta forma, o este trabalho pretende contribuir com os estudos de evolução da paisagem e subsidiar melhores propostas de planejamento para o uso e a ocupação da terra nesse município.

Palavras chave: Geografia Física; Análise Ambiental; Mapeamento; Uso e ocupação;

1. Introdução

A funcionalidade dos ambientes naturais é alterada pelas ações humanas em um ritmo mais intenso que aquele normalmente produzido pela natureza. Quando não planejadas, tais alterações proporcionam uma série de desequilíbrios funcionais que, muitas das vezes, acarretam consequências drásticas a vida humana. Como afirma Ross (2006, p.56):

> [...] As inserções humanas, por mais estruturadas que possam ser, não criam natureza, não modificam as leis da natureza, apenas interferem nos fluxos de energia e matéria alterando suas intensidades, forçando a natureza a encontrar novos pontos de equilíbrio funcional.

Exemplos desses desequilíbrios ambientais podem ser visualizados na maioria dos municípios situados no semiárido brasileiro. Estes, nas últimas décadas sofreram com a implantação imprópria de novas formas de uso da terra. O desmatamento, o lançamento de efluentes nos cursos de água, o aterramento e construção em áreas de rios intermitentes denunciam a falta de ordenamento do território. Tais formas, muitas das vezes, não consideraram a altiva fragilidade ambiental destas áreas, causando danos irreversíveis.

Sob esse ponto de vista, o presente trabalho encube-se de diagnosticar as principais formas de uso e ocupação do município de Senhor do Bonfim através de imagens de satélite do ano de 2017. Possui ainda, como subsídio norteador a necessidade da discussão sobre o planejamento do uso e ocupação da terra, e como este influencia no bom funcionamento das demandas urbanas e sociais, bem como a intrínseca relação ambiental e territorial.

A partir de tal apreensão, fica coeso justificar a elaboração desta pesquisa ao pensar na escassez de trabalhos e mapeamentos que abordem esta problemática. Logo, a inexistência de dados sobre o uso e ocupação no município de Senhor do Bonfim (BA) alicerça e conduz todos os desdobramentos no processo de construção do mapeamento proposto. Também se legitima frente aos instrumentos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), estabelecida pela Lei Federal 12.608/2012 (BRASIL, 2012), que contempla, entre seus princípios fundamentais, as ações de prevenção e mapeamento de áreas de uso e ocupação, bem como sua integração às demais políticas setoriais, como as de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano e meio ambiente.

2. Material e Métodos

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, o mesmo foi dividido em três principais etapas: a primeira composta de revisão bibliográfica acerca do uso e da ocupação da terra em ambientes semiáridos tropicais; a segunda, composta pela aquisição das imagens Landsat8-TM e a terceira etapa foi caracterizada pela integração dos dados levantados em campo com os dados do sensor em ambiente SIG, com uso do software QGIS 2.18.22 e pela redação final da pesquisa.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Em consonância, neste estudo foi utilizada a imagem referente à órbita de número 232 e ponto 083, em virtude da busca por imagens com menor quantidade possível de nuvens, menor excesso de brilho e maior normalidade espectral. Após a escolha da imagem, esta foi georreferenciada, usando como base a folha topográfica do IBGE, que cobre a área em estudo, na escala 1:100.000 em formato digital.

Posteriormente, os dados foram processados no software QGIS 2.18.22, com base na composição colorida em falsa cor natural (R3 G2 B1). A seguir, foram escolhidas as chaves de interpretação representativas de cada uma das classes de interesse para o algoritmo de classificação supervisionada, com base no Manual Técnico de Uso e Ocupação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013).

Em seguida, em ambiente SIG, foram recolhidas amostras que agregassem em si a chave de interpretação para todo o território do município. Por fim, houve a conclusão por meio da classificação supervisionada e processamento do resultado entre a classificação digital e a interpretação visual, durante os trabalhos de validação em campo.

3. Resultados e Discussões

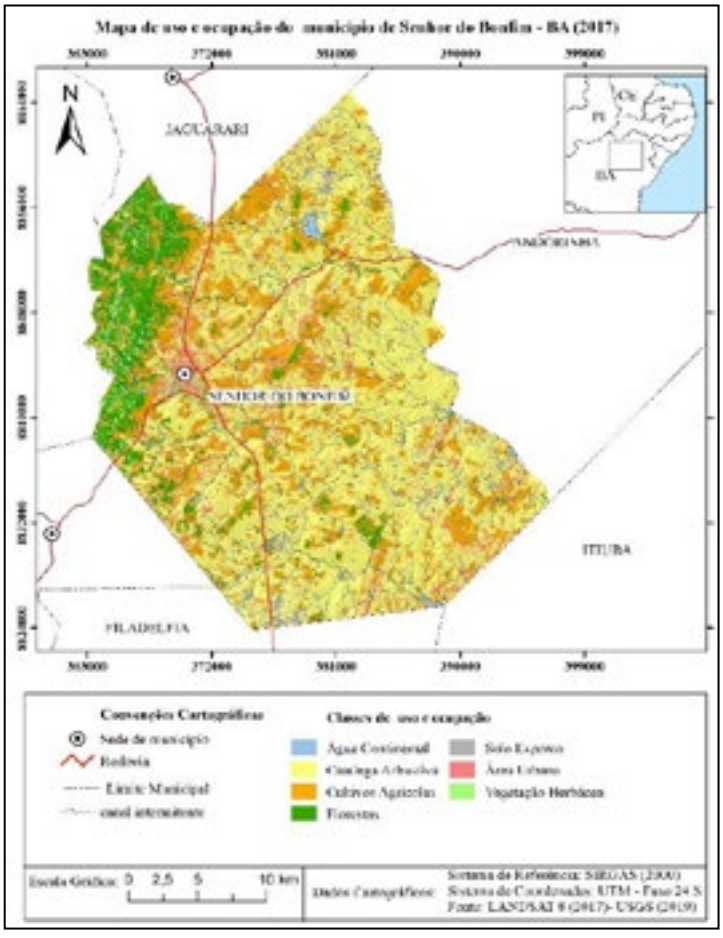
Mediante a análise do comportamento espectral dos alvos e dos trabalhos de campo realizados no município de Senhor do Bonfim, este trabalho obteve resultados a partir dos procedimentos interpretativos aplicados a pesquisa, bem como através dos processos assinalados na metodologia. Logo, foi possível fazer inferências sobre o uso e a ocupação da terra em 2017. Assim, apresentam-se a seguir os resultados ilustrados na Tabela 1 e na Figura 1.

Ao observar os resultados (Tabela 1 e Figura 1) é possível compreender alguns dos aspectos que permeiam a região do município de Senhor do Bonfim – BA. A classe correspondente a Água Continental, por exemplo, apresenta o menor percentual de uso e ocupação da região, o que permite atrelar tal característica ao fato da área de estudo estar inserida no semiárido nordestino, além de fazer parte do polígono das secas.

A caatinga é a classificação territorial mais presente em solo baiano, e em Senhor do Bonfim não é diferente. É possível visualizar a predominância da classe Caatinga Arbustiva ao corresponder a 52,79% da área do município. Tal predominância reflete a dificuldade histórica do município em desenvolver sua área urbana/industrial.

Tabela 1 - Percentual das classes do uso e ocupação do solo

Classes	Área em Km	Área Percentual
ÁGUA CONTINENTAL	5,69	0,70
VEGETAÇÃO HERBÁCEA	16,45	2,01
SOLO EXPOSTO	25,87	3,17
ÁREA URBANA	69,19	8,47
FLORESTA	78,08	9,56
CULTIVOS AGRÍCOLAS	190,35	23,31
CAATINGA ARBUSTIVA	431,14	52,79
TOTAL	816,77	100,00



solo

Em seguida, percebe-se os Cultivos Agrícolas com 23,31% do espaço total, o que implica numa grande utilização do solo, e remete a problemática da água, que como visto anteriormente, é escassa.

4. Considerações Finais

Como visto anteriormente, o levantamento de dados acerca da utilização do uso e ocupação da terra é de ampla importância no conhecimento do espaço geográfico do município. Ao mesmo tempo em que tal avaliação propõe a compreensão da distribuição dos tipos de uso, ela auxilia as futuras transformações do espaço, partindo do princípio da relação homem-natureza e sua capacidade social de modificação espacial.

Um estudo como o proposto torna-se relevante ao pensar em sua utilização como agente norteador para transformações. Percebe-se então, a necessidade do desenvolvimento de pesquisas na área de mapeamento de uso e ocupação da terra, como intuito de preservar tanto o ambiente natural, quanto o patrimônio histórico-cultural. Pois, é cogente apontar a contribuição com a minimização dos transtornos causados pela falta de planejamento da ação antrópica. Portanto, vale ressaltar o valor das tecnologias georreferenciadas e seu auxílio na elaboração deste trabalho, e na manutenção da ação humana em geral.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia- FAPESB, pelo auxílio financeiro, na modalidade Iniciação Científica.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC**;. Diário Oficial da União, Brasília, 11 abr. 2012.

ROSS, J. L.S. **Ecogeografia do Brasil**: Subsídios para planejamento ambiental. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, São Paulo 2006.

_____**MANUAL técnico de uso da terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. (Manuais técnicos em Geociências).

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DOS MANGUEZAIS DO MUNICÍPIO DE CAIRU-BA, UTILIZANDO CLASSIFICAÇÃO ORIENTADA A OBJETO E IMAGEM LANDSAT 8

Samuel de Amaral Macedo [(a)] Maurício Santana Moreau [(b)]

(a) Graduando em Geografia - DCAA/Universidade Estadual de Santa Cruz, macedo.samuel@yahoo.com
(b) Professor Titular - DCAA/Universidade Estadual de Santa Cruz, mmoreau@uesc.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este trabalho tem por objetivo mapear e quantificar a área ocupada pelos manguezais no município de Cairu, Bahia, Brasil, no ano de 2018. Para tanto, utilizou-se imagem do sensor OLI/TIRS C1 Level-1 do satélite LANDSAT 8, 1 arco de segundo (30 metros), o Software ArcGis 10.2.2 para composição de bandas e o software Definiens/Ecognition para segmentação, seleção das amostras e classificação supervisionada de imagem. Verificou-se que a composição de banda 5, 6 e 2 para imagens Landsat 8 também pode ser indicada para destacar a vegetação do manguezal sendo neste estudo mais eficiente do que a composição 5, 4 e 3. Foram mapeados 100 km² de Manguezal no municpío de Cairu-BA.

Palavras chave: Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de Imagem, Cobertura da Terra

1. Introdução

No século XVII, o franciscano Vicente do Salvador observou que os colonizadores Portugueses ocupavam o território Brasileiro "como caranguejos", fazendo alusão ao modo de ocupação da faixa litorânea sem adentrar o continente. Quatro séculos depois, verifica-se que 70% da população, além das maiores cidades e os mais importantes polos industriais do Brasil

ocupam a faixa litorânea (MMA, 2000), isso provocou uma redução da vegetação nativa da Mata Atlântica a menos de 12,4% (SOS MATA ATLÂNTICA, 2017).

A Mata Atlântica possui ecossistemas associados, um deles, o Manguezal, definido como "ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito ao regime das marés" **(**SCHAEFFER-NOVELLI, 1995, p. 7).

> Estima-se que 25% dos manguezais em todo o Brasil tenham sido destruídos desde o começo do século 20. A situação é particularmente séria nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil, que apresentam um grande nível de fragmentação e onde estimativas recentes sugerem que cerca de 40% do que foi um dia uma extensão contínua de manguezais, foi suprimido (ICMBIO, 2018, p. 5).

Essa situação demonstra a necessidade da realização do mapeamento periódico dos manguezais Brasileiros. Para isso, as técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto tem sido recursos indispensáveis nos estudos dos manguezais, a exemplo do que fez (LAMPARELLI;MOURA;LOPES, 1999) em São Paulo, (KAMPEL;AMARAL;SOARES, 2005) no Ceará, (TEIXEIRA;SOUZA;FILHO, 2009) no Maranhão e (HADLICH;UCHA; OLIVEIRA, 2009) na Bahia.

Ainda na Bahia, vale ressaltar esforços de Ucha, Hadlich e Carvalho (2011) na produção cartográfica que podem axiliar o monitorar dos manguezais dos municípios de Nilo Peçanha, Ituberá, Valença e Cairu. São municípios que possuem manguezais de alto potencial pesqueiro, associado a importantes remanescentes da Mata atlântica e rios navegáveis, formando uma riquíssima biodiversidade (BAHIA, 1998).

O município de Cairu-BA é um dos mais afetados pelo turismo. Isso favoreceu a criação da Área de Proteção Ambiental - APA Ilhas de Tinharé/Boipeba - Decreto Estadual n°.1.240, de 05/06/1992, com área total de 43.300 hectares (BAHIA, 1992). Em seguida,

objetivando o desenvolvimento sustentável da área, aprovou-se o plano de manejo da APA, Resolução N.º1.692 de 19 de junho de 1998.

Buscando corroborar o monitoramento ambiental dos manguezais do município de Cairu-BA, aplicou-se técnica avançada de classificação supervisionada de imagem orientada a objeto em imagens Landsat 8 para o ano de 2018. Dentre os autores que adotaram a classificação orientada a objeto para mapeamento de manguezais, podemos citar Silva et al. (2013) e Oliveira, Santos e Neto (2015). A classificação baseada a objeto "[...] busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para a identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como, cor, textura, métrica, contexto" (CRUZ et al., 2007, p. 5692). Além disso, também é possível traçar os modelos booleanos ou fuzzy (COELHO, 2008).

Este trabalho tem por objetivo mapear e quantificar a área ocupada pelos manguezais no município de Cairu-BA, a partir da classificação supervisionada de imagem baseada a objeto e imagens Landsat.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

O município arquipélago de Cairu pertence ao Território de Identidade Baixo Sul da Bahia (SEI, 2017), está localizado entre as coordenadas Planas UTM (Projeção Transversa de Mercator / SIRGAS-2000-ZONA-24S): 490.000 - 415.000 mE; 8522000 8.487.000 mN (Figura 1). Apresenta Floresta Ombrofila Densa e escossitemas associados entre eles o manguezal. O clima é quente e úmido, sem estação seca e índice pluviométrico anual superior a 2.000 (SEI, 1998). A geologia apresenta rochas mesozóicas que bordejam o litoral chegando a formar falésias nas ilhas de Tinharé e Boipeba (REBOUÇAS, 2006). Possui recifes do tipo

franjantes aflorantes que bordejam a costa a costa, bancos rasos (entre 5 e 10 m de profundidade), e recifes profundos (entre 10 e 20 m) (MIRANDA, 2009).

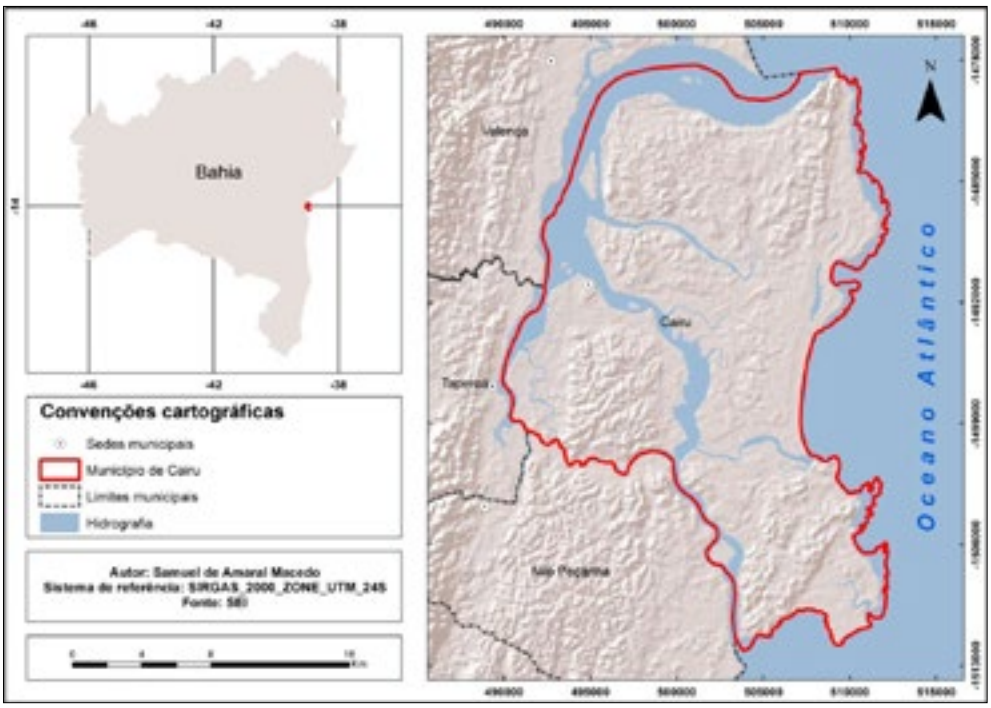


Figura 1 – Localização do município de Cairu-BA, 2019. Fonte: SEI/BA (2019)

2.2. Base cartográfica e processamento digital da imagem

Utilizou-se imagem do sensor OLI/TIRS C1 Level-1 do satélite LANDSAT 8 – Satélite Norte Americano, disponíveis na página do Serviço Geológico dos Estados Unidos da América (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), com resolução espacial de 1 Arco de segundo (30 metros). A imagem selecionada apresentou qualidade máxima (definição de campo = 9) e cobertura de nuvem inferior a 10% (órbita/ponto e data): 69/216 (19-06-2018, GMT 12:43h). Realizaram-se composições de bandas no ArcGis 10.2.2 a fim de selecionar aquelas que apresentaram melhor resultado para identificação dos manguezais. Observou-se que as composições RGB: 5, 4 e 3 (Infrared Vegetation) e 5, 6, e 2 (Healthy Vegetation) destacaram

as áreas de Manguezais com detalhe satisfatório. Dessas duas, escolheu-se a composição RGB 5, 6 e 2, pois a mesma apresentou melhor resultado para identificação dos manguezais na área de estudo (Figura 2). Por fim, realizou-se a técnica de fusão de imagens Landsat 8 OLI proposta por (SOARES et al., 2015).

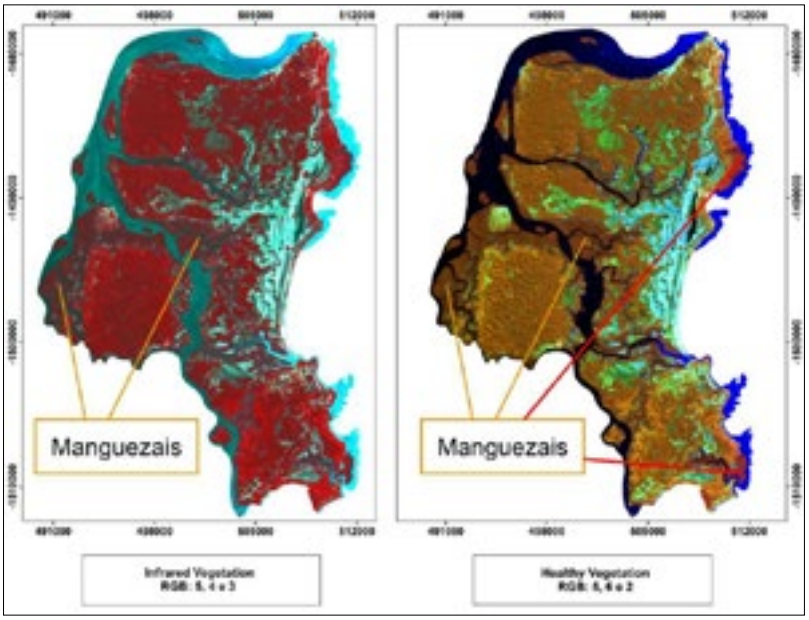


Figura 2 – Comparações de composições de banda ideias para mapeamento de ecossistemas costeiros. Fonte: USGS (2019)

2.2. Classificação Supervisionada de Imagem Orientada a objeto

Utilizou-se o *software Definiens/Ecognition* para segmentação e classificação da imagem, a partir da análise orientada a objetos (Figura 3). Classificou-se a imagem em três etapas: (1) segmentação hierárquica em dois níveis, no sentido “top down” - nível 1 apenas as bandas 4 e 5, correspondentes às faixas do infravermelho próximo e médio, para diferenciar somente os corpos d’água, sombra e o continente, e nível 2, com as bandas 5, 6 e 2 e para mapear os manguezais do município de Cairu; (2) amostragem, dando maior destaque ao mangue, as outras classes foram agrupadas numa única classe,“Outras”; a modelagem, se utilizou apenas descritores espectrais; (3) por fim, os arquivos foram exportados e, no SIG

Arcgis 10.2.2, realizou-se edições buscando corrigir erros na classificação com auxílio de pontos *GPS* coletados durante duas atividades de campo e imagens atualizadas do Google Earth Pro.

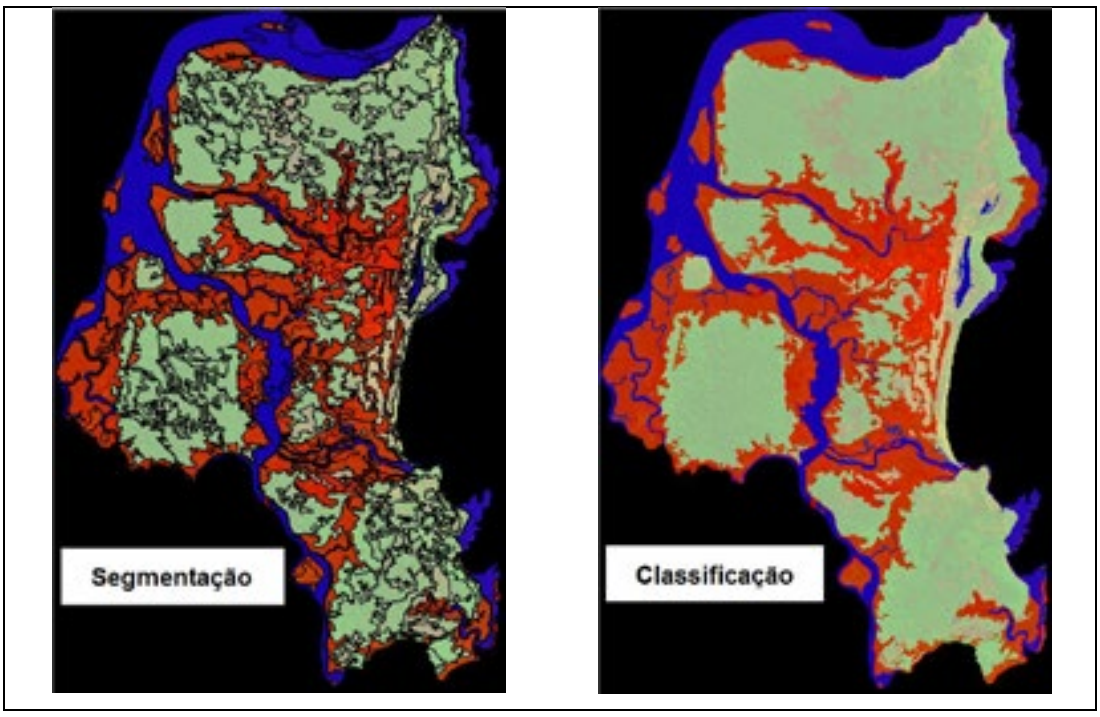


Figura 3 – Segmentação, seleção das amostras e classificação da imagem Landsat 8. Fonte: USGS (2018)

3. Resultados e Discussões

A figura 4 mostra o manguezal ocupando 100 km² da área total do Cairu-BA. Todo esse manguezal está concentrado na parte ocidental da das ilhas de Cairu, Tinharé e Boipeba, associados a Apicuns e remanescentes Florestais de Mata Altântica e se desenvolve em uma região na qual se concentra sedimentos da foz dos rio Una e rio das Almas. Acreditamos que Cairu é o município da Bahia que apresenta uma das maiores áreas cobertas por manguezal, porém, vale ressaltar que durante as atividades de campo verificou-se que seus manguezais tem sofrido com a poluição oriunda das áreas urbanas de onde saem boa parte do lixo produzido pelo turismo, principalmente, em Morro de São Paulo e Boipeba.

A área urbana ocupa 3 km² da área total do município (Figura 4), nessa classe estão incluidos a sede de Cairu e diversos povoados como Gamboa, Morro de São Paulo e Boipeba. A expansão urbana tem acontecido em direção ao interior da ilha, apresentam construções recentes e a implantação de loteamentos. O potencial turístico tem forçado o crescimento da infraestrutura capaz de suportar a demanda nos períodos de alta estação que vai de novembro a março e isso tem provocado uma ocupação territorial desordenada e, consequentemente, avanço da construção civil nas áreas de APP. Além disso, no ano de 2008 Gilberg citou a poluição da lagoa do morro "antes rodeada de uma mata exuberante, passou a receber o esgoto diretamente das casas que, aos poucos e de forma desordenada, foram ocupando seus arredores" (GULBERG, 2008, p. 36).

Atualmente as águas do município de Cairu ocupa 70 km² (Figura 4) e sofre diretamente os impactos oriundos do turismo. Verificou-se em campo que muitas casas possuem esgotos lançado efluentes diretamente em rios e suspeita-se que os lençóis freaticos próximos aos lixões de Morro-Gamboa-Garapuá e de Boipeba e Moreré estão contaminados.

As classes não mapeadas correspondem a Apicuns, Carcinicultura, Mata Nativa, Agrofloresta, Pastagem, Restinga, Praia, Plantações de Coco dentre outras.

ISBN: 978-85-7282-778-2

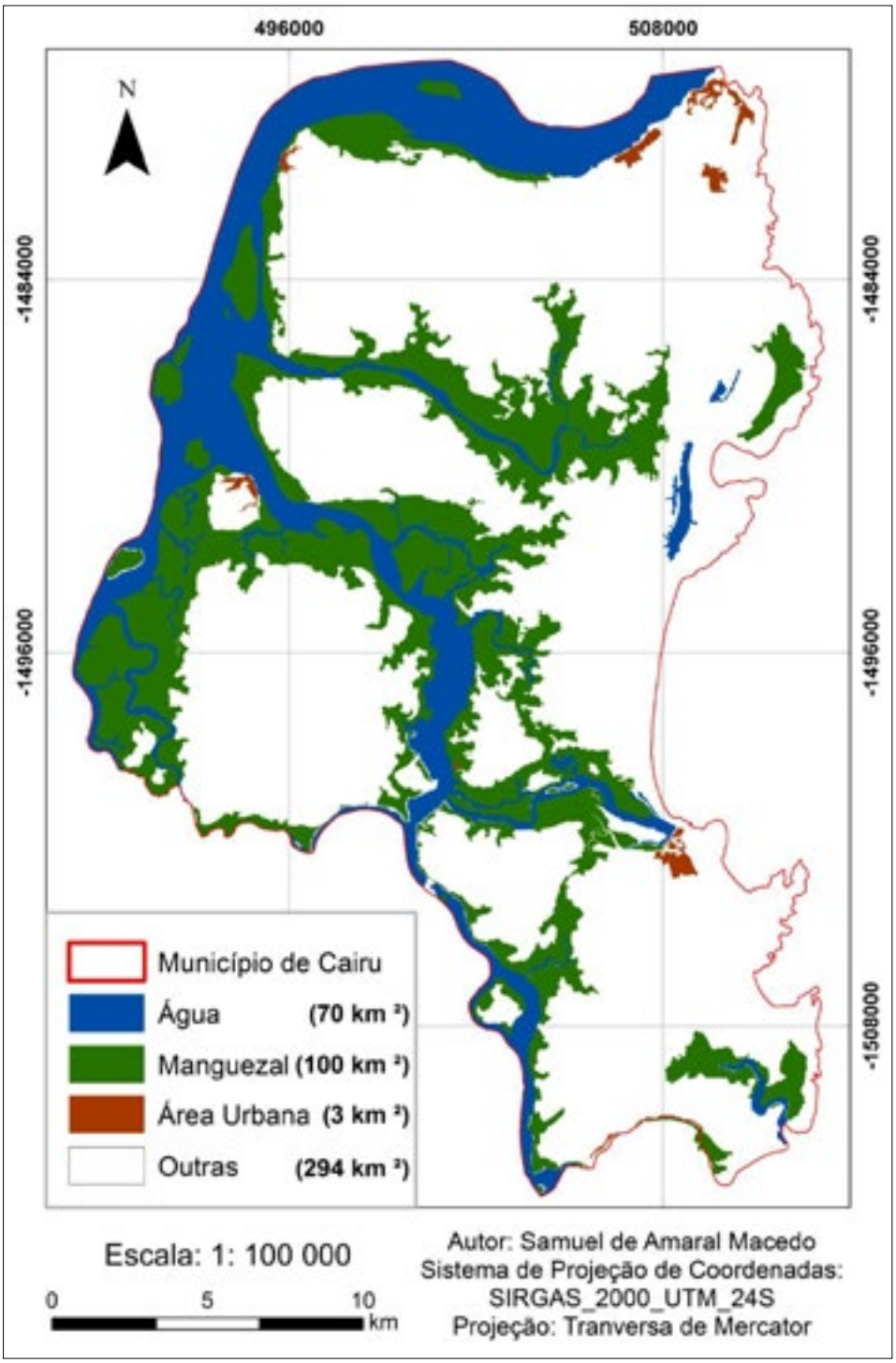


Figura 4 – Mapeamento de Manguezais do município de Cairu-BA, 2018. Fonte: USGS (2019)

4. Considerações Finais

A classificação supervisionada baseada a objeto é uma técnica avançada de classificação de imagens de satélite que permite alcançar resultado satisfatório no mapeamento do manguezal.

Verificou-se que a composição de banda 5, 6 e 2 para imagens Landsat 8 também pode ser indicada para mapeamento da vegetação do manguezal. No presente estudo ela chegou a ser mais eficiente do que a composição 5, 4 e 3.

Foram mapeados 100 km² de Manguezal no municpío de Cairu-BA. O produto cartográfico e as informações geradas são resultados prelimirares e integrarão um estudo amplo de análise espaço-temporal dos manguezais do Baixo Sul da Bahia.

5. Referências Bibliográficas

ALVES, CLAUDIA DURAND et al. Análise orientada a objeto no mapeamento de áreas urbanas com imagens Landsat. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 15, n. 1, 2009.

BAHIA. **Plano de Manejo da Área de Proteção de Ambiental das Ilhas de Tinharé Boipeba. Salvador - Secretaria de Planejamento do Estado da Bahia (SEPLAN)**, Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia (CONDER), Salvador Vol.1, 150 p. 1998.

BAHIA, Decreto nº 1.240, de 5 de junho de 1992. **Cria a Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Tinharé e Boipeba no Município de Cairú e dá outras providências**. Diário Oficial da União. Poder Executivo, Brasília, DF. 1992.

COELHO, C. J. da C. **Fuzzy Logic and GIS in the Determination of Vulnerability to Direct Occupation of Wetlands in the Basin of Anil on the island of São Luis - MA**. 2008. 211 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia e Limnologia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luis, 2008.

CRUZ, C. B. M. et al. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** São Paulo: INPE, 2007, p. 5691-5698.

GULBERG, L. D. **Plano de manejo da Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Tinharé e Boipeba–Estudo de caso**. 2008. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) - Dep. das Engenharias, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2008.

HADLICH, G.M.; UCHA, J. .; OLIVEIRA, T. L. de. Distribuição de apicuns e de manguezais na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2015, João Pessoa. **Anais...** São Paulo: INPE, 2009, p. 4607-4614.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images /stories/manguezais/atlas_dos_manguezais_do_brasil.pdf >. Acesso em: 05 jan. 2018.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). **Avaliação e ações prioritárias para A conservação da biodiversidade da Mata atlântica e campos sulinos**. Disponível em: < http://www.sei.ba.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2265&Itemid=494>. Acesso em: 09 abr. 2018.

KAMPEL, M.; AMARAL, S.; SOARES, M. L. G. Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no nordeste brasileiro: um estudo no litoral do Estado do Ceará. **Anais...,** XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), p. 979-986, 2005.

LAMPARELLI, C. C.; MOURA, D. O. de.; LOPES, C. F. Mapeamento dos ecossistemas costeiros do Estado de São Paulo. In: Mapeamento dos ecossistemas costeiros do estado de Sao Paulo. SMA, 1999.

MIRANDA, M. L. **Mapeamento ecológico e definição de áreas prioritárias para a conservação dos recifes da APA das ilhas de Tinharé e Boipeba, Bahia – Brasil**. 2009. 102 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas modalidade Zoologia: Organismos Aquáticos) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

OLIVEIRA, A. F. L. de. et al. Mapeamento de Manguezais a partir de Imagens Óticas de Alta Resolução aplicando a Classificação Orientada a Objeto, Cabo Norte, Amapá. In: SIMPÓSIO

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São Paulo: INPE, 2015, p. 7574-7581.

REBOUÇAS, R. C. **Biografia das areias da Costa do Dendê: um estudo da composição das areias de praia entre os rios Jequiriçá e Tijuípe**. 2006, 73 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Costeira, Marinha e Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar**. São Paulo: Caribbean Ecological Research, 1995.

SEI (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais Da Bahia). **Análise dos atributos climáticos do Estado da Bahia**. Salvador: SEI, Série Estudos e Pesquisas, 1998, v. 38, 85p.

_____. **Territórios de Identidade da Bahia**. Disponível em: < http://www.sei.ba.gov.br /index.php?option=com_content&view=article&id=2265&Itemid=494>. Acesso em: 05 mar. 2018.

SOARES, R. B. et al. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/OLI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São Paulo: INPE, 2015, p. 4836-4843.

SOS MATA ATLÂNTICA. **Relatório anual de atividades 2017**. Disponível em: < https://www.sosma.org.br/quem-somos/relatorios-e-balancos/ >. Acesso em: 02 Fev. 2018.

SILVA, G. F. da. et al. O uso da classificação baseada em objeto no estudo das mudanças nos manguezais da região metropolitana do Rio de Janeiro dos anos 1994/2007-Brasil. 13, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Paulo: INPE, 2013, p. 3047-3053.

UCHA, J.; HADLICH, G. M.; CARVALHO, G. dos. S. Manguezais e carcinicultura no Baixo Sul do Estado da Bahia, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15, 2011, Curitiba. **Anais...** São Paulo: INPE, 2011, p. 5002-5008.

TEIXEIRA, Sheila Gatinho; SOUZA FILHO, Pedro Walfir Martins. Mapeamento de ambientes costeiros tropicais (Golfão Maranhense, Brasil) utilizando imagens de sensores remotos orbitais. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, p. 69-82, 2009.

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos da América, **Imagens Landsat 8**. Disponível em: < https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 10 Dez. de 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS COMO SUBSÍDIO À EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UM OLHAR SOBRE A PRAIA DE BOA VIAGEM, RECIFE-PE

Victor Leonardo Silva [(a)], Julio César da Silva [(b)]

[(a)] Departamento de Ciências Geográficas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, victorleonardosilva1@gmail.com

[(b)] Departamento de Ciências Geográficas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, ufpejc@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho buscou elucidar a potencialidade dos softwares de Sistema em Informação Geográfica na tentativa de representar em mapas didáticos a presença de elementos que nos proporcionam bem-estar e que merecem ser visualizados por toda sociedade, vislumbrando a conservação do ambiente. A iniciativa em identificar os serviços ecossistêmicos, gerando classificações e valorações, demanda não somente de apontar suas presenças, mas sim de agregar valor no âmbito da educação ambiental, área por vezes esquecida nos dias atuais. Diante disso, foi delimitado um espaço da praia (ecossistema escolhido) de Boa Viagem, na Zona Sul da cidade do Recife. Como produto final foram elaborados mapas que pretendem fornecer subsídios para a temática do turismo e educação ambiental, dessa forma, tornando clara a diversidade ecossistêmica presente entre o Primeiro e o Segundo Jardim da praia de Boa Viagem, em Recife-PE.

Palavras chave: Serviços Ecossistêmicos; Sistema de Informação Geográfica; Educação Ambiental; Turismo; Recife.

1. Introdução

A intensificação da capacidade humana em realizar alterações no meio tem acarretado numa série de preocupações por parte de pesquisadores, estudiosos e do público em geral.

Essa preocupação decorre da noção de que a degradação humana nos últimos anos tem causado um déficit na qualidade de vida e no funcionamento equilibrado da dinâmica natural do planeta. É nesse sentido que a temática dos Serviços Ecossistêmicos tem se encaixado recentemente; trata-se de um modo de perceber os benefícios que o ser humano obtém a partir do funcionamento dos ecossistemas saudáveis (DAILY, 1997), visando identificar a importância destes e gerar uma noção de conservação do bem-estar oferecido no ambiente.

A iniciativa em identificar os serviços ecossistêmicos, gerando classificações e valorações, demanda não somente de apontar suas presenças, mas sim de agregar valor no âmbito da educação ambiental, área por vezes esquecida nos dias atuais, principalmente na conscientização de crescimento sustentável por parte das gerações futuras. Confome De Groot et. al (2002), a tentativa de analisar, classificar e valorar tais serviços acaba sendo uma atividade prática mais sensata do que evitar sua perda. As relações negativas com a natureza, quando envolvem, por exemplo, desmatamento e destruição, atingem rigorosamente a relação de equilíbrio natural que ali existia e produzem ambientes antropicamente modificados, resultando na "ruptura do equilíbrio climáxico (relação entre o potencial ecológico e exploração biológica), originando implicações resistásicas" (CASSETI, 1991, p.3). Ignorar as contribuições para as condições de vida por parte dos serviços ecossistêmicos é ignorar a própria vida, tendo-se em mente a complexa relação homem-natureza.

É nessa vertente que o produto cartográfico tem se destacado com frequência nos estudos ambientais: Uma representação simplificada do objeto de interesse, elucidando a superfície terrestre para fins de gestão. Conforme apontam Rovani e Cassol (2012), a cartografia ambiental, um setor da cartografia temática, consiste em representar a realidade a partir da visão do pesquisador sob uma visão holística que permite a compreensão dinâmica natureza-sociedade. Desse modo, a proposição que apresentamos nesse trabalho resulta da importância observada em tratar fenômenos dos Serviços Ecossistêmicos em representações cartográficas, corporificando, desse modo, o desejo de educação ambiental pela sociedade em

geral; Desde crianças, adultos à idosos dos benefícios que obtemos ou que podemos obter preservando o meio ambiente.

Esse trabalho pretende propor uma forma de abordar os serviços ecossistêmicos em mapas temáticos, objetivando uma maior difusão dos valores ambientais na sociedade em geral. Dessa forma, os mapas produzidos em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica) visam exemplificar e sugerir abordagens nesse tema. Para evidenciar o poder dessa cartografia de cunho educacional, trataremos aqui de exemplificar a aplicação dessas representações em ambientes litorâneos, mais especificamente na praia de Boa Viagem, Recife-PE. A área de estudo que exemplificamos aqui resulta das experiências e percepções urbanas que nos chamam atenção na capital pernambucana, sobretudo na propagação de valores ambientais, tema praticamente esquecido na vivência da cidade.

A necessidade de tratar a educação ambiental nos espaços não formais de ensino é de fundamental importância na consciência ambiental e valorização da paisagem. Dessa forma, conforme o art. 1º da Lei Federal nº 9.795/1999, entende-se por educação ambiental, os processos e mecanismos nos quais o indivíduo e a sociedade constroem valores, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (BRASIL, 1999, art. 1°). Acresentando a isso, o ecoturismo, uma vertente que tem ganhado destaque cada vez maior em territórios protegidos, tem sido uma estratégia de bastantes repercussões por se tratar geralmente de um turismo interpretativo, de mínimo impacto, discreto e que valoriza a conservação do meio ambiente e das culturas visitadas, segundo nos aponta Wearing e Neil (2001). Considerando isso, faz-se necessário o desenvolvimento de práticas educativas com objetivos de sensibilização da coletividade sobre as questões ambientais, como sua organização e participação na defesa da qualidade do meio ambiente (KLEYN et al. 2011).

Por final, os mapas aqui produzidos são, acima de tudo, recomendações, propostas, exemplos. A execução desse tipo de mapa temático vincula-se sobretudo nas mãos do

pesquisador na tentativa de ser o mais didático possível para a propagação dos serviços. É nessa perspectiva que se constitui este trabalho, principalmente na instigação por parte do planejamento público na valorização desses elementos ora esquecidos na prática urbana. Por último, mas não menos importante, é fundamental destacar que serviços ecossistêmicos e o turismo geocientífico são temas que convergem em alguns pontos de suas abordagens; isto é, tornar o conhecimento estritamente científico viável para o público em geral. Sendo assim, faz-se necessário a reflexão sobre a utilização de softwares SIG para a exemplificação dos elementos da paisagem que nos contam um pouco sobre os aspectos do nosso planeta: dinâmico, exuberante, acochegante e em risco.

2. Metodologia

A praia foi o ecossistema escolhido para o presente estudo. Diante disso, foi delimitado um espaço da praia de Boa Viagem (Figura 1), na Zona Sul da cidade do Recife. O trecho inicia do Primeiro Jardim de Boa Viagem (8°06'03''S / 34°53'06''W) ao Segundo Jardim (8°06'21''S / 34°53'14''W) e engloba as partes urbanas e do mar. Para cumprir com o objetivo da pesquisa, foram realizadas pesquisas bibliográficas pertinentes para construir uma base conceitual acerca dos temas de serviços ecossistêmicos; praias; aplicações do SIG; educação ambiental e práticas de turismo. Após a construção do arcabouço teórico e leituras conjuntas do material selecionado, foram feitas visitas à area de estudo para o entendimento integral acerca dos serviços ecossistêmicos e de suas potencialidades. Dessa forma, foram delimitados os serviços de maior importância do ponto de vista educativo através de análises presenciais. Por fim, foi verificada a possibilidade de executar dois mapas didáticos para representar a ocorrência desses serviços, sendo a temática pensada ser fundamental para a prática da educação ambiental em ambientes formais e não formais de ensino.

Figura 1 – Mapa de Localização

Adotamos a classificação sugerida pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio MEA (2003), que definiu as categorias básicas dos serviços. Foram escolhidas as categorias de Suporte/Regulação e Culturais. A primeira categoria traduz-se nos serviços que regulam as condições ambientais naturais e reduzem o acontecimento dos desastres naturais, além de promoverem a variedade genética responsável pela biodiversidade de um local. Já os serviços culturais, são aqueles espaços de recreação física e mental, além de turismo ecológico e apreciação estética dos elementos artificialmente produzidos. Os parâmetros adotados para a análise dos serviços em praias foi baseado no estudo de Santos e Silva (2012). Para a confecção dos mapas utilizou-se o software gratuito QGIS, na qual as informações dos

serviços foram introduzidas de maneira didática a fim de expor de maneira clara os elementos objetivados. Reconhecendo a importância da percepção ambiental no âmbito da Geografia, utilizamos a noção do olhar critico sobre a paisagem, percebendo o ambiente em que estamos inseridos, aprendendo a protegê-lo e cuidá-lo da melhor forma possível, conforme nos aponta (COIMBRA, 2004).

3. Resultados e discussões

Partindo da ideia proposta em realizar um mapeamento dos serviços prestados no ecossistema praia, esse trabalho trás a visualização da oferta dos Serviços Ecossistêmicos na praia de Boa Viagem (Figura 1), em Recife-PE. Dessa forma, são aqui exemplificados dois mapas que pretendem fornecer subsídios para a temática do turismo e educação ambiental. A praia de Boa Viagem, um dos cartões postais da cidade do Recife, é contemplada de diversos serviços que proporcionam bem-estar ao público que a visita.

No mapa referente aos Serviços de Regulação e Suporte (Figura 2), podemos inferir a presença da restinga em toda a sua extensão do tipo herbácea, que fornece como suporte a fixação de dunas descrita na Lei nº 4.771/65 do Código Florestal. Algumas espécies de aves e tartarugas marinhas utilizam a restinga como Berçário na formação de seus ninhos, que também é considerada um local de descanso para as aves migratórias (Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2010). As dunas embrionárias evidenciam a proteção da zona costeira adjacente. Dessa forma, tem-se uma dualidade de suportes na qual a restinga preserva as dunas e as dunas protegem-na dos eventos extremos – como as ressacas que acontecem frequentemente na praia. Os arenitos de praia, formados pela cimentação do carbonato de cálcio, possibilitam a dissipação da energia das ondas, dando proteção à zona de encosta e funcionando como uma barreira natural de quebra-mar, assegurando a atividade do banho de mar de forma mais tranquila; nesse elemento, podemos ressaltar a pesquisa de Souza (2017) onde 97% das pessoas entrevistadas nas praias do Pina e Boa Viagem consideram importante a presença dos arenitos para manutenção do sistema costeiro. Os arenitos de praia abrigam

uma grande biodiversidade de espécies, sua estrutura fornece abrigo para as espécies costeiras e marinhas de pequeno porte (CARVALHO; HORN, 2014). De fato, os arenitos são importantes na proteção dos agentes que existem nas praias como as correntes marítimas e ataques de tubarão – este último, embora não concentrados na área de Boa Viagem, tem afastado as pessoas do banho de mar nos últimos tempos devido aos ataques no litoral de Pernambuco.

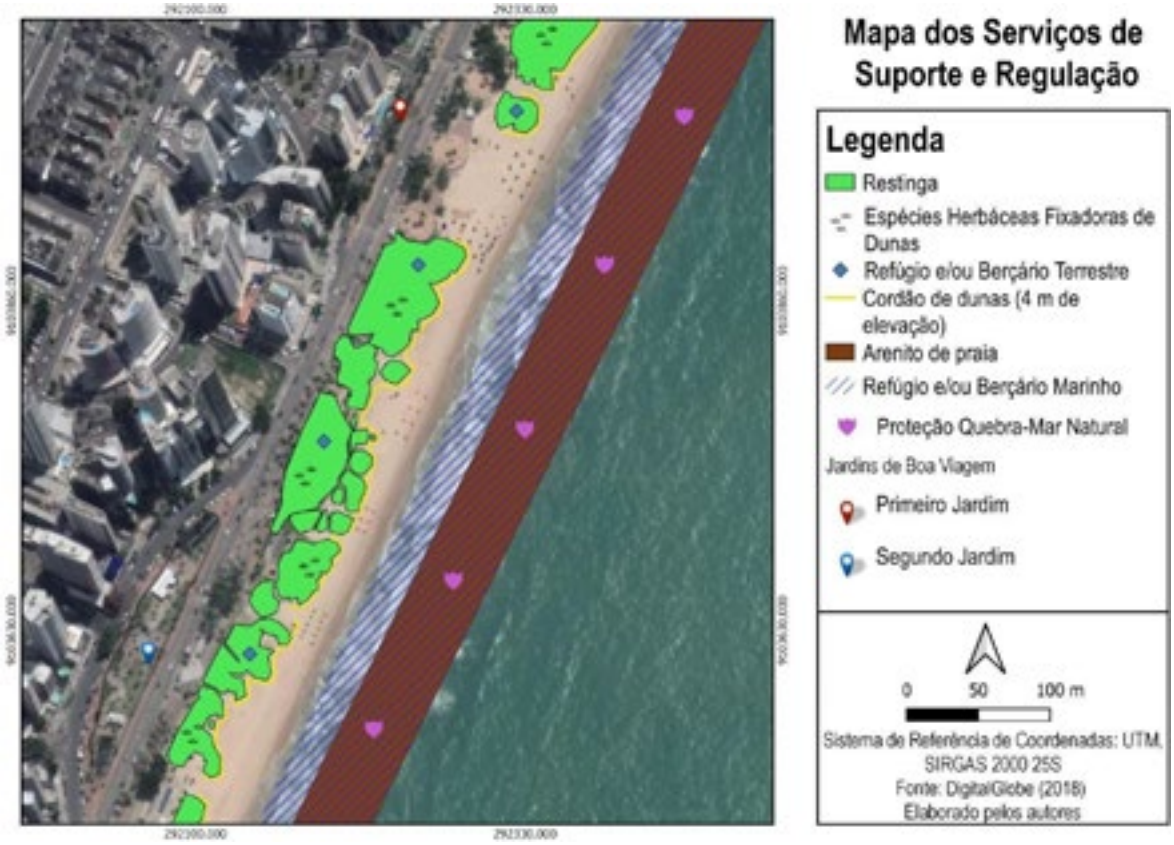


Figura 2 – Mapa dos Serviços de Regulação e Suporte

No âmbito dos Serviços de Informação e Cultura (Figura 3) podemos concluir que os elementos representados (Academias, fraldário, oferta de bicicletas, quiosques, equipamentos de exercícios físicos, telefones públicos, pista de skate, parque infantil e banheiros) são

serviços de essencial importância na vivência da praia. Sendo assim, além de atenderem as necessidades básicas das pessoas, favorece a sensação de segurança, bem-estar e promovem a atividade turística com melhor aproveitamento na região. Além desses, a faixa de areia representa também um local de lazer e prática de esportes. Menção especial merece também o que colocamos aqui como "monumentos"; isto é, importantes objetos que nos chamam a atenção para o reconhecimento da identidade cultural de Pernambuco, agregando valor estético e cultural para os turistas que se deparam com essas feições distribuídas na orla da praia pela Secretaria de Cultura do Recife. Durante o percurso entre o primeiro e segundo jardim, quatro monumentos são destacados: Os Leões do Mestre Nuca de Tracunhaém, um artista de expressão do estado bastante conhecido por suas peças, dispõe as conhecidas feições de leões elaborados com a arte do barro. O monumento do Galo da Madrugada refere-se aos quarenta anos de comemoração do mais famoso bloco carnavalesco do estado, sendo ponto ideal para os turistas encontrarem uma importante manifestação cultural do Recife. As Carrancas de Leão também representam uma importante manifestação artística-cultural de Pernambuco ao retratar – frequentemente em madeira – formas humanas e animais; essas são bastante procuradas em lojas de artesanato local e símbolo da arte popular interiorana. Por final, o Busto de Jerônimo Telles Junior, homenagem produzida pelo escultor Bibiano Silva, traz a feição de um importante artista e professor que deixou seu legado no magistério e na política do Recife.

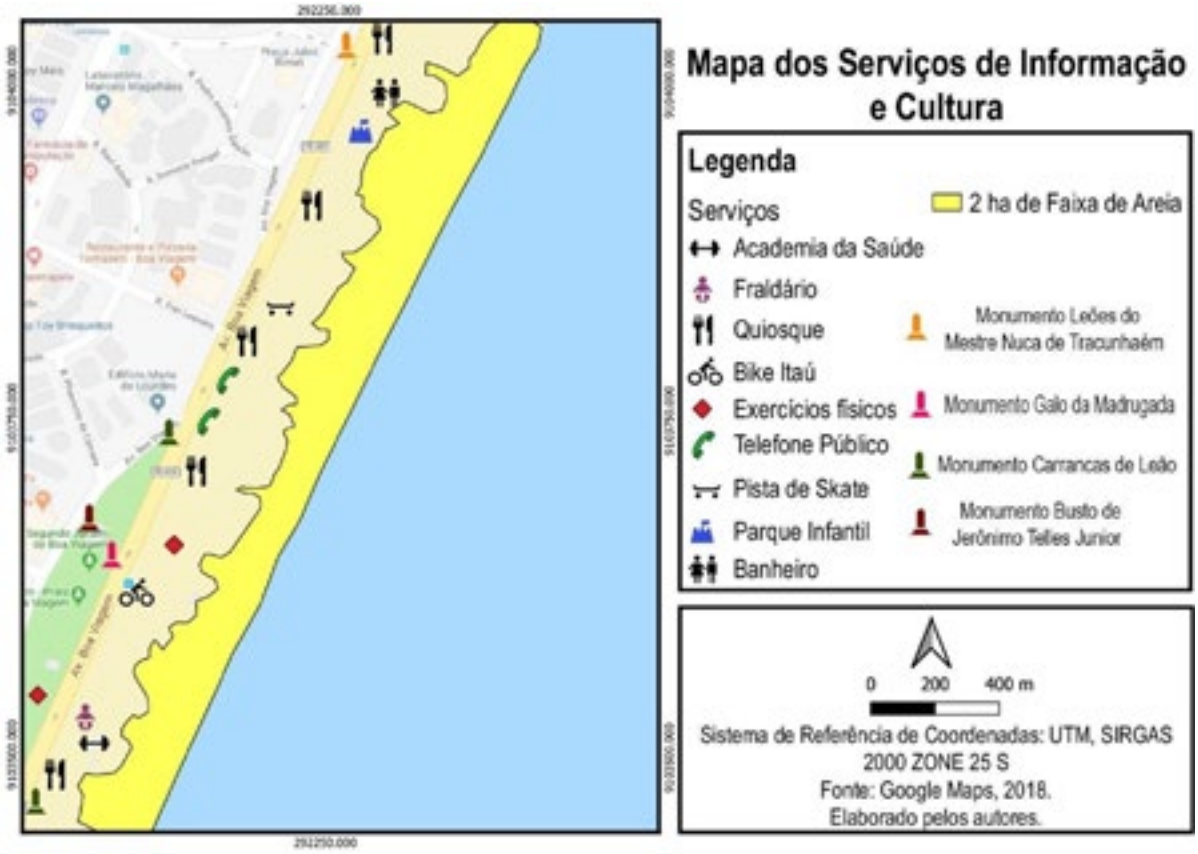


Figura 3 – Mapa dos Serviços de Informação e Cultura

4. Considerações Finais

Diante da exposição apresentada, tornou-se clara a diversidade ecossistêmica presente no ambiente litorâneo pernambucano, mais precisamente entre o Primeiro e o Segundo Jardim da praia de Boa Viagem, em Recife. Nesse contexto, o presente trabalho buscou elucidar a potencialidade dos softwares de Sistema em Informação Geográfica na tentativa de representar em mapas didáticos a presença de elementos que nos proporcionam bem-estar e que merecem ser visualizados por toda sociedade, vislumbrando a conservação do ambiente. A temática é essencialmente relevante na construção social do indivíduo durante sua

formação escolar. Desse modo, o amplo debate acerca das contribuições dos serviços ecossistêmicos deve ser mantido para futuras interações da geografia praticada nas escolas, tendo-se em mente que a temática ainda é pouco explorada fora do ambiente acadêmico-científico. Sugerimos, dessa maneira, que pesquisadores interessados pela educação ambiental busquem estudar, abordar e, sobretudo difundir a temática do mapeamento didático em locais de atividade turística-educacional, como por exemplo, nas unidades de conservação espalhadas pelo Brasil. Mapas didáticos agregarão muito ao público que possui pouco acesso ao conhecimento científico, fazendo com que dessa maneira crie-se maior interesse e entusiasmo no movimento turístico impulsionado pela oportunidade educacional e ilustrativa.

Outro aspecto que se faz relevante são os recentes ataques de tubarão no litoral pernambucano, que, embora concentrados recentemente na praia de Piedade, se refletem na diminuição da presença de pessoas na praia como forma de prevenção. Isso se torna evidente porque, como alertam as placas, as áreas compreendidas entre o Primeiro e o Segundo Jardim são locais de possível presença de tubarões, mas que as partes iniciais do mar em condições e horários normais, são seguras. Esse fator é preponderante na compreensão dos serviços ecossistêmicos, porque além de afastarem as pessoas da oferta desses serviços, propagam a ideia de ambiente impróprio para lazer. Sendo assim, é de suma importância a articulação de instituições responsáveis gerarem mecanismos para reverterem este quadro de precaução por parte da população e turistas, visto que, o ecossistema costeiro, além de promover lazer para a população, é um ambiente que promove a economia local. Outros fatores também apresentam problemas para o funcionamento saudável do ecossistema, como a pesca predatória e o escoamento de fluidos sanitários que são despejados ao longo da praia pelas construções, residências e comerciais da área. De certa forma políticas sustentáveis devem ser incentivadas a partir do poder público por se tratar de uma área turística, para que os serviços ecossistêmicos continuem sendo utilizados, gerenciados e, por final, vivenciados de forma eficiente por toda sociedade.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dos docentes e estudantes do curso de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco pela disponibilidade de atender e debater nossas ideias, especialmente ao mestrando Nivaldo Lemos, que nos forneceu as primeiras noções acerca da temática dos Serviços Ecossistêmicos durante a disciplina de Biogeografia, ofertada no terceiro período do curso de Bacharelado em Geografia. Agradecemos também pela receptividade dos moradores do bairro de Boa Viagem e a Secretaria de Cultura do Recife pelas informações fornecidas.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. Casa Civil. **Lei Federal nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências.** Poder Executivo. Brasília, 1999.

CARVALHO, B. E. M.; HORN, F. N. O.; **Relação dos Recifes de Arenito com a Geomorfologia Costeira do litoral Piauiense**. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.140-145, 2014.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2ª. ed., São Paulo: Contexto, 1995 - (Coleção Caminhos da Geografia).

COIMBRA, J. **Linguagem e percepção ambiental**. In: PHILIPPI-JR, Arlindo; ROMERO, M; BRUNA, G (Orgs). *Curso de Gestão Ambiental.* Barueri: Manole, p. 525–570, 2004.

Daily, G & Postel, Sandra & Bawa, Kamaljit & Kaufman, Les. **Nature's Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems**. Bibliovault OAI Repository, the University of Chicago Press, 1997.

DE GROOT, R. S. ; WILSON, M. A. ; BOUMANS, R. M. J. **A typology for the classification, description, and valuation of ecosystem functions, goods and services.** Ecological Economics, v. 41, p. 393-408, 2002.

KLEIN, F. M.; ESCANDOLHERO, J. P. O.; LUCCHESE, N. R.; MERCANTE, M. A. FÁVERO, S. e RODRIGUES, S. C. **Educação ambiental e o ecoturismo na Serra da Bodoquena em Mato Grosso do Sul**. Sociedade & Natureza, v. 23, n. 2, p. 311-321, 2011.

MEA - MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment.** Washington, DC.: Island Press. 2003.

ROVANI, F; CASSOL, R. **Cartografia Ambiental: Contribuições nos estudos geográficos**. Revista Brasileira de Cartografia (2012) N0 64/3: 389-403, Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto ISSN: 1808-0936.

SANTOS, R. C.; SILVA, I. R. **Serviços ecossistêmicos oferecidos pelas praias do município de Camaçari, Litoral Norte do estado da Bahia, Brasil.** Cadernos de Geociências, v. 9, n. 1, p. 47 – 56, 2012.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Restinga.** Séries Ecossistemas Paranaenses, v. 1, 2010. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/cobf/V1_Restinga.pdf>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.

SOUZA, N. L. **Percepção ambiental e inventário dos serviços ecossistêmicos nas praias do Pina e Boa Viagem/PE.** Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2017.

WEARING, Stephen; NEIL, John. **Ecoturismo: impactos, potencialidades e possibilidades.** São Paulo: Manole, 2001.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO E ANÁLISE DA EXPANSÃO DA AGRICULTURA IRRIGADA POR PIVÔ CENTRAL NA MESORREGIÃO NOROESTE GOIANO – GOIÁS - BRASIL

Alécio Perini Martins [(a)], Cleonice Batista Regis Soares [(b)] , Beatriz de Lima Morais [(c)]

[(a)] Professor, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, alecioperini@yahoo.com.br
[(b)] Mestranda, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, cleoniceregis@gmail.com
[(b)] Graduanda, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, biiahmorais.98@gmail.com

Eixo: 9 - Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Entre os anos de 1988 e 2018, sobretudo nos últimos 10 anos, houve uma alteração significativa no uso e cobertura da terra na mesorregião Noroeste Goiano, principal fronteira agrícola do estado de Goiás, onde a pecuária cada vez mais cede espaço para a agricultura. Neste sentido, a pesquisa apresentada visa analisar a expansão da agricultura irrigada por pivô central no Noroeste Goiano. Para identificação destas áreas, bem como a análise de sua dinâmica territorial em 30 anos, foram utilizadas imagens dos sensores TM e OLI dos satélites Landsat 5 e 8 e o software ArcGIS 10.1®.A área plantada com soja na região aumentou 460% a partir de 2010, sendo identificados atualmente 301 pivôs centrais, em uma área irrigada de 31.010 ha, com destaque para a Microrregião do Rio Vermelho. Esta expansão gera preocupação em relação a disponibilidade de recursos hídricos e a fiscalização do uso indiscriminado dos mesmos.

Palavras chave: Geotecnologias; Agricultura irrigada; Monitoramento ambiental.

1. Introdução

A ocupação do território goiano data do século XVIII com o declínio da mineração em diversas regiões do Brasil, quando alguns mineradores organizam uma expedição no sertão dos "Goyazes" em busca de ouro (PALACÍN, 1994 apud PÁDUA, 2008). Nesse mesmo período, Bartolomeu Bueno da Silva, conhecido como o segundo "Anhanguera", fundou o Arraial de Santana (Cidade de Goiás), "localizado entre morros, numa quebrada ao sopé da Serra Dourada, muito próximo das nascentes do Rio

Vermelho" (PÁDUA, 2008, p. 16), posteriormente convertido em Vila e depois em cidade.

Barreira (1997) destaca que as atividades de mineração do ouro deram origem às atuais cidades de Goiás (Vila Boa) e Crixás e que, no século XX, viriam a exercer um importante papel na ocupação da região

Com relação à ocupação da região da Estrada do Boi, Barreira (1997) destaca três momentos, que coincidem com o processo de ocupação de todo o Noroeste Goiano: um primeiro momento, nos anos 50; um segundo momento, nos anos 60; e um terceiro momento, nos anos 70-80. Na década de 1950, a região começa a ser incorporada no processo produtivo, principalmente pela presença de vastos espaços vazios, capazes de receber grandes levas de migrantes e investidores, respondendo a uma preocupação do Estado em promover uma certa regularização fundiária destas terras. Neste período, foram registrados loteamentos rurais nos municípios de Mozarlândia, São Miguel do Araguaia, Crixás, Aruanã e Porangatu, embora a atividade pecuária já fosse registrada há algumas décadas (BARREIRA, 1997).

O segundo momento de ocupação da região, se inicia no começo da década de 1960, quando a região recebe um fluxo de pecuaristas do sul de Goiás, Minas Gerais e São Paulo. Aspectos jurídicos relacionados à posse das terras já estavam solucionados e o processo de ocupação destas terras foi intensivo e extremamente rápido, com um incremento no rebanho bovino na ordem de 193%. Neste período tem início a implantação da GO-422 (Estrada do Boi), entre as cidades de Goiás e São Miguel do Araguaia, além de outras vias de acesso extremamente importantes para o desenvolvimento da região (BARREIRA, 1997).

O terceiro momento de ocupação acontece nas décadas de 1970/1980, com aumentos significativos no rebanho bovino, apresentando relação direta com a construção da

Estrada do Boi e com a integração de municípios como Mozarlândia e Aruanã à atividade pecuária. Surgem também novas aglomerações urbanas como Nova Crixás, Mundo Novo, Araguapaz e Novo Planalto (BARREIRA, 1997).

A partir destas considerações, podemos pensar em um quarto momento de ocupação regional, iniciando na década de 1990, e intensificado nos anos 2000 pelo cultivo de grãos, inclusive com o uso de irrigação na produção, objeto de estudo deste artigo. Localizada na fronteira com o estado de Mato Grosso, a mesorregião Noroeste Goiano é composta por três microrregiões de planejamento: Aragarças, Rio Vermelho e São Miguel do Araguaia, com 23 municípios ao todo (Figura 01).

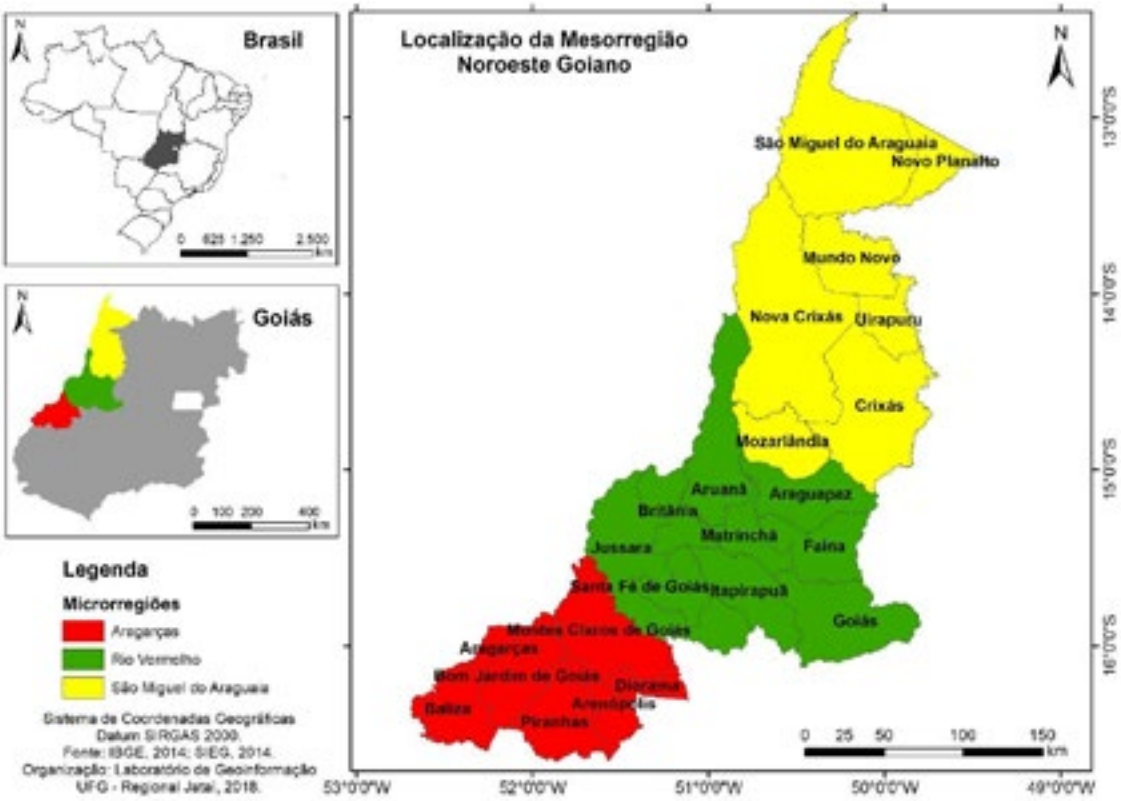


Figura 01 - Localização da área de estudo
Fonte: IBGE, 2014.

Em 2017, a população estimada na mesorregião foi de 227.957 hab., sendo uma das regiões menos populosas de Goiás (3,4% da população do Estado). Os municípios de Goiás, São Miguel do Araguaia e Aragarças figuram como polos regionais, embora estes municípios apresentem populações inferiores a 25.000 habitantes (IBGE, 2017).

Embora a principal atividade econômica da região seja a pecuária, têm-se observado na última década um crescimento significativo nas áreas de produção agrícola, sobretudo o cultivo de grãos. No município de Jussara, por exemplo, a área colhida de soja aumentou de 600 ha em 2010 para 10.256 ha em 2016. Na mesorregião, o aumento na área colhida com soja de 2010 para 2016 foi de 460%, levando à conclusão de que esta é a principal área de expansão da atividade agrícola no Estado de Goiás (IBGE; IMB, 2017).

O trabalho aqui apresentado integra um projeto que visa analisar a matriz de mudança do uso e cobertura da terra na mesorregião Noroeste Goiano nos últimos 40 anos. Especificamente neste artigo, pretende-se mapear e analisar as áreas irrigadas por pivô central entre os anos de 1988 e 2018 utilizando Geotecnologias. Este mapeamento é importante para subsidiar futuras análises geoambientais que serão feitas na região.

2. Material e métodos

Inicialmente, foram levantados dados secundários no sitio do Instituto Mauro Borges (IMB), setor da Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento de Goiás (SEGPLAN) que disponibilizam dados online de diferentes fontes como IBGE, MTE, etc.

As informações sobre outorgas de uso da água para irrigação foram obtidos junto a SECIMA (Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura Cidades e Assuntos Metropolitanos) disponibilizados na forma de planilhas por bacias higrográficas compondo o estado de Goiás, publicados em maio/2017 e atualizados em

setembro de 2018, reportando dados referentes ao número do processo aberto, data, coordenadas geográficas da capitação, vazão (l/s), e outros.

Para o mapeamento das áreas irrigadas por pivô central utilizou-se como base imagens do sensor TM/Landsat 5 para os anos de 1988, 1998 e 2008 e do sensor OLI/Landsat8 para o ano de 2018, obtidas gratuitamente junto ao sitio do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), predominantemente do mês de julho por apresentar uma menor cobertura de nuvens e imagens sem ruidos atmosféricos. A composição colorida considerou as bandas com respostas espectrais nas faixas do vermelho, infravermelho próximo e infravermelho médio.

A partir da realização de mosaico e composição colorida, as imagens passaram por uma pré-classificação por componentes principais, isolando as áreas de agricultura irrigada e, posteriormente, por um processo de classificação visual e mapeamento das áreas irrigadas por pivô central que apresentam forma circular, textura lisa e coloração uniforme. Todos os procedimentos foram realizados no software ArcGIS 10.1®, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG – Regional Jataí.

3. Resultados e discussão

A mesorregião Noroeste Goiano apresenta-se atualmente como a principal área de expansão da fronteira agrícola no Estado de Goiás, com um aumento da ordem de 460% da área cultivada com soja entre os anos de 2010 e 2016, embora a principal atividade econômica ainda esteja fundamentada na criação de gado de corte (Tabela I).

Com relação às áreas irrigadas por pivô central, os dados Mapeamento dos pivôs centrais instalados no Estado de Goiás e no Distrito Federal no ano de 2016 realizado pela SEFAZ - Coordenação de Agronegócio da Secretaria de Estado da Fazenda e disponibilizados pelo sítio do SIEG, apresentam 258 aparelhos com área total de 26.547,61 ha na mesorregião Noroeste Goiano.

Comparado com as informações sobre outorgas disponibilizadas pela SECIMA (Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura Cidades e Assuntos Metropolitanos), têm-se o registro de 123 autorizações para o uso da água em irrigação. Mesmo considerando que uma outorga pode atender vários pivôs e/ou propriedades, o número é muito discrepante, sendo necessário uma maior atuação da SECIMA no sentido de fiscalizar as autorizações para uso da água, questão cada vez mais complexa na região da depressão do Rio Araguaia.

Tabela I – Produção Agropecuária na Mesorregião Noroeste Goiano (2008/2017)

	Área colhida (ha)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aragarças	Bovino	833.000	883.800	927.800	912.280	881.500	865.600	884.185	909.800	931.100	860.895
	Vacas ordenhadas	65.500	65.000	62.750	65.850	72.480	78.800	86.100	74.390	75.900	72.600
	Soja	13.450	13.533	17.050	19.713	35.596	47.700	62.300	71.962	73.000	69.840
	Milho	2.950	2.525	2.160	2.320	8.174	4.828	5.710	4.810	4.280	5.486
	Feijão	935	890	666	1.701	1.786	2.560	3.031	4.030	3.530	0
	Arroz	1.595	1.585	1.570	1.460	1.650	940	815	198	0	0
	Lenha (m³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220
Rio Vermelho	Bovino	1.815.570	1.871.275	1.940.139	1.862.230	1.854.460	1.810.700	1.810.000	1.850.046	1.865.723	1.901.154
	Vacas ordenhadas	103.480	106.665	109.625	110.045	111.210	110.280	127.639	120.950	101.660	89.151
	Soja	2.540	2.650	2.650	6.556	13.755	13.451	19.805	21.435	22.039	18.428
	Milho	6.670	8.070	8.630	6.050	6.786	3.234	5.457	3.750	3.790	4.072
	Feijão	1.250	1.300	3.320	5.638	2.780	5.944	7.492	4.137	3.948	12.911
	Arroz	4.540	4.980	5.270	1.900	20	20	40	30	70	10
	Lenha (m³)	0	0	0	0	0	0	45.000	39.000	40.750	36.000
São Miguel do Araguaia	Bovino	1.977.000	2.058.936	2.094.660	2.102.000	2.151.260	2.047.973	2.149.000	2.129.682	2.180.746	2.117.015
	Vacas ordenhadas	77.120	79.090	80.840	89.480	92.260	87.357	63.098	55.513	42.341	26.750
	Soja	1.950	2.600	2.000	2.808	11.150	11.920	14.566	19.379	26.590	23.748
	Milho	5.550	5.300	5.400	5.530	4.575	1.955	2.490	2.270	3.811	1.963
	Feijão	30	20	15	35	0	0	0	0	0	100
	Arroz	4.200	4.730	5.450	2.970	3.030	2.680	3.090	3.090	2.910	2.900
	Lenha (m³)	0	0	0	0	0	0	35.000	45.000	45.000	30.000

Fonte: IBGE, 2017, organizado pelo Instituto Mauro Borges, 2018.

A partir da análise da tabela II, além do aumento de 460% na área colhida com soja, observa-se um acréscimo de mais de 500% da área colhida de feijão, possibilitado graças à implementação da irrigação. Em contrapartida, observa-se uma redução gradativa em cultivos tradicionais como o arroz e o milho, indicando um possível enfraquecimento da agricultura familiar e das pequenas propriedades na região. A

atividade pecuária mantém-se como a mais importante na economia regional, com pequenas oscilações no rebanho nos últimos 10 anos e uma gradual redução na atividade leiteira na microrregião de São Miguel do Araguaia, conincidindo com o aumento na produção de grãos.

Tabela II – Comparativo das áreas irrigadas por pivô central na Mesorregião Noroeste Goiano entre os anos de 1988 e 2018.

Microrregião	Município	1988		1998		Taxa (%) 1988/1998	2008		Taxa (%) 1998/2008	2018		Taxa (%) 2008/2018
		Qtde	Área	Qtde	Área		Qtde	Área		Qtde	Área	
Aragarças	Aragarças	0	0	0	0		0	0		0	0	
	Arenópolis	0	0	0	0		0	0		0	0	
	Baliza	0	0	0	0		0	0		0	0	
	Bom Jardim de Goiás	0	0	0	0		0	0		1	100	
	Diorama	0	0	0	0		0	0		0	0	
	Montes Claros de Goiás	0	0	2	240		12	1350	338	25	2600	93
	Piranhas	0	0	0	0		0	0		0	0	
	TOTAL	**0**	**0**	**2**	**240**		**12**	**1350**	463	**26**	**2700**	100
Rio Vermelho	Araguapaz	0	0	0	0		0	0		0	0	
	Aruanã	0	0	1	120		8	1000	733	12	1450	45
	Britânia	0	0	2	280		9	1050	275	28	2950	181
	Faina	0	0	0	0		0	0		0	0	
	Goiás	0	0	7	450		19	1000	122	29	1450	45
	Itapirapuã	0	0	6	510		6	510	0	8	800	57
	Jussara	10	1160	47	5410	366	74	7100	31	120	13300	87
	Matrinchã	0	0	14	1300		17	1520	17	23	1900	25
	Santa Fé de Goiás	2	250	2	250	0	13	1500	500	29	3450	130
	TOTAL	**12**	**1410**	**79**	**8320**	**490**	**146**	**13680**	**64**	**249**	**25300**	85
São Miguel do Araguaia	Crixás	0	0	0	0		0	0		0	0	
	Mozarlândia	0	0	2	250		4	500	100	7	750	50
	Mundo Novo	0	0	0	0		1	100		2	240	140
	Nova Crixás	0	0	0	0		11	1350		16	1970	46
	Novo Planalto	0	0	0	0		0	0		0	0	
	São Miguel do Araguaia	0	0	0	0		0	0		1	50	
	Uirapuru	0	0	0	0		0	0		0	0	
	TOTAL	**0**	**0**	**2**	**250**		**16**	**1950**	680	**26**	**3010**	54
Noroeste Goiano		**12**	**1410**	**83**	**8810**	525	**174**	**16980**	93	**301**	**31010**	83

O crescimento mais significativo das áreas cultivadas com soja e feijão foi registrado nas microrregiões do Rio Vermelho e Aragarças, sobretudo nos municípios de Montes Claros de Goiás, Britânia, Goiás, Matrinchã, Santa Fé de Goiás e Jussara. Nos últimos anos observou-se, ainda, um aumento considerável na microrregião São Miguel do

Araguaia (Nova Crixás e Mozarlândia), indicando o avanço da área agrícola em direção ao extremo Noroeste do Estado de Goiás (Figura 2).

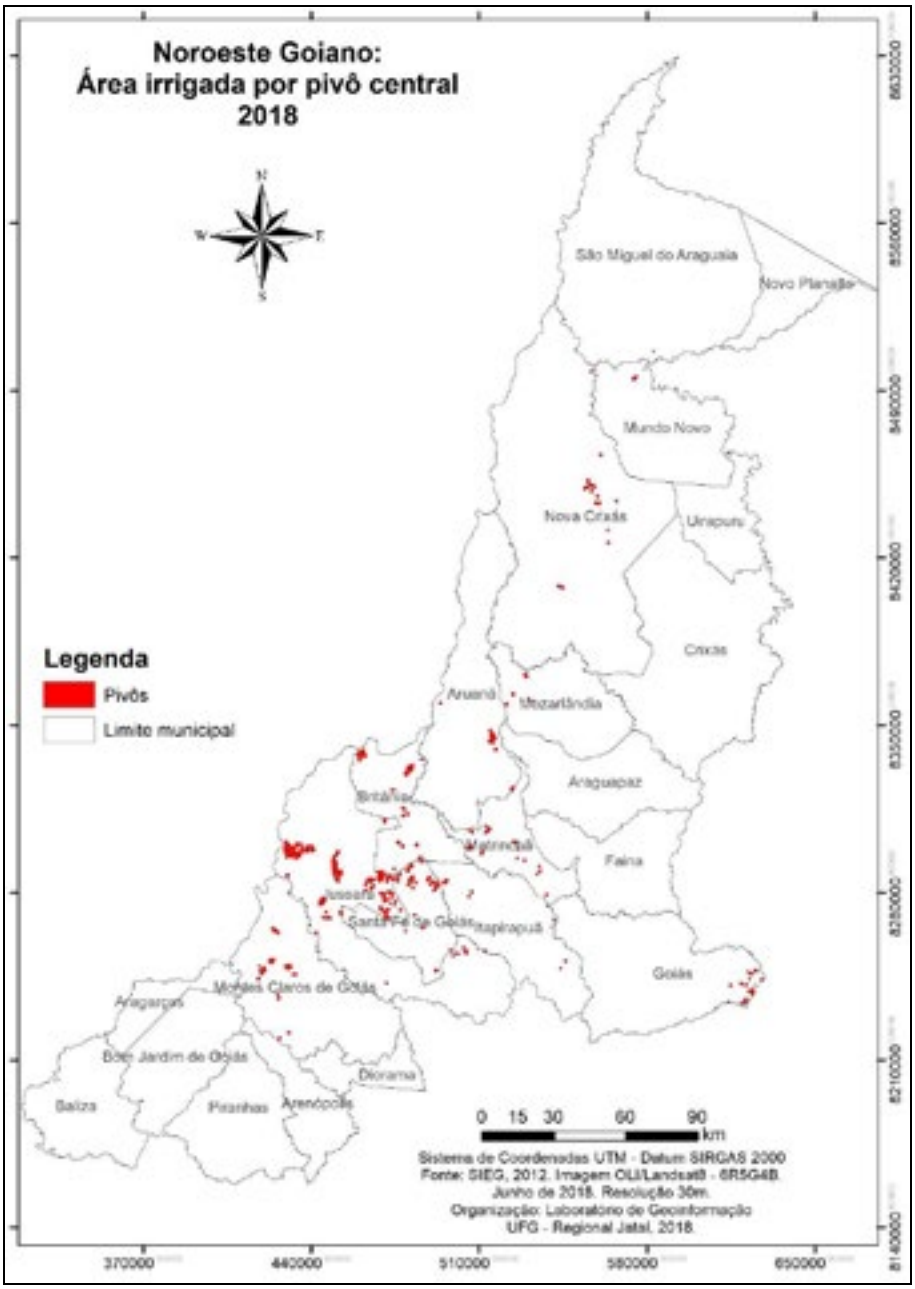


Figura 02 – Localização das áreas irrigadas por pivô central na Mesorregião Noroeste Goiano no ano de 2018.

No mapeamento realizado nesta pesquisa, observa-se que a quantidade de pivôs aumentou de 12 no ano de 1988 para 301 em 2018, sobretudo nos municípios da microrregião do Rio Vermelho (Tabela II). É possível observar que, apenas no município de Jussara ocorre um aumento de 10 para 120 pivôs em um intervalo de 30 anos (figura 03), sendo que na microrregião do Rio Vermelho este aumento foi de 12 para 249 pivôs centrais. Atualmente, a área irrigada por pivô central na Mesorregião Noroeste de Goiás é de 31.010ha, correspondendo a 12,1% da área irrigada por pivô central em Goiás, números que tendem a crescer nos próximos anos considerando o avanço da fronteira agrícola no Estado.

Em atividade de campo realizada no município de Santa Fé de Goiás no mês de maio de 2018, constatou-se que o principal uso da terra destas áreas irrigadas é com o segmento de *commodities* agrícolas, destacando-se crescente aumento da conversão das áreas de pastagens para a atividade de agricultura, impulsionadas devido suas características edafoclimáticas e relevo favoráveis para a prática de uma agricultura tecnificada.

No levantamento foram identificados e espacializados 29 pivôs centrais, totalizando 3.296,38 ha, sendo 3 pivôs centrais utilizados com gramíneas/pastagem, totalizando 326,00 ha. No município são praticadas duas ou três safras/ano, com destaque para a cultura da soja como primeira safra – janela sanitária (26 pivôs), e com o predomínio na segunda safra da cultura do feijão, totalizando 19 pivôs centrais, a cultura do milho como segunda safra em 06 pivôs centrais, sendo 1 utilizado para milho silagem e a terceira safra em geral planta-se milheto com objetivo de formar cobertura de palhagem.

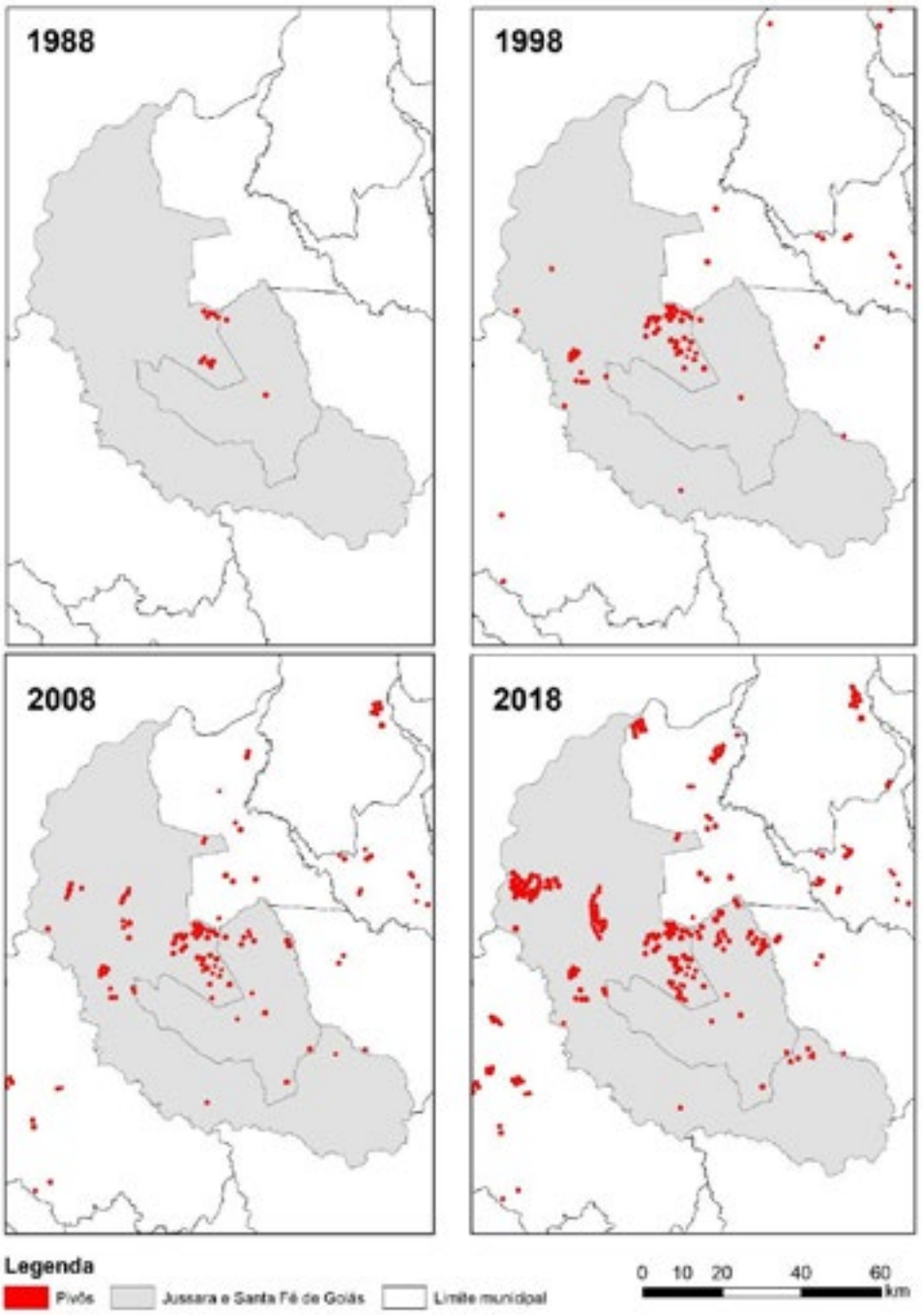


Figura 03 – Avanço da área irrigada por pivô central nos municípios de Jussara e Santa Fé de Goiás entre os anos de 1988 e 2018.

4. Considerações Finais

O aumento cada vez mais significativo das áreas de cultivo irrigadas por pivôs centrais vem alterando de forma gradativa a dinâmica do uso e cobertura da terra na Mesorregião Noroeste de Goiás. Uma região inicialmente valorizada pela mineração e pela pecuária, nos últimos anos, vem cedendo espaço para a agricultura capitalista, com destaque para a agricultura irrigada. Observa-se, ainda, pela análise preliminar das imagens de satélite, que áreas de vegetação natural têm diminuído para abrir espaço para novas pastagens.

Entre os anos de 1988 e 2018, o número de pivôs centrais no Noroeste Goiano salta de 12 para 301, com aumento mais significativo a partir de 2008, configurando a principal área de expansão agrícola no Estado de Goiás. Com isso, há também um enfraquecimento da agricultura familiar e das pequenas propriedades quando se analisa as áreas colhidas com cultivos tradicionais como arroz, milho e mandioca, indicando que a agricultura intensiva tem sido cada vez mais valorizada nesta região.

Com o aumento da implantação de pivôs para a irrigação, surge uma preocupação no que diz respeito ao uso indiscriminado da água, uma vez que a quantidade de autorizações para uso da água para irrigação é inferior à quanidade de pivôs, mesmo considerando que uma mesma autorização pode atender a mais de uma área de irrigação. Isso sugere que deve haver uma maior fiscalização em relação a utilização da água para estes fins.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos, ainda, ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica pelo programa PIBIC.

6. Referências

BARREIRA, C. C. M. A. Região da Estrada do Boi: usos e abusos da natureza. Goiânia: Editora da UFG, 1997. 154p.

ESRI - Environmental Systems Research Institute Inc. ArcGis versão 10.1. EUA: Environmental Systems Research Institute, 2008.

GOIÁS. Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás – um novo olhar sobre o território goiano. Goiânia – GO, 2014. Disponível em: < http://www.sieg.go.gov.br/RGG/MacroZAEE/Relat%C3%B3rio_-_PRODUTO_III_-_MAPA_DE_USO_E_COBERTURA_VEGETAL_DO_ESTADO_DE_GOI%C3%81S.pdf> Acesso em 10 abr. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo DemoGráfico de 2010, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 09 fev. 2018.

_____. Brasil/Estado de Goiás. População 2017 (estimativa). 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/panorama>. Acesso em: 25 fev. 2018.

INSTITUTO MAURO BORGES (IMB). Estatísticas municipais. 2017. Disponível em: < http://www.imb.go.gov.br/> Acesso em 01 de março de 2018.

PÁDUA, A. A. S. Migração, expansão demográfica e desenvolvimento econômico em Goiás. 2008, 111 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial), Universidade Católica de Goiás. Goiânia – GO, 2008.

SECIMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura Cidades e Assuntos Metropolitanos. **Outorgas do uso da água** - Planilhas de dados: Usos por bacias higrográficas, 2018. Disponível em: <http://www.secima.go.gov.br/component/content/article/120-meio-ambiente/outorga-de-%C3%A1gua/1063-planilhas-de-dados-usos-por-bacias-hidrograficas.html?Itemid=101>. Acesso em: 13 dez. 2018.

SIEG – Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás. Macro ZAEE, 2014. Disponível em: < http://www.zee.go.gov.br/>. Acesso em: 01 mar. 2018.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Downloads de imagens Landsat, SRTM e Sentinel. Disponível em: < https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 20 mar. 2018.

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA REGIÃO DO GRÁBEN DO TACUTU - RR

Stélio Soares Tavares Júnior[(a)], Silas de Oliveira Nascimento[(b)], Luiza Câmara Beserra Neta[(c)]

(a) Departamento de Geologia, Universidade Federal de Roraima, stelio.tavares@ufrr.br
(b) Secretaria de Planejamento de Estado de Roraima, silasoliv@hotmail.com
(c) Departamento de Geografia, Universidade federal de Roraima, luiza.camara@ufrr.br

EIXO: Geotecnologias e modelagens aplicadas aos estudos ambientais

Resumo

O gráben do Tacutu, centro-nordeste de Roraima, consiste em um segmento distensivo, correspondente a um rift intracontinental implantado no Mesozoico, as principais estruturas estão orientadas a NE-SW. O nível de conhecimento geológico sobre este gráben deve-se ao interesse à exploração de óleo e gás. Neste contexto, visou-se aplicação de técnicas fotointerpretativas em imagens de Sensoriamento Remoto, a fim de se obter o mapa morfoestrutural e caracterizar os compartimentos geomorfológicos. A técnica fotointerpretativa aplicada seguiu os procedimentos do método lógico sistemático com a introdução de inovações como a geração em ambiente de SIG de mapas temáticos das feições lineares de drenagem e de relevo. O mapa morfoestrutural mostrou dois conjuntos de morfoestruturas, um no interior e outro nas regiões de borda, ambos possuem arranjos estruturais que refletem a evolução tectono-estratigráfica. Os resultados obtidos visaram contribuir para o conhecimento sobre a evolução do relevo e suas relações com os processos tectônicos geradores.

Palavras-chave: Morfoestruturas; compartimentação geomorfológica; gráben; Bacia do Tacutu.

1. INTRODUÇÃO

O estado de Roraima, apesar de apresentar uma riqueza de paisagens, ainda detém um importante déficit no que diz respeito aos levantamentos de seus recursos naturais, em escalas superiores a 1:500.000 e até 1:1.000.000, em especial, o conhecimento geomorfológico.

Os primeiros levantamentos geomorfológicos em Roraima consideravam as grandes formas de relevo e as variações altimétricas, como apresentado por Franco *et al*. (1975) e IBGE (2005), sendo que este último apresentou uma abordagem das formas de relevo em mais níveis taxonômicos.

A atual disponibilidade de dados de Sensoriamento Remoto, bem como de Sistemas de Informações Geográficas tem permitido o desenvolvimento de estudos sobre a compartimentação geomorfológica, direcionados a regiões específicas no estado de Roraima, numa escala de 1:250.000. Esses estudos vêm sendo desenvolvidos em pesquisas referentes às dissertações de mestrado em Geografia e iniciação científica da Universidade Federal de Roraima – UFRR, neles são aplicadas técnicas eficazes de tratamento da informação geográfica e integração de dados digitais.

O pioneirismo desses estudos consiste no mapeamento de unidades de relevo considerando, além da forma e altimetria, o arranjo tectono – estrutural e a associação com os eventos tectônicos ao longo do tempo geológico, visto que as formas de relevo são produtos resultantes da interação processos endógenos (tectônicos) e exógenos (ação do clima e paleoclimas).

Nestes estudos os dados iniciais consistiram em imagens fusionadas de sensores remotos de resolução espacial de 15 m e dados altimétricos SRTM (*Shuttle Radar Topographic Misson*), cujas análises permitem gerar o mapa de morfoestruturais de relevo, que associado as características morfoesculturais obtidas em campo, definem os compartimentos geomorfológicos (BESERRA NETA; TAVARES JÚNIOR,2015; NASCIMENTO *et al*. 2014a, NASCIMENTO *et al*. 2014b; TAVARES JÚNIOR *et al*. 2012).

O estado de Roraima apresenta uma diversidade de feições geomorfológicas, que contribuíram no estabelecimento de uma paisagem bem distinta e quase única na região amazônica. Evidenciam-se neste contexto, feições geomorfológicas formadas por planaltos dissecados, bordejados por pediplanos intramontanos, bem como, relevos residuais que se individualizam nas extensas áreas de planícies. Esta paisagem, constituída por diferentes cenários, reflete a complexidade no arranjo tectônico das unidades geológicas e a história paleoclimática que levaram à formação dos terrenos de Roraima.

O presente trabalho objetivou a determinação de compartimentos geomorfológicos na região do gráben do Tacutu e circunvizinhanças, região norte e nordeste de Roraima, a partir de técnicas fotointerpretativas aplicadas em imagens de reflectância, geradas de dados brutos de sensores remotos orbitais, e do mapa da rede de drenagem, obtido de forma automática, por meio de algoritmos em Sistemas de Informações Geográficas – SIGs, e posterior refinamento através de interpretação visual em produtos digitalmente integrados (imagens de sensores remotos e do modelo de elevação digital).

2. MATERIAIS E MÉTODO

O estudo foi realizado na região do gráben do Tacutu, localizadoe no setor centro-nordeste do Estado de Roraima, entre as latitudes 03º a 03º45’ N e longitudes 59º40’ a 60º33’ W, abrangendo as Folhas NA-21-V-A (Bonfim), NA-20-X-D (Boa Vista), NA-21-V-C (rio Tacutu) e NA-20-X-B-V (Maloca Serra da Moça) das cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O acesso à área é realizado a partir município de Boa Vista pela rodovia federal BR-174 e BR 401, que liga Boa Vista ao município de Bonfim, cerca de 125 km da capital. A área

de abrangência do gráben limita-se ao norte com o município de Normandia, a leste com a República da Guiana, a oeste com os municípios de Boa Vista e ao sudeste com o município do Cantá (Figura 1).

O entendimento da evolução dos compartimentos geomorfológicos do interior e de áreas circunvizinhas ao gráben do Tacutu passa por um conhecimento significativo de referencial geológico, que engloba tanto os aspectos litoestratigráficos como tectono-estruturais. Esta área constitui-se parte integrante do Escudo das Guianas, caracterizado por uma variedade de litotipos ígneos e metamórficos, resultantes da evolução geotectônica desse segmento do Cráton Amazônico.

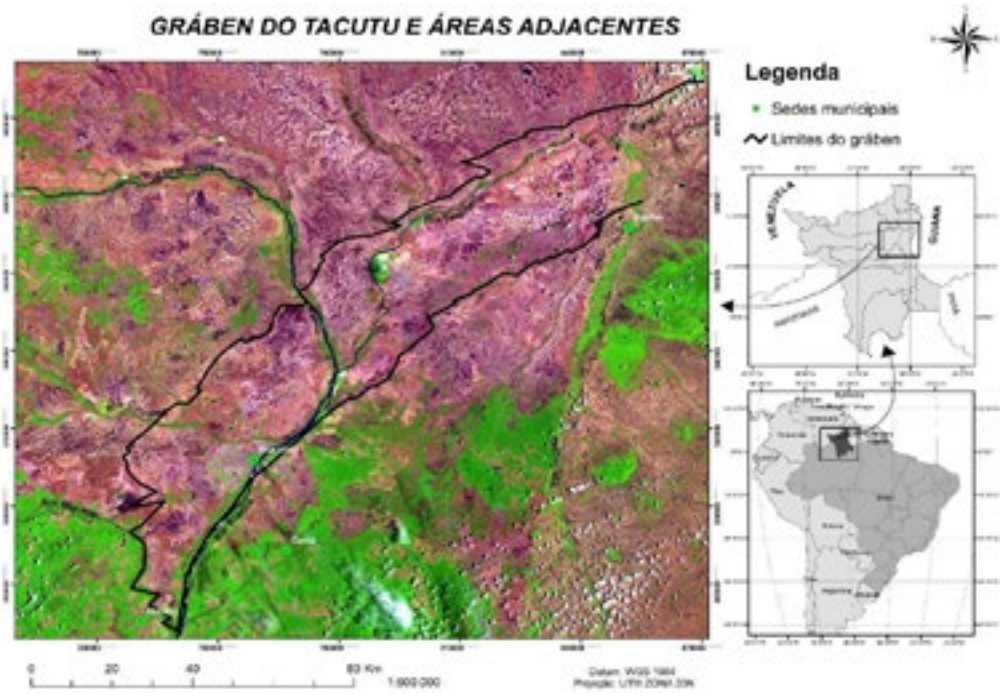


Figura 1 - Localização da área de estudo – Mosaico de imagens do sensor OLI/Landsat 8 na composição colorida 6R5G4B, destacando os limites do Grabén do Tacutu na porção brasileira (Hanh, 2013).

A porção estudada do Cráton Amazônico compreende o Domínio Guiana Central de Reis et al. (2003), o qual consiste em um segmento de rochas granito-gnáissicas afetadas por deformações de grande expressão regional, mostrando forte estruturação preferencial NE-SW, bem marcada nos lineamentos estruturais, em grande parte, identificados por meio de interpretação geológica em imagens de sensores remotos e magnetométricas. Os litotipos ocorrentes nesse domínio compreendem rochas do Proterozoico, a exemplo das sequências metavulcanossedimentares, ortognaisses e granitos rapakivi. A importância deste conhecimento recai no fato destas litologias comporem o embasamento no qual a bacia rifte do Tacutu se instalou em idades mesozoicas (CPRM, 1999; VAZ *et al.* 2007).

Esse segmento representado pela bacia do Tacutu foi responsável pela reativação das estruturas rúpteis ao longo de linhas de fraqueza crustal presentes no Domínio Guiana Central, em que essas antigas linhas possuem um controle tectônico relacionado à geometria do próprio domínio, onde é comum a ocorrência de cavalgamentos e rampas oblíquas (REIS *et al*. 1991).

Os litotipos mesozoicos aflorantes ao longo dessa bacia rifte consistem nos derrames basálticos relacionados à fase pré-rifte, inseridos na formação Apoteri, juntamente com as sequências areníticas da fase rifte-ativo, representadas pela Formação Serra do Tucano. Além das sequências mesozoicas, ocorrem com grande expressão regional sedimentos argilo-arenosos inseridos na formação Boa Vista e areias eólicas inconsolidadas da Formação Areias Brancas, representando a fase rifte-passivo em idades cenozoicas (CPRM, 1999; VAZ *et al.* 2007).

Conforme Franco *et al.* (1975), Costa (2008) e Beserra Neta e Tavares Júnior (2008), a região do gráben do Tacutu é considerado pertencente às unidadedes morfoestruturais Planalto Residual de Roraima, borda SSE da bacia, e no seu interior o Planalto Dissecado Norte da Amazônia e o Pediplano Rio Branco – Rio Negro, estruturados respectivamente nos arenitos da formação Serra do Tucano e nos sedimentos areno-argilosos da Formação Boa Vista.

Os limites do gráben estão delineados por inselbergs e remanescentes residuais pré-cambrianos, bem como por drenagem com alto controle estrutural regional. Tais formações de relevo configuram-se como ombreiras, referindo-se aos constituintes dos limites de uma bacia, no presente caso de caráter assimétrico.

A topografia monótona do interior do gráben só é quebrada pela Serra do Tucano, um conjunto de morros suaves formados pela erosão diferencial de remanescentes arenosos da Formação Serra do Tucano, preservados em baixos estruturais, como o sinclinal homônimo. O interior do gráben é marcado por extensas áreas aplainadas correspondendo a níveis altimétricos que variam de 80 a 160 metros.

Os ecossistemas predominantes consistem na savana-parque, savana estépica e a savana gramíneo-lenhosa (Brasil, 1975). Na extensa área de pediplando, marcada por pequenas elevações topográficas conhecidas como tesos, a rede de drenagem (especialmente os canais intermitentes) favorece a instalação de veredas de buritizais (*Mauritia flexuosa)* ao longo dos cursos temporários e perenes.

Os solos na região sustentados por basaltos da formação Apoteri, são classificados como solos jovens e rasos na sua maioria, com ocorrência de Neossolos e Latossolos nas partes de cimeiras associados à Cambissolos Eutróficos. Nas abas das serras podem ser encontrados Vertissolos associados a Cambissolos Eutròficos e nas áreas planas, o avanço da frente de

intemperismo promoveu a formação de solos mais desenvolvidos, fomando o Latossolo Vermelho Distrófico (Melo *et al.,* 2010).

A rede hidrográfica do Estado de Roraima compõe a bacia do Rio Branco, que por sua vez abastece a bacia do rio Negro. A área de estudo abrange a importante junção dos rios Tacutu e Uraricoera, considerados como formadores do rio Branco.

O Estado de Roraima caracteriza-se por ter três grupos climáticos distintos, segundo a classificação de Koppen: Af, Am e Aw. Na região nordeste do estado, onde se localiza a área de estudo, predomina a classificação Aw com uma área de período seco, definido por cerca de 4 meses do ano. Este período alcança (entre os meses de dezembro e março) média de 36,2 mm/mês, marcando a presença de uma fase seca, devido à extrema queda de índices pluviométricos.

A base de dados de Sensoriamento Remoto utilizada inclui as imagens SRTM adquiridas originalmente na resolução espacial de ~30m, referente às cenas n02_w060_1arc_v3, n02_w061_1arc_v3, n03_w060_1arc_v3 e n03_w061_1arc_v3, disponíveis no banco de dados da *United States Geological Survey-USGS* (*earthexplorer.usgs.gov)* e imagens de sensores remotos, tais como as do sensor orbital *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do satélite Landsat-8, referente às órbitas/pontos 232/58 e 232/57, adquiridas no dia 07/03/2014, e 231/58 e 231/57, adquiridas nos dias 24/09/2014 e 10/12/2013 respectivamente, disponíveis no banco de dados da *United States Geological Survey-USGS* (*earthexplorer.usgs.gov)*, e do sensor orbital *Linear Imaging Self-Scanning Sensor* (LISS-III) a bordo do satélite IRS-P6 Resourcesat-2, referente às órbitas/pontos 312/72 e 312/73, adquiridas no dia 22/10/2015, 313/72 e 313/73, adquiridas no dia 09/09/2013. Disponíveis no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Por meio do processo de calibração radiométrica presente no sistema ENVI 5.0 todas as bandas das cenas dos diferentes sensores foram transformadas de números digitais (DN) para medidas de radiância no topo da atmosfera, através do comando *Radiometric Calibration*; posteriormente as imagens foram convertidas para valores de reflectância usando o módulo *FLAASH Atmospheric Correction.* As imagens SRTM passam por um procedimento de preparação para análise morfométrica. Os dados são originalmente adquiridos em Sistema de Coordenadas geográfico “Grau, Minuto e Segundo”, sendo necessário reprojeta-las para o Sistema de Coordenas métrico “Universal Transversa de Mercator (UTM), objetivando a relação de dados métricos com os níveis de cinza de cada pixel da imagem. Em seguida as

quatro cenas são submetidas ao procedimento de mosaico, utilizando a ferramenta ***mosaic to new raster*** do aplicativo ArcGIS v.10, objetivando o recobrimento total da área de estudo.

A metodologia de manipulação dos dados SRTM baseou-se nas propostas de Rabus *et al*. (2003); Carvalho e Latrubesse (2004); Silva e Rodrigues (2009), que realizaram a compilação de dados geomorfológicos e geomorfométricos. Seguindo esta premissa, a imagem representativa do MDE foi compilada e tratada em ambiente de SIG.

Nesta metodologia destaca-se a geração de imagens sombreadas, que são representações da rugosidade das morfologias da paisagem através do cálculo da variação altimétrica do terreno por meio de fator de realce deste (exagero). Portanto, foi gerada uma imagem sombreada, com um azimute de 245° (SE) e ângulo de iluminação de 30°, com exagero vertical de 3 vezes.

Essas imagens também foram utilizadas para a criação de perfis topográficos que são importantes para a compreensão das variações topográficas e determinação das unidades estruturais e compartimentos geomorfológicos, bem como foram integradas digitalmente com as imagens ópticas do LISS-III, através da fusão de imagem pela técnica de integração digital via IHS, para auxiliar na fotointerpretação de estruturas evidenciadas no local.

A integração digital via IHS, segundo Madrucci, Veneziani e Paradella (2002), vem se tornando uma prática comum na análise de imagens digitais para fins de interpretação do modelado do relevo, proporcionando um produto que ressalta as variações da rugosidade da superfície na imagem sombreada, juntamente com as variações espectrais interpretadas nas imagens ópticas.

A rede de drenagem é considerada fonte dos principais dados na investigação geológica e geomorfológica; é o primeiro produto obtido a partir das imagens SRTM, através da aplicação de técnicas de geoprocessamento e fotointerpretação dentro do ambiente SIG, neste trabalho utilizou-se o algoritmo *hidrology* do Arcgis, v.10, para geração do mapa da rede de drenagem de forma automática e no formato vetorial.

As técnicas de fotointerpretação para geração dos mapas de lineamentos estruturais e de morfoestruturas de relevo foram aplicadas no mapa da rede de drenagem em conjunto aos produtos integrados via IHS e seguiram os procedimentos desenvolvidos por Veneziani & Anjos (1982). Em ambiente SIG estes produtos (imagens integradas e mapas) constituem um banco de dados que serve de matriz para a elaboração de outros mapas e produtos específicos. Esses procedimentos metodológicos previamente descritos podem ser visualizados no fluxograma Figura 2.

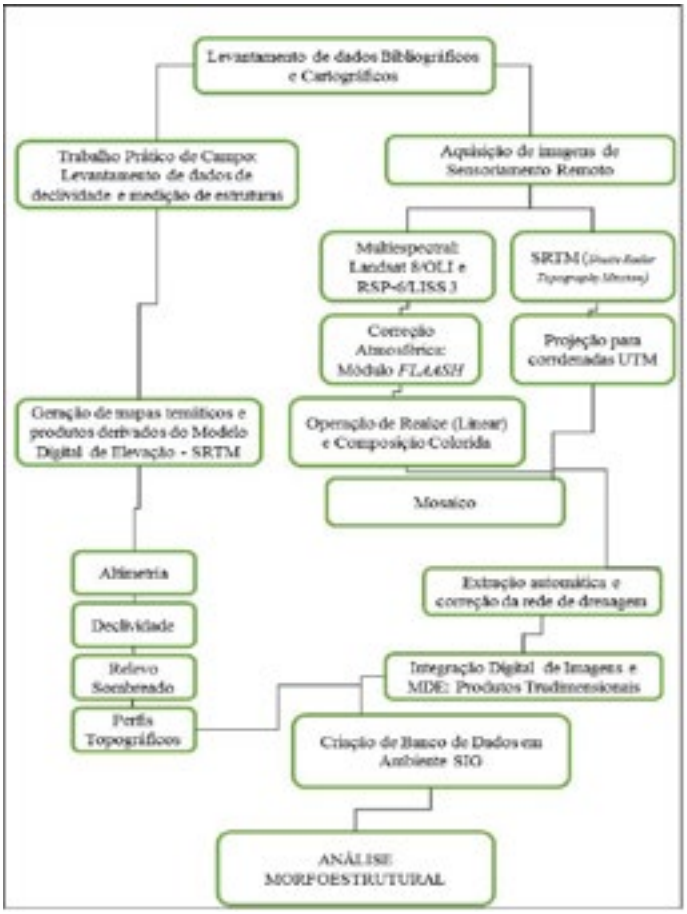


Figura 2 - Fluxograma metodológico das fases de processamento e fotointerpretação de dados de Sensoriamento Remoto, para elaboração do mapa de morfoestruutras.

Em campo realizou-se a descrição morfológica da paisagem por meio da identificação dos modelados constituintes do relevo local (vales, áreas aplainadas, morros, encostas e escarpas). A descrição morfológica contou ainda com a coleta de dados referentes à declividade das vertentes e orientação estruturais.

A elaboração do mapa de contorno de isomorfoestruturas (Figura 3) levou em consideração, principalmente, a análise integrada das propriedades dos elementos texturais de drenagem e relevo relativas à tropia, assimetria, lineações estruturais com a altimetria e declividade, a fim de traçar linhas isomorfoestruturais, representantes de flexuras do terreno derivadas de processos geológicos, cujos valores são de forma coerente definidos, conforme o arranjo estrutural da área, interpretado a partir de medidas das atitudes das estruturas planares (no caso deste estudo, acamamentos) obtidas em campo e pela fotointerpretação estereoscópica e dados de mapeamentos anteriores.

O mapeamento geomorfológico da região do gráben do Tacutu baseia-se na identificação e análise das morfoestruturas, levando em consideração tanto os aspectos

descritivos associados à geometria das formas de relevo, quanto aos aspectos geológicos. No caso deste trabalho, para a individualização das feições, foram considerados como parâmetros causais, a natureza estrutural/litológica e o comportamento escultural ou morfodinâmica, ambos responsáveis pela evolução das formas do relevo e pela composição da paisagem no decorrer do tempo geológico.

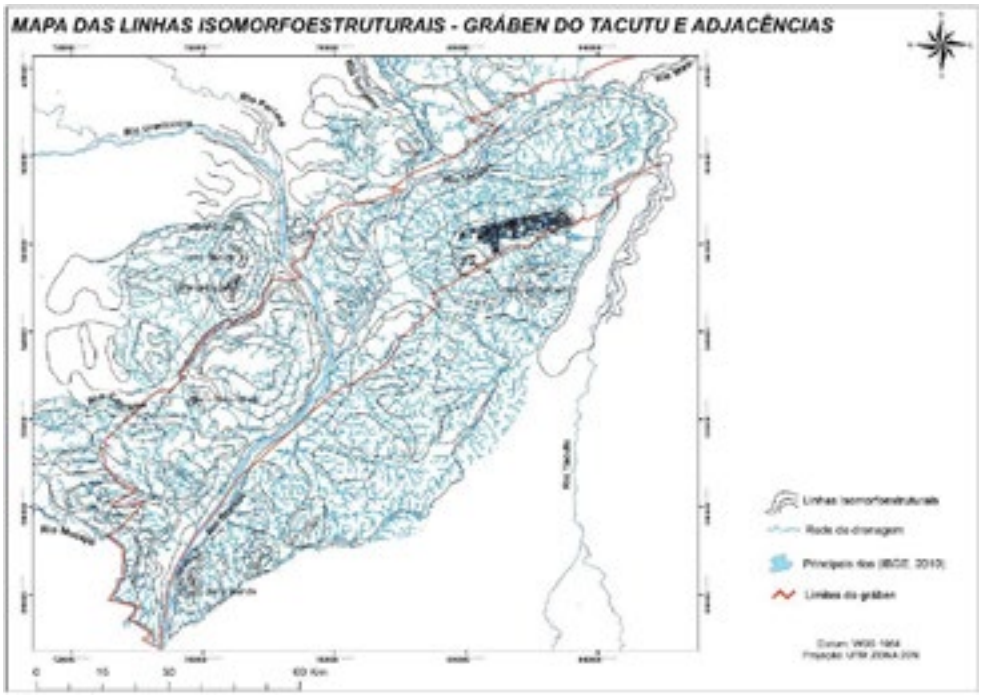


Figura 3 – Mapa de contorne de linhas isomorfoestruturais, cotadas com valores coerentemente definidos, representando as morfoestruturas de relevo da região do gráben do Tacutu.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento morfoestrutural se deu através da interpretação dos padrões de drenagem e dos lineamentos estruturais, os quais auxiliaram no traçado das flexuras do terreno decorrentes de processos tectônicos. Aa partir do mapa morfoestrutural (Figura 4), nota-se que o interior do gráben é composto por uma estrutura plana intercalada com dois principais altos estruturais. A região de borda da bacia é caracterizada pela presença de altos estruturais que evidenciam as zonas de cisalhamento dúctil pré-cambrianas no interior do Domínio Guiana Central, que provavelmente desempenharam um papel fundamental como linhas de fraquezas, as quais foram reativadas em regime rúptil extensional no Mesozoico durante a instalação da bacia do Tacutu.

Desta forma, morfoestruturas destacadas do interior do gráben, correspondentes às regiões conhecidas localmente como Serra do Tucano (NE do graben) e Serra Nova Olinda (SW do graben) constituem arcabouços de uma sequência de morros e serras com morfologia

de cuestas e altitudes variando de 100 a 300 metros, estruturados respectivamente em rochas areníticas da formação Serra do Tucano e nas vulcânicas basálticas da Formação Apoteri. Tanto na análise fotointerpretativa como nas medidas obtidas em campo, as estruturas como planos de acamamento, falhas transcorrentes e normais e fraturas em geral mostram forte domínio da orientação NE-SW, evidenciando a relação destas morfoestruturas com uma tectônica transpressiva, resultante de reativações no cenozoico. Estas morfoestruturas estão circundadas por uma extensa área pediplanada, suavemente ondulada, constituída por sedimentos areno-argilosos da formação Boa Vista.

Outras morfoestruturas mapeadas consistem em altos estruturais, tanto na região adjacente ao gráben a norte como na região adjacente a sul, representados por relevos residuais, cujas altitudes podem alcançar 898 m, sustentados por um conjunto de rochas do embasamento Paleo a Mesoproterozoico. Geologicamente estas morfoestruturas servem como ombreiras, provavelmente resultantes do abatimento de blocos rotacionados por falhas normais durante as fases pré e sín-rift.

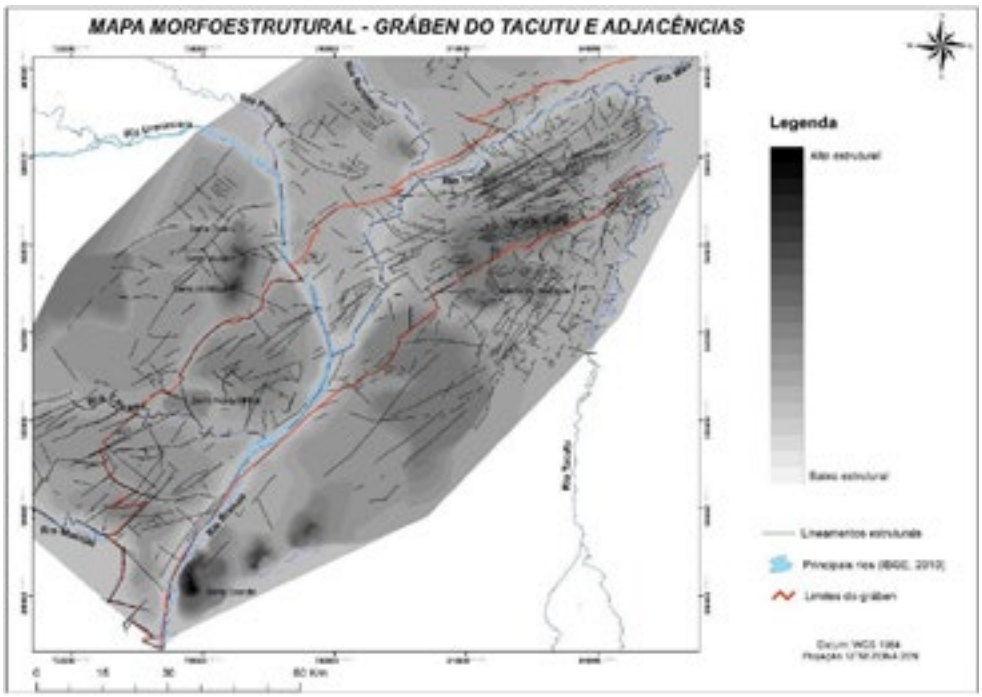


Figura 4 – Mapa de morfoestruturas de relevo da região do gráben do Tacutu, evidenciando o arranjo de altos morfoestruturais (positivos) e baixos morfoestruturais (negativos), condicionados pelos lineamentos estruturais.

Os conceitos utilizados na proposta de mapeamento têm como fundamento o ordenamento dos fatos geomorfológicos de acordo com uma classificação temporal e espacial, na qual se distinguem os modelados como uma unidade básica e seus grupamentos

hierarquicamente relacionados. Tendo como base os parâmetros estabelecidos pelo IBGE (2009), e a sistematização taxonômica proposta por Ross (1992), de acordo com uma ordem decrescente de grandeza são identificados: Domínios Morfoestruturais, Regiões Geomorfológicas, Modelados de Dissecação e de Agradação.

A compartimentação do relevo da região de entorno compreende unidades morfoestruturais descritas nos trabalhos de Franco *et al*. (1975), Costa (2008) e Beserra Neta e Tavares Júnior (2008). Estas consistem no Planalto Residual de Roraima e Relevos Residuais, constituindo-se como marcadores dos limites do gráben do Tacutu.

O mapa da compartimentação geomorfológica (Figura 5) mostra o modelado da paisagem que compõe a região do gráben do Tacutu corresponde diretamente com a morfoestrutura e os processos geomorfológicos atuantes. Neste contexto, são identificados dois tipos de modelados decorrentes dos processos atuais: modelado de dissecação e modelado de acumulação.

O Modelado de Dissecação corresponde às unidades identificadas: Morros e Colinas Dissecadas, Colinas Dissecadas Abertas, Maciço Convexo Estruturado, Maciço Residual Estruturado, Maciço Somital Convexo, Morros e Colinas Escalonados com Vales Abertos e Patamar em Crista Estruturada. O Modelado de Acumulação é descrito em três unidades, estas denominadas de Plaino Erosivo, Superfície Aplainada e Plaino Aluvial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de técnicas atuais para o processamento de imagens de sensoriamento remoto em conjunto com imagens resultantes do tratamento de dados altimétricos (SRTM) proporciona ao trabalho um avanço significativo, tornando possível representar de maneira mais eficiente e completa os levantamentos temáticos, como mapa de morfoestruturas, lineamentos estruturais e por fim de compartimentação geomorfológica. A aplicação dessas técnicas possibilitam uma modelagem mais fidedigna, constituindo-se em uma importante ferramenta para análise da influência da tectônica sobre os compartimentos do relevo a partir da elaboração das feições morfoestruturais.

O arcabouço tectônico, interpretado por meio do mapa morfoestrutural, indica que os corpos sustentados pelas unidades litoestratigráficas possuem sua gênese diretamente ligada aos processos tectônicos, resultado dos sistemas de falhas e fraturas durante as fases de abertura e reativação da bacia. As estruturas que ocorrem na região do gráben do Tacutu refletem um papel importante na gênese do relevo: definindo a elaboração das áreas deposicionais, influenciando na morfologia e sedimentação. Essas regiões de margem passiva de continente

por muito tempo foram tratadas como tectonicamente inativas, mas este estudo sugere que falhamentos antigos reativados atuaram e controlam as formas que se encontram na paisagem do gráben.

Figura 5 - Mapa da compartimentação geomorfológica apresentando os modelados que constituem o relevo da região do gráben do Tacutu.

REFERÊNCIAS

BESERRA NETA, L. C.; TAVARES JÚNIOR, S. S. Geomorfologia do Estado de Roraima por Imagens de Sensores Remotos. In: SILVA, P. R. F. e OLIVEIRA, R. S. (org.). **Roraima 20 Anos: As Geografias de um Novo Estado**. Ed. UFRR. Boa Vista, p. 168-192. 2008.

BESERRA NETA, L. C. ; TAVARES JÚNIOR, S. S**.** ; COSTA, M. L. . Tepequém Mountains: A Relict Landscapes in the Northern Amazon. In: Bianca Carvalho Vieira; André Augusto Rodrigues Salgado; Leonardo Santos. (Org.). **Landscapes and Landforms of Brazil**. 1ed.: Springer Netherlands, 2015, v. p. 265-272

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeto Radambrasil.** Folha NA 20 Boa Vista e Parte das folhas NA 21 Tumucumaque, NB 20 Roraima e NB 21. Rio de Janeiro, P. 428. 1975.

CARVALHO, T. M.; LATRUBESSE, E. M. Aplicação de Modelos Digitais do Terreno (MDT) em Análises Macrogeomorfológicas: O caso da Bacia Hidrografica do Araguaia**. Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 5, n 1., 2004. pp. 85-93.

CPRM (COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS) - Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. **Projeto Roraima Central**, Folhas NA.20-X-B e NA.20-X-D (inteiras), NA.20-X-A, NA.20-X-C, NA.21-V-A e NA.21-VC (parciais). Escala 1:500.000. Estado do Amazonas . Brasília:CPRM, CD-ROM. 1999

COSTA, J. A. V. – Compartimentação do relevo do estado de Roraima. In: OLIVEIRA, R. S. (org.). **Roraima em foco: pesquisas e apontamentos recentes**. UFRR. Boa Vista, p.77- 107, 2008.

FRANCO, E. M. S.; DEL'ARCO, J. O. E.; RIVETTI, M. Geomorfologia da folha NA.20 Boa Vista e parte das folhas NA.21 Tumucumaque, NB.20 Roraima e NB.21. In: Brasil. **Projeto RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro: DNPM, v.8, p.139-180, 1975.

HAHN, P. Y. S. ; TAVARES JÚNIOR**, S. S.** ; BESERRA NETA, L. C. ; GAUGER, A. P. . Caracterização das unidades morfoestruturais do hemigraben Tacutu, norte de Roraima. **Revista GeoNorte**, v. 2, p. 1378-1383, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2009, 182 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Geomorfológico do Estado de Roraima**. Rio de Janeiro: Digeo, Escala: 1: 250.000, 2005.

MADRUCCI, V.; VENEZIANI, P.; PARADELLA, W. R. Estudo Estrutural através da interpretação em Imagens TM-Landsat 5 e sua associação com mineralizações auríferas em Alta Floresta, Mato Grosso. In: KLEIN, E. V.; VASQUEZ, M. L.; ROSA-COSTA, L. T. (Org) **Contribuições a Geologia da Amazônia**. Vol 3. Belém, 2002. pp. 215-226.

MELO, V. F.; FRANCELINO, M. R.; UCHÔA, S. C. P.; SALAMENE, S.; SANTOS, C. S. V. dos. Solos da área indígena Yanomami no médio rio Catrimani, Roraima. **Rev. Bras. Ciência do Solo**, 34:487-496, 2010.

NASCIMENTO, F. A.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; BESERRA NETA, L. C. Estudo morfoestrutural e geomorfológico da serra do Tepequém-rr através de geotecnologias. **Revista Geonorte**. , v.10, p.111 - 118, 2014a.

NASCIMENTO, S. O.; TAVARES JÚNIOR, S. S.; BESERRA NETA, L. C. Mapeamento geomorfológico da região do gráben do Tacutu, por meio de análise de morfoestruturas. **Revista Geonorte.** , v.10, p.182 - 188, 2014b.

RABUS, B.; EINEDER, M.; ROTH, A.; BAMLER, R. The Shutlle Radar Topography mission – a new class of digital elevations models acquired by Spaceborne Radar**. Journal of Photogrammetry e Remote Sensing**. n 57, 2003. pp. 241-262.

REIS, N. J.; FRAGA, L. M.; FARIA, M. S. G. e ALMEIDA, M.E. Geologia do estado de Roraima, Brasil. **Geologie de la France**, n. 2-3-4, p. 121-134, 2003.

REIS, N. J.; SANTOS, J. O. S.; RIKER, S. R. L.; PESSOA, M. R.; PINHEIRO, S. S. A cobertura sedimentar Roraima na serra das Surucucus – enfoque a seus ambientes deposicionais. In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 3, Belém, 1991. **Anais**. Belém: SBG/NO, 1991. p.361-370, 1991.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. V.6, 17-29, 1992.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Tutorial de Cartografia Geomorfológica ArcGis 9.2 e ENVI 4.0**. Revista Geográfica Acadêmica**-UFU. n 1. Uberlândia, 2009. 66 pg

TAVARES JÚNIOR, S. S.; NASCIMENTO, S. O. ; BESERRA NETA, L. C. ; HAHN,P.Y.S. .Morfoestruturas do Graben do Tacutu, Centro Nordeste de Roraima, Brasil. In: I Congresso Internacional Geociências na Comunidade de Países de Língua Portuguesa, 2012, Coimbra - Portugal. I Congresso Internacional Geociências na CPLP -240 anos de Geociências na CPLP. Figueira da Foz: Tipografia Cruz & Cardoso Lda, 2012. v. 1

VAZ, P. T.; WANDERLEY FILHO, J. R. e BUENO, G. V. Bacia do Tacutu. **Boletim de Geociências,** Petrobras, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 289-297, 2007.

VENEZIANI, P. e ANJOS, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e aplicações em Geologia.** São José dos Campos, INPE, (INPE-2227-MD/014), p. 54, 1982.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO LITOLÓGICO DA BACIA DO RIO UBERABINHA A PARTIR DA RECLASSIFICAÇÃO DE INTERVALOS ALTIMÉTRICOS

Rafael Mendes Rosa [(a)], Vanderlei de Oliveira Ferreira [(b)]

[(a)] Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, rafaelmendesr@hotmail.com

[(b)] Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, vanderlei.ferreira@ufu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A caracterização geológica possui importância fundamental nos estudos ambientais. Por isso o mapeamento litológico é um procedimento indispensável nos levantamentos e diagnósticos do meio físico. Utilizando-se ferramentas geotecnológicas é possível apresentar bons resultados e com custos reduzidos, especialmente quando se utiliza informações de campo e análises por meio de coeficientes de concordância. Assim, este artigo apresenta um procedimento para mapeamentos litológicos em contextos geotectônicos similares à bacia do rio Uberabinha, em Minas Gerais (bacia sedimentar). O método consiste em reclassificar intervalos altimétricos a partir das cotas dos contatos litológicos captadas em campo por receptor GPS. O resultado foi comparado com o mapa da CODEMIG (2017), sendo analisada a qualidade de ambos por meio dos coeficientes de concordância total e *Kappa*. Por fim, verificou-se que tal procedimento pode ser uma alternativa para aplicação em outras bacias hidrográficas da região.

Palavras chave: Mapeamento litológico; Geoprocessamento; Bacia do rio Uberabinha

1. Introdução

A caracterização geológica é fundamental nos estudos ambientais, pois proporciona subsídios ao planejamento e gestão territorial. As características do substrato condicionam o

relevo, as drenagens, os solos e outras variáveis naturais e os contatos de litologias distintas podem apresentar contrastes paisagísticos. Dessa forma, o mapeamento litológico é indispensável para a identificação de potencialidades e vulnerabilidades ambientais.

Os mapas geológicos gratuitos do território brasileiro estão em escala pequena, inviabilizando estudos que exigem mapas de maior detalhe. O estado de Minas Gerais disponibilizou mapas geológicos em escala de 1:100.000 da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG, 2017). Devido ao alto custo para sua elaboração, os mapas geológicos em escala de semi-detalhe e detalhe são inviáveis de forma generalizada em um território extenso como o caso brasileiro. Contudo, esse problema pode ser parcialmente resolvido com pesquisas com ferramentas geotecnológicas, trabalhos de campo dirigidos e análise estatística, diminuindo os custos e obtendo-se bons resultados.

No âmbito das geotecnologias, convêm distinguir os termos geoprocessamento e SIG, em que Rosa (2007) considera o primeiro como um conceito mais abrangente e pode envolver qualquer processamento de dados georreferenciados, enquanto o segundo compreende ao processamento tanto de dados gráficos quanto não gráficos, destacando-se análises espaciais e modelagens de superfícies. O geoprocessamento compreende técnicas de tratamento da informação espacial como a coleta, armazenamento, análise e uso integrado.

O aproveitamento das ferramentas geotecnológicas é fundamental, podendo ser aplicadas em interface com informações obtidas em campo. Embora tenham procedimentos metodológicos que os utilizem, é importante a apresentação de alternativas que subsidiem esses levantamentos. De acordo com Lisle et al. (2014), mapas de reconhecimento geológico, por exemplo, podem ser elaborados a partir da interpretação de imagens de satélite associada com modelos digitais de terreno e identificação de rochas em campo.

De acordo com Lisle et al. (2014), há quatro grupos de mapas litológicos: os de reconhecimento, os regionais, os detalhados e os especiais. Os mapas de reconhecimento são confeccionados na escala de 1:250.000 ou menor e são uma fonte de informação generalizada.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os regionais são trabalhados na escala de 1:100.000 e fornecem uma melhor distribuição das rochas. Os detalhados possuem escala de 1:10.000 ou maiores e servem para fins minerários ou implantação de grandes projetos de engenharia. Já os especiais estão em escala grande de áreas muito pequenas e são voltados às mesmas finalidades dos mapas detalhados.

Diante dessas considerações, este artigo propõe um procedimento metodológico para elaboração de mapas litológicos, aplicado na bacia do rio Uberabinha, localizada no estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, especificamente nos municípios de Uberaba, Uberlândia e Tupaciguara (Figura 1). O trabalho consistiu na reclassificação de intervalos altimétricos dos contatos litológicos identificados em campo. Para análise da qualidade, o resultado foi comparado com o mapa da CODEMIG (2017).

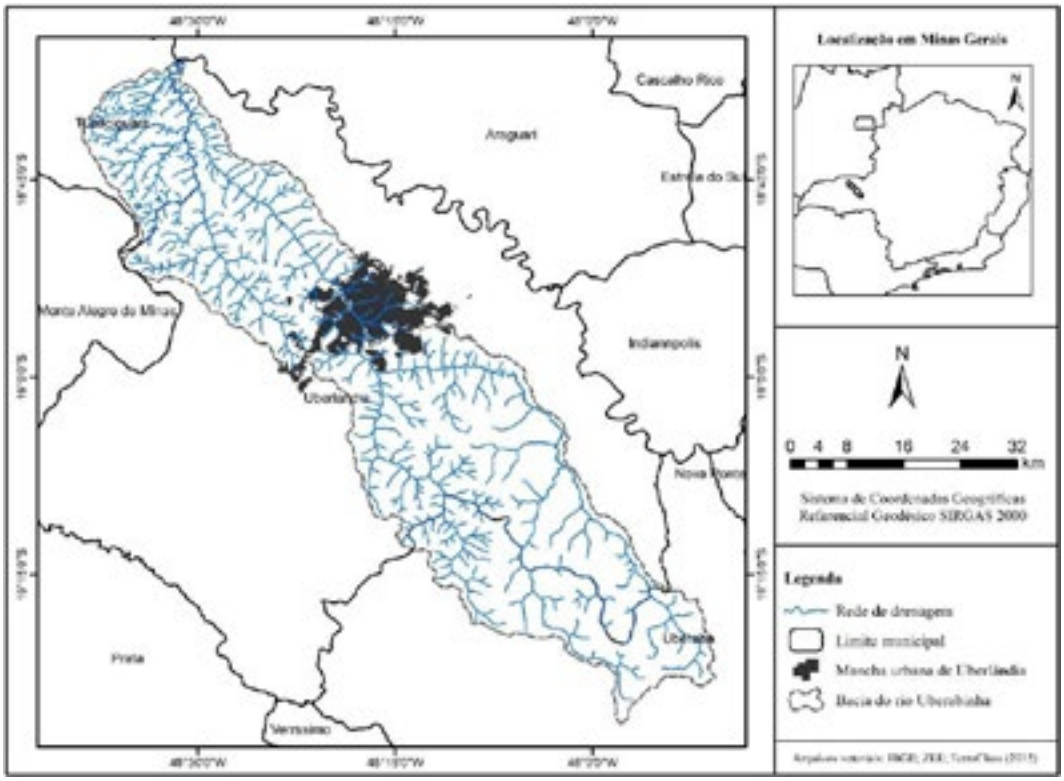


Figura 1 – Localização da bacia do rio Uberabinha

2. Materiais e métodos

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a geologia da área de estudo, abordando aspectos regionais e locais. Em seguida foi realizada uma reclassificação dos intervalos altimétricos das curvas de nível geradas a partir de imagens SRTM, cuja articulação foi compatibilizada com a escala 1:100.000, pois a resolução espacial é de 30 m por serem obtidas no *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2018). As imagens correspondem às folhas SE-22-Z-B, SE-23-Y-A, SE-22-Z-D e SE-23-Y-C. Para a confecção dos mapas, foi utilizado o *software* ArcGIS 10.1, desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). A litoestratigrafia foi representada nos mapas pelo código de cores RGB de Pellé (2012), que é uma padronização da escala de tempo geológica.

A reclassificação foi baseada nas cotas dos contatos litológicos captadas em campo (70 pontos) com a utilização do receptor GPS *Garmin Etrex* 20 (acurácia de 10 m na horizontal e 20 m na vertical), locais denominados pontos de observação (Figura 2). Cada intervalo foi nomeado com a formação identificada na bibliografia e confirmada *in loco* (Quadro 1). Os trabalhos de campo foram dirigidos, pois caso as observações fossem aleatórias as amostragens ficariam desproporcionais. O resultado desse procedimento foi comparado com o mapa do Projeto Triângulo Mineiro da Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais (CODEMIG, 2017), também na escala de 1:100.000.

Unidades geológicas	Intervalo reclassificado
Cobertura detrítico-laterítica	Acima de 940 m
Formação Marília	Entre 840 e 940 m
Formação Serra Geral	Entre 570 e 840 m
Grupo Araxá	Abaixo de 570 m

Quadro 1 – Intevalos altimétricos utilizados na reclassificação do mapa litológico

ISBN: 978-85-7282-778-2

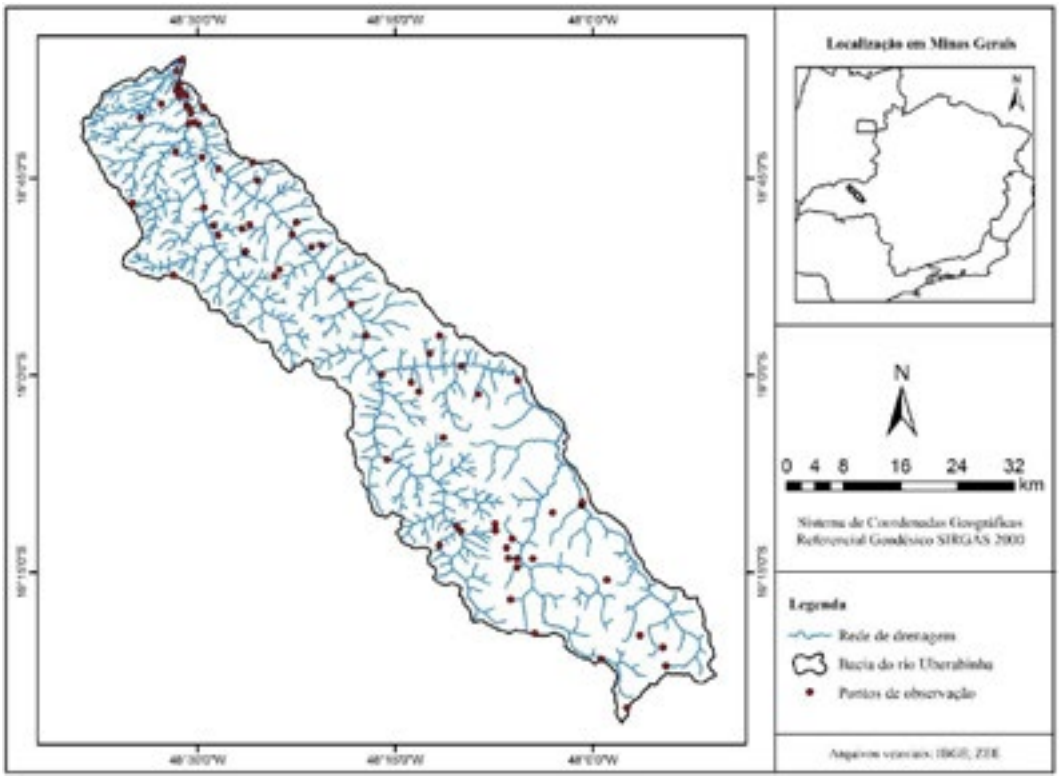


Figura 2 – Pontos de observação em campo na bacia do rio Uberabinha

Para a elaboração do mapa litológico foram reclassificados intervalos altimétricos das imagens SRTM e a extração da bacia hidrográfica, utilizando-se a caixa de ferramentas *Spatial Analyst Tools*. Assim, obteve-se uma representação tridimensional do terreno com a extração das curvas de nível. Com esse procedimento foi possível gerar o *Triangulated Irregular Network* (TIN) e a respectiva conversão para imagem *raster*, ações disponíveis no *3D Analyst Tools*. Após o recorte do *raster* para a área de estudo realizou-se a reclassificação dos intervalos altimétricos apresentados no Quadro 1 e em seguida a conversão para *shapefile*. Em relação ao mapa da CODEMIG (2017), foram utilizados somente os arquivos vetoriais com recorte para a bacia do rio Uberabinha. Conforme apresentado por Rosa (2007), a análise

da qualidade do mapa litológico da bacia baseou-se nos coeficientes de concordância total e *Kappa*. Para a efetivação dos procedimentos foi utilizada uma matriz de erros.

A concordância total (*Po*) é dada pela razão do somatório da diagonal principal ($\sum X_i$) pelo número de amostras (N), variando de 0 a 1, conforme equação a seguir:

$$Po = \frac{\sum X_i}{\mathrm{N}}$$

O coeficiente de concordância *Kappa* (*k*) é obtido pela equação abaixo, onde *Pc* é o somatório das linhas e colunas marginais dividido pelo total de observações ao quadrado:

$$k = \frac{Po - Pc}{1 - Pc}$$

Convertendo-se os valores da matriz de erros da concordância total em porcentagem, tem-se o *Pc* mediante a equação a seguir, sendo *Pc* o somatório dos percentuais das linhas e colunas marginais dividido pelo percentual total de observações ao quadrado:

$$Pc = \frac{(L_1\, C_1 \; + \; L_2\, C_2 + \ldots + L_n\, C_n)}{N^2}$$

Para Rosa (2007), a estatística *Kappa* é utilizada para analisar a concordância entre um mapa temático e a verdade terrestre, elaborada por meio de amostragens de campo. Ao final a qualidade do mapa foi avaliada conforme os seguintes valores: 0,0 e 0,2 (ruim); 0,2 e 0,4 (razoável); 0,4 e 0,6 (bom); 0,6 e 0,8 (muito bom); e 0,8 e 1,0 (excelente).

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Resultados e discussões

Os resultados e discussões estão divididos em duas partes: inicialmente o levantamento geológico da área de estudo, seguido dos resultados dos coeficientes de concordância dos mapas obtidos por procedimentos distintos e as respectivas discussões:

3.1. Caracterização da geologia da bacia do rio Uberabinha

A bacia do rio Uberabinha situa-se na porção nordeste da bacia sedimentar do Paraná. Contudo, o embasamento litológico de sua área corresponde aos metassedimentos dobrados e falhados do Grupo Araxá (Proterozóico), associados à Faixa de Dobramentos Brasília (DARDENNE, 2000). A gênese do referido grupo está relacionada à erosão do complexo granito-gnáissico, cuja sedimentação sofreu metamorfismo regional devido aos movimentos tectônicos. Para Barbosa et al. (1970, p. 21), o Grupo Araxá é um "grupo de metamorfitos de fácies epidoto-afibolito, consistindo essencialmente de micaxistos e quartzitos, com intercalações de anfibolitos".

Os afloramentos do Grupo Araxá na bacia do rio Uberabinha ocorrem no trecho final do curso d'água principal, onde há uma zona de contato com a Formação Serra Geral, ampliando-se ao longo do vale encaixado até a sua foz. Os micaxistos encontrados apresentam dobras, microdobras, falhas e fraturas. Nas escarpas abruptas, essas rochas estão expostas à ação do intemperismo, apresentando-se bastante friáveis. Nishiyama (1989) ressalta que as rochas do Grupo Araxá se encontram sotopostas às de idade Mesozóica, cujas exposições ocorrem em áreas intensamente erodidas pela ação fluvial.

As litologias de idade Mesozóica são compostas pelo Grupo São Bento, constituído de rochas magmáticas intercaladas com formações sedimentares; e Grupo Bauru, formado por litologias exclusivamente sedimentares. Segundo Feltran Filho (1997), a presença das rochas

desses grupos está relacionada à resistência dos seus constituintes frente aos processos de erosão geoquímica diferencial atuantes no Cenozóico.

O Grupo São Bento é constituído pelas rochas Juro-Cretáceas das Formações Botucatu (rochas sedimentares) e Serra Geral (rochas magmáticas). Entretanto, os arenitos eólicos da Formação Botucatu não são representativos na área de estudo. A Formação Serra Geral é composta de rochas efusivas básicas, cuja formação remete a atividade vulcânica ocorrida na Bacia do Paraná durante o Mesozóico (NISHIYAMA, 1989). Tratam-se de basaltos, que apresentam coloração escura, textura afanítica (cristais de pequena dimensão em função do rápido arrefecimento), fraturas e disjunções colunares em derrames espessos.

Na bacia do rio Uberabinha os basaltos encontram-se recobertos pelo Grupo Bauru na porção da chapada. Seus afloramentos iniciam-se a partir da cachoeira do Sucupira, estendendo pela calha do rio, além dos leitos do ribeirão Bom Jardim e do rio das Pedras. O Grupo Bauru, sotoposto aos basaltos, é representado pela Formação Marília que são arenitos e conglomerados carbonáticos de idade Cretácea abrangendo sobretudo a chapada Uberlândia-Uberaba (NISHIYAMA, 1989). Além dessas unidades destacam-se os depósitos detrito-lateríticos (Cenozóico), sobrejacentes às Formações Serra Geral e Marília. Já as lateritas são formações decorrentes de processos pedogenéticos decorrentes de lixiviação do solo, acumulando crostas, couraças e concreções de óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio.

3.2. Análise da qualidade do mapeamento litológico da bacia do rio Uberabinha

Para a obtenção da verdade terrestre, durante os trabalhos de campo foram obtidos 70 pontos de observações, sendo 10 no Grupo Araxá, 20 na Formação Serra Geral, 20 na Formação Marília e outros 20 na cobertura detrítico-laterítica. Sobrepondo-os nos dois mapas (Figura 3), foi possível contabilizar a quantidade de pontos compatíveis com cada mapa.

ISBN: 978-85-7282-778-2

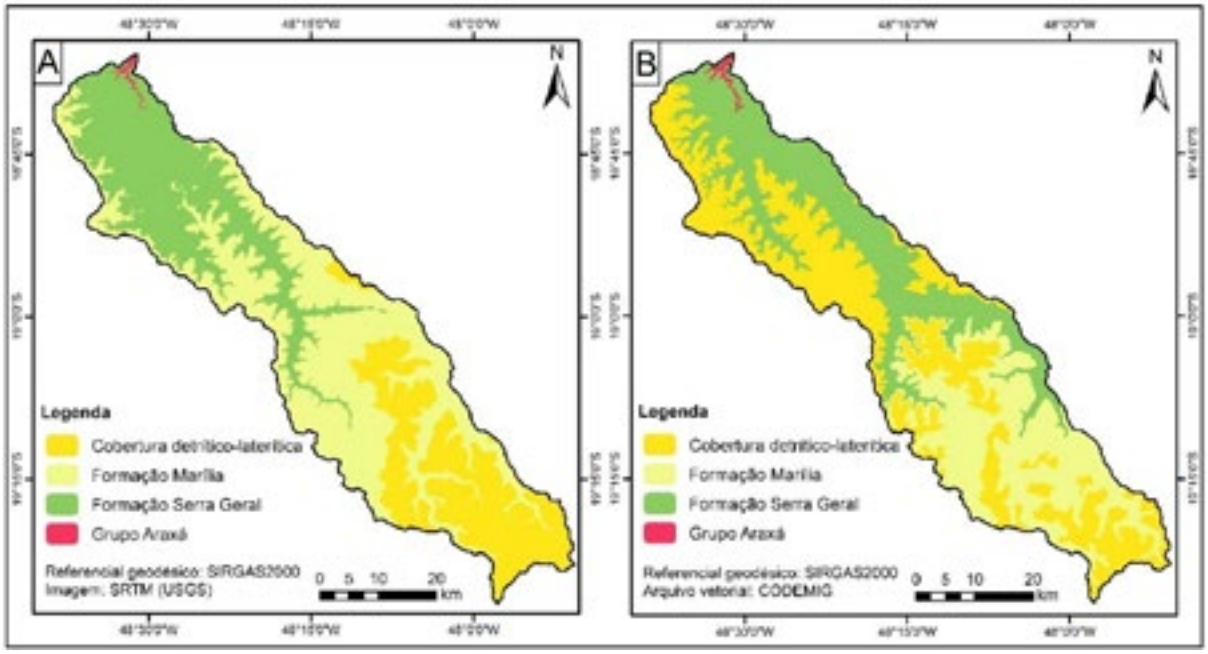


Figura 3 – Mapas litológicos obtidos por diferentes procedimentos: (A) Mapa obtido por meio de reclassificação de intervalos altimétricos de imagem SRTM (USGS, 2018); (B) Mapa obtido por meio de recorte dos arquivos vetoriais da CODEMIG (2017)

Conforme os valores da Tabela 1, no mapa obtido pela imagem SRTM (USGS, 2018), o valor do coeficiente de concordância total foi de 72,80%. Já a concordância *Kappa* do referido mapa foi de 27,00%, enquanto o índice *Kappa* apresentou o resultado de 0,62. Esse índice indica que o mapa produzido pelo procedimento metodológico experimental de reclassificação de intervalos altimétricos possui uma qualidade muito boa.

Coeficiente de concordância total						
Verdade terrestre		Grupo Araxá	Formação Serra Geral	Formação Marília	Cobertura detrítico-laterítica	
	Grupo Araxá	7	3	-	-	10
	Formação Serra Geral	-	20	-	-	20
	Formação Marília	-	1	14	5	20
	Cobertura detrítico-laterítica	-	3	7	10	20
		7	27	21	15	70
Coeficiente de concordância *Kappa*						

ISBN: 978-85-7282-778-2

		Grupo Araxá	Formação Serra Geral	Formação Marília	Cobertura detrítico-laterítica	
Verdade terrestre	Grupo Araxá	10%	4,3%	-	-	14,3%
	Formação Serra Geral	-	28,6%	-	-	28,6%
	Formação Marília	-	1,4%	20%	7,14%	28,5%
	Cobertura detrítico-laterítica	-	4,3%	10%	14,3%	28,6%
		10%	38,6%	30%	21,4%	100,0%

Tabela 1 – Coeficientes de concordância total e *Kappa* do mapa litológico da imagem SRTM (USGS, 2018)

Na avaliação do coeficiente de concordância total do mapa obtido pelo *shapefile* da CODEMIG (2017), cujos resultados estão na Tabela 2, obteve-se um resultado de 80,00%. Ainda na Tabela 3, a concordância *Kappa* do mapa foi de 26,50% e o valor *Kappa* foi de 0,72, indicando que o mapa é muito bom. Isso indica que em comparação com o mapa obtido pela reclassificação dos intervalos altimétricos, os resultados foram satisfatórios.

Coeficiente de concordância total

		Grupo Araxá	Formação Serra Geral	Formação Marília	Cobertura detrítico-laterítica	
Verdade terrestre	Grupo Araxá	10	-	-	-	10
	Formação Serra Geral	-	20	-	-	20
	Formação Marília	-	7	8	5	20
	Cobertura detrítico-laterítica	-	-	2	18	20
		10	27	10	23	70

Coeficiente de concordância *Kappa*

		Grupo Araxá	Formação Serra Geral	Formação Marília	Cobertura detrítico-laterítica	
Verdade terrestre	Grupo Araxá	4,3%	-	-	-	14,3%
	Formação Serra Geral	-	28,6%	-	-	28,6%
	Formação Marília	-	10,0%	11,4%	7,1%	28,5%
	Cobertura detrítico-laterítica	-	-	2,9	25,7%	28,6%
		4,3%	38,6%	14,3%	32,8%	100,0%

Tabela 2 – Coeficientes de concordância total e *Kappa* do mapa litológico da CODEMIG (2017)

Embora os mapas tenham diferenças visuais, sobretudo na ocupação de cobertura detrítico-laterítica, ambos foram qualificados como muito bom. O percentual de acerto das

ISBN: 978-85-7282-778-2

rochas do Grupo Araxá foi alto nos dois mapas. Mesmo que no mapa obtido pela imagem SRTM (USGS, 2018) o percentual de pontos tenha sido de 70%, os outros 30% foram pontos que se situam na Formação Serra Geral, nas proximidades do Grupo Araxá. Já o acerto das áreas ocupadas pela Formação Serra Geral foi de 100% em ambos. Dessa forma, esses resultados demonstraram a importância de uma avaliação por meio de coeficientes de concordância para elaboração de mapas boa qualidade, sem grandes custos.

4. Considerações finais

O artigo buscou demonstrar a possibilidade de elaboração de um mapa litológico por intermédio da reclassificação dos intervalos altimétricos obtidos por imagens SRTM (USGS, 2018). Como a geologia da bacia do rio Uberabinha está mapeada pela CODEMIG (2017), foi possível analisar o resultado da reclassificação baseado nos coeficientes de concordância com a verdade terrestre. A principal discrepância entre os mapas ocorreu com a área ocupada pela cobertura detrítico-laterítica. Contudo, diante dos resultados considera-se que a reclassificação dos intervalos altimétricos apresentou uma qualidade muito boa e com baixo custo, podendo ser aplicado em outras bacias hidrográficas em contextos geotectônicos similares.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

Referências Bibliográficas

BARBOSA, O.; BRAUN, O. P. C.; DYER, R. C.; CUNHA, C. A. B. R. **Geologia da região do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro. DNPM/DFPM, 1970, 140 p.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE MINAS GERAIS – CODEMIG. **Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais**. Projeto

Triângulo Mineiro, 2017. Disponível em: <http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/> acesso em 14 de março de 2018.

DARDENNE, M. A. The Brasilia fold belt. In: CORDANI, U. G.; MILANI, E. J.; THOMAZ FILHO, D.; CAMPOS, D. A. (eds.), **Tectonic evolution of South America**, 2000, p. 231-263.

FELTRAN FILHO, A. **A estruturação das paisagens nas chapadas do oeste mineiro**. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997, 252 p.

LISLE, R. J.; BRABHAM, P.; BARNES, J. **Mapeamento geológico básico**: guia geológico de campo. Tradução: Karina Sirtori, Théo Amon, Rualdo Menegat. Revisão técnica: Rualdo Menegat. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

NISHIYAMA, L. Geologia do município de Uberlândia e áreas adjacentes. **Revista Sociedade e Natureza**. Uberlândia: IG/UFU, v. 1, n. 1, 1989, p. 9-16.

PELLÉ, J. M. **RGB Color Code according to the Commission for the Geological Map of the World (CGMW)**. France, 2012. Disponível em: <https://engineering.purdue.edu/Stratigraphy/charts/RGB.pdf> acesso em 12 de março de 2018.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 6ª ed. Uberlândia: EDUFU, 2007.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Shuttle Radar Topography Mission 1 Arc-Second Global.** Courtesy of the U.S. Geological Survey. Disponível em: <https://lta.cr.usgs.gov/SRTM1Arc> acesso em 18 de outubro de 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO PREDITIVO DE SOLOS COM USO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS, EM PRESIDENTE PRUDENTE – SP

Janaina Natali Antonio [(a)], José Tadeu Garcia Tommaselli[(b)], Graciela Isabel Metternicht[(c)]

[(a)] Universidade Estadual Paulista, UNESP, Email: janainaantonio.geo@gmail.com

[(b)] Universidade Estadual Paulista, UNESP, Email: tadeu@fct.unesp.br

[(c)] University of New South Wales, UNSW, Email: g.metternicht@unsw.edu.au

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Este artigo tem como objetivo apresentar o mapeamento preditivo de solos do município de Presidente Prudente – SP, realizado com o uso de redes neurais artificiais (RNA) e da integração de atributos do relevo. A compreensão da relação existente entre os solos e os atributos do relevo derivados de um modelo digital de elevação (MDE) forneceu informações para relacionar os principais padrões de ocorrência de tipos de solos aos atributos de elevação, declividade, perfil de curvatura do relevo, geoformas e aspecto. Entre as variáveis utilizadas as que tiveram destaque foram declividade e geoformas, apresentando similaridade de padrão de ocorrência. As RNAs se mostraram uma técnica eficiente para o delineamento das unidades de solos, e permitiram a identificação de componentes da paisagem por meio do estabelecimento de padrões gerados a partir das coletas de amostras.

Palavras chave: Mapeamento de solos, atributos do relevo, redes neurais artificiais, modelo digital de elevação.

1. O uso de redes neurais artificiais para o mapeamento de solos

O aumento da complexidade e do volume de problemas a serem resolvidos computacionalmente tornou clara a necessidade de ferramentas computacionais mais sofisticadas que

pudessem reduzir a necessidade de intervenção humana, que fossem capazes de aprender a partir da experiência passada, como na abordagem de Inteligência Artificial em que a capacidade de aprendizado é considerada essencial (FACELI et al., 2011).

As RNAs fazem parte do ramo da Inteligência Artificial (RIBEIRO, 2003) e se baseiam em modelos matemáticos e de engenharia baseados em neurônios biológicos (KOVÁCS, 2002), permitindo que informações lógicas ou valores numéricos possam ser processados para gerar um dado de saída (RIBEIRO, 2003). Para realizar este processamento o conhecimento é adquirido pela RNA através do processo de aprendizagem e armazenados pela conexão entre os neurônios, conhecidas como pesos sinápticos (HAYKIN, 2001).

As vantagens do uso de sistemas inteligentes são que estes possuem características semelhantes, tais como: paralelismo massivo, representação e computação distribuídas, habilidade de generalização, adaptabilidade, processamento de informações contextual inerente, tolerância a falhas (ROSA, 2011), alta versatilidade (VIEIRA e ROISENBERG, 2008), velocidade no processamento (SABO, 2006) e reconhecimento de padrões com uma quantidade pequena de amostras de treinamento (RIBEIRO, 2003).

O funcionamento da RNA é determinado pela conexão entre as unidades de processamento. É possível treinar uma rede para reproduzir uma função particular através do ajuste das conexões entre as unidades (RIBEIRO, 2003). A organização das RNAs em camadas é conhecida como topologia ou arquitetura de rede, as quais podem ser compostas por apenas uma camada simples ou por multicamadas formadas por várias camadas intermediárias, de acordo com o problema a ser resolvido (SABO, 2006).

Com a utilização dessa metodologia é possível avaliar padrões associados aos tipos de rochas, formas do terreno, textura do solo, condições da rede de drenagem, suscetibilidade ao escoamento e materiais inconsolidados sobre as rochas (RIBEIRO, 2003). As RNAs foram utilizadas com sucesso em análises ambientais recentes, na linha das técnicas quantitativas utilizadas em Pedometria, em grande parte dos casos com a finalidade de realizar a predição de classes de solos com maior rapidez e precisão e com custos mais baixos.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Zhu (2000) desenvolveu abordagem de RNA para modelo de similaridade de solo, projetada para representar a paisagem do solo como contínuos espaciais, em Montana – EUA. A informação espacial da abordagem de RNA revelou maiores detalhes e qualidade superior à do mapa convencional. Chagas (2006) utilizou atributos do terreno e dados de sensores remotos utilizando RNA para a predição de classes de solos, no Rio de Janeiro – BR, com diferentes combinações das variáveis, que obteve desempenho superior ao dos mapas produzidos pelo método convencional e pelo classificador MAXVER.

Sirtoli (2008) utilizou RNA para a predição de unidades de solos com a utilização de atributos do terreno e índices espectrais, na área da Formação Guabirotuba em Curitiba – BR, e obteve resultados semelhantes ao mapa convencional, porém identificou pequenos componentes na paisagem difíceis de serem caracterizados pelo mapeamento convencional. Arruda (2012) utilizou RNA e outras técnicas digitais, em Barra Bonita – BR, com as variáveis do relevo derivados, MDE, e os resultados indicaram a mesma disposição de solos que nos mapas convencionais.

As RNAs são aplicadas com sucesso em análises ambientais utilizadas em Pedometria, com finalidade de predição de classes de solos com maior rapidez e precisão, além de custos mais baixos que em mapeamentos convencionais e, por isso, há um crescente aumento no número de trabalhos nessa área.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e procedimentos

2.1. Área de estudo

A área do município de Presidente Prudente – SP, apresentada na Figura 1, é composta por depósitos sedimentares da Formação Adamantina, pertencente ao Grupo Bauru, que abrange uma vasta área no Oeste Paulista e no Planalto Ocidental (IPT, 1981). A Formação Adamantina recobre as unidades pretéritas, coberta parcialmente pela Formação Marília e por Coberturas Cenozoicas, com tendência a sedimentos mais finos e bem selecionados (ALMEIDA et al., 1980; IPT, 1981; FUSHIMI, 2012).

Os solos mais representativos da região de Presidente Prudente – SP são: solos desenvolvidos, solos rasos a desenvolvidos, solos rasos e solos hidromórficos, associados aos Latossolos, Argissolos, Neossolos, Planossolos e Gleissolos (FUSHIMI, 2012).

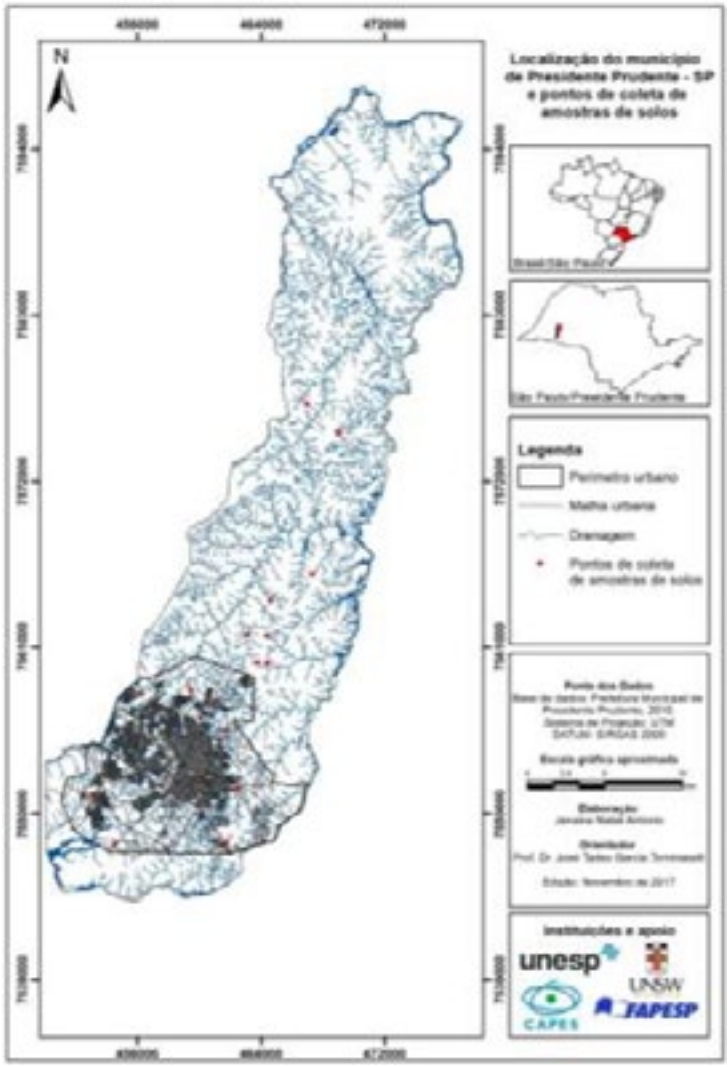


Figura 1 - Localização do município de Presidente Prudente – SP e dos pontos de coleta de amostras de solo

Fonte: ANTONIO, 2017.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2.2. Elaboração de mapas com atributos do relevo e coleta de amostras de solo

Para a elaboração do mapa preditivo de solos do município de Presidente Prudente – SP foram realizados os procedimentos indicados na Figura 2.

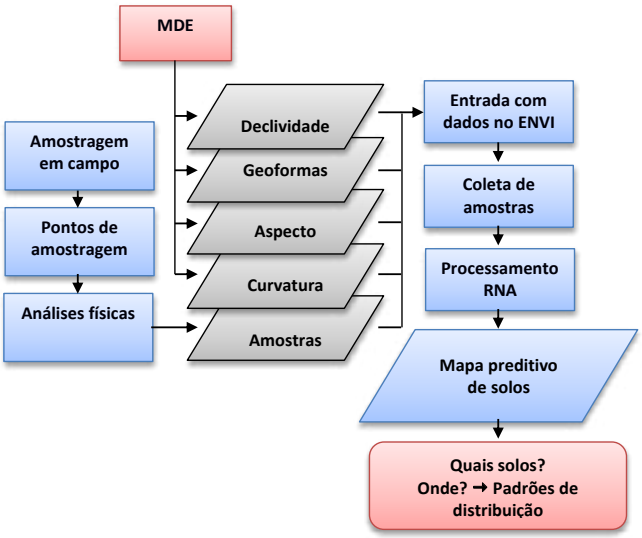


Figura 2 - Diagrama de blocos das etapas de trabalho para o mapeamento preditivo de solos do município de Presidente Prudente – SP

Fonte: ANTONIO, 2017.

A elaboração de um MDE da área de estudo foi o procedimento inicial para a obtenção dos modelos com características do relevo. Para a elaboração do MDE e dos mapas derivados, foram utilizados o software ArcGIS 10.2 e a base digital de curvas de nível . Os atributos do relevo utilizados foram: elevação, perfil de curvatura, declividade, geoformas e aspecto , que combinados com os resultados das amostras texturais e morfológicas foram organizados por tabulação cruzada.

O mapa de curvatura do relevo teve suas categorias definidas após diversos testes para adequação dos tipos de curvatura às informações das curvas de nível. Foram definidas três classes (côncava, convexa e retilínea), com seleção de intervalo de -0,5% a +0,5% para a

classe de vertentes retilíneas, com base em Valeriano (2003) e pela proximidade da delimitação feita manualmente em uma área de teste.

Para a elaboração do mapa de declividade, foram utilizados os parâmetros indicados pela EMBRAPA (2013), que propõe a utilização das seguintes classes de declividades: 0 – 3% (plano), 3 – 8% (suave ondulado), 8 – 20% (ondulado), 20 – 45% (forte ondulado), 45 – 75% (escarpado) e acima de 75% (montanhoso).

Para a elaboração do mapa das geoformas, foram utilizados os conceitos de Evans (2016) e Reuter e Nelson (2009), baseados em MacMillan e Pettapiece (1997), que consideram quatro tipos de formas do relevo: Crest – Shoulder (topo), Upper – Mid Slope (alta vertente), Mid – Lower Slope (média vertente) e Toe – Depression (fundo de vale).

O mapa de aspecto define a direção do fluxo de água e está relacionado diretamente com a evapotranspiração, insolação, teor de água no solo e, por consequência, o grau de evolução dos solos (MOORE et al., 1993; WILSON e GALLANT, 2000). A elaboração do mapa de aspecto foi baseada em Reuter e Nelson (2009).

A coleta de amostras de solos foi realizada seguindo os procedimentos indicados por Lemos e Santos (1996) e posterior análises no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos da FCT/UNESP para identificação dos tipos de solo. Para a elaboração do mapa preditivo de solos, foram adicionados 8 pontos de amostragem em áreas localizadas fora do perímetro urbano, extraídos da dissertação de mestrado de Fushimi (2012).

2.3. Processamento das variáveis do relevo e elaboração do mapa preditivo de solos

Para o processamento do mapa preditivo de solos, foram utilizadas as variáveis de entrada: declividade, geoformas, aspecto e curvatura, das quais os dados foram agrupados em arquivo único, com 5, 4 e 3 bandas, para a coleta de amostras de treinamento e processamento das RNAs. A Figura 3 exibe o diagrama de blocos explicando a sequência realizada para o processamento das RNAs.

ISBN: 978-85-7282-778-2

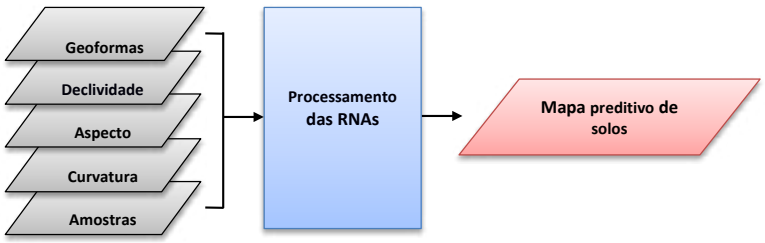


Figura 3 - Diagrama de blocos da sequência utilizada para o processamento das RNAs para a elaboração de um mapa preditivo de solos

Fonte: ANTONIO, 2017.

Após o procedimento de entrada dos dados, é necessário realizar a coleta de amostras de treinamento utilizadas para a amostragem e o processamento pelas RNAs. Os dados resultantes compuseram o arquivo com os elementos aspecto, curvatura, geoformas e declividade, apresentados na Figura 4.

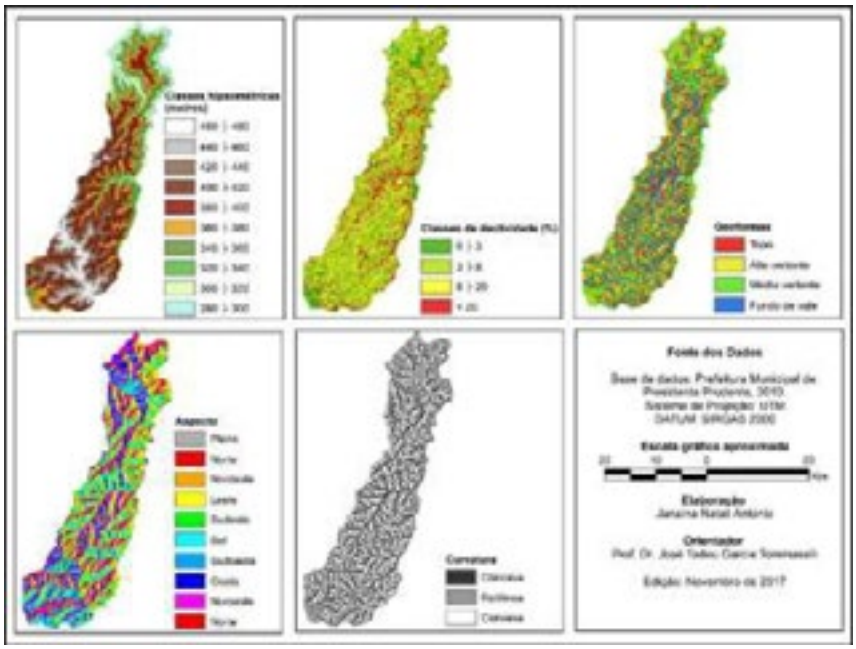


Figura 4 - Elementos do relevo utilizados para o processamento do mapa preditivo de solos no perímetro urbano de Presidente Prudente – SP

Fonte: ANTONIO, 2017.

A coleta de amostras de treinamento foi realizada de acordo com a localização dos perfis de solos coletados para análises granulométricas e morfológicas para a identificação dos tipos de solos. Foram realizados testes de processamento com diferentes arquiteturas na classificação por RNA, no aplicativo ENVI 4.4, até a obtenção de resultado semelhante aos padrões encontrados por Fushimi (2012).

Para a coleta de amostras de treinamento uniforme, foram coletados, em média, a quantidade de 190 pixels para cada classe de solo. Na sequência, foram realizados testes com diferentes números de camadas de entrada para avaliar a influência das variáveis de entrada.

Para verificar a influência das variáveis de entrada e dos parâmetros da arquitetura da RNA, foram realizados testes utilizando o algoritmo de treinamento backpropagation variando o número de variáveis de entrada com 5, 4 e 3 camadas de entrada e o número de parâmetros da arquitetura das RNAs: modo de ativação logística (sigmoidal), contribuição limiar de treinamento (training threshold contribution), a taxa de aprendizado (training rate), a dinâmica de treinamento (training momentum), critério de saída EMQ – erro médio quadrático – de treinamento (training RMS exit criteria), número de camadas ocultas (number of hidden layers) e número de iterações de treinamento (number of training iterations).

3. Resultados e discussões

Os testes foram realizados com o algoritmo de treinamento backpropagation para RNAs multicamadas, alterando-se a quantidade de camadas de entrada e a sua topologia/arquitetura. O melhor resultado da classificação com RNAs foi obtido com 4 camadas de entrada e 1 neurônio na camada oculta, e variações dos parâmetros de treinamento.

Não há critérios específicos para a definição do número de neurônios na camada oculta, porém uma quantidade reduzida de neurônios pode apresentar maior nível de generalização. Para os testes realizados, os melhores resultados foram obtidos com 1 camada oculta e variações nos outros parâmetros.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os resultados obtidos apresentaram distribuição dos tipos de solos hidromórficos associados às áreas de fundo de vale, próximas ao leito dos rios e com baixas declividades; os Latossolos estão associados às áreas de topos, com baixas declividades e perfil de curvatura retilíneo; os Argissolos, predominantes no município, estão associados às áreas de baixa declividade, porém localizados nas altas vertentes; e os Neossolos estão principalmente relacionados às áreas de altas declividades e médias vertentes, conforme apresentado na Figura 5.

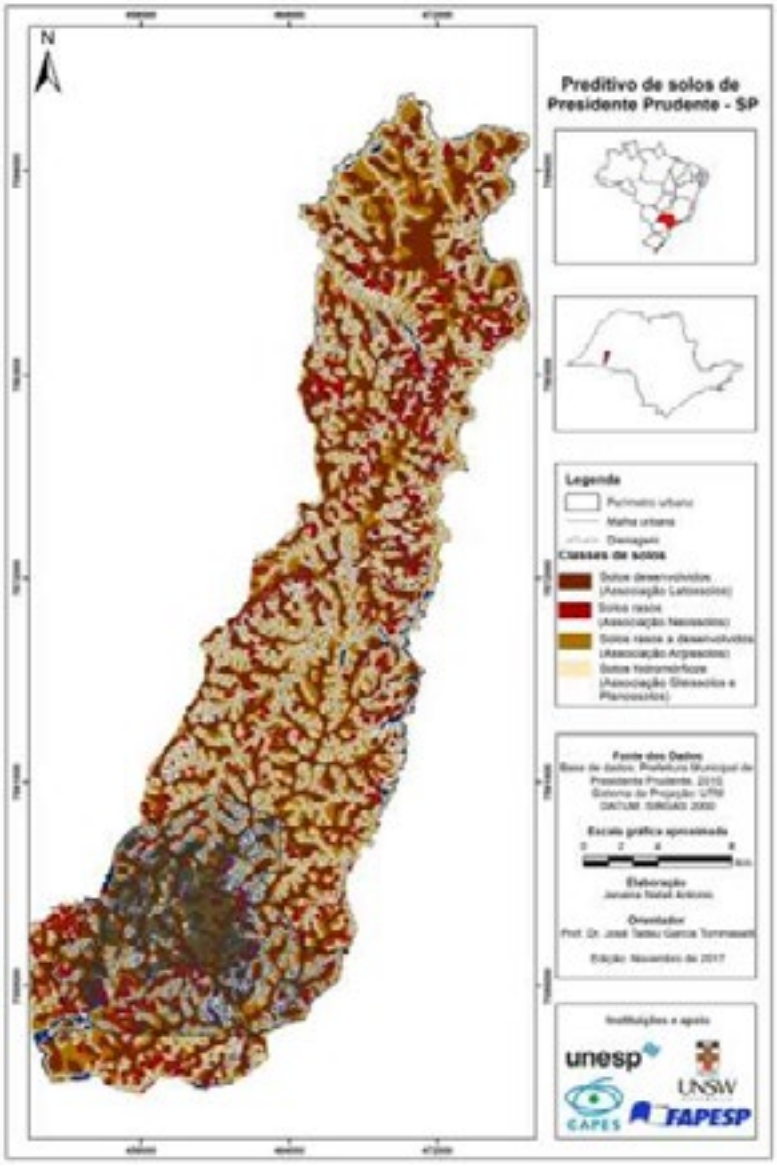


Figura 5 - Mapa preditivo de solos do município de Presidente Prudente – SP

Fonte: ANTONIO, 2017.

Após os testes de avaliação das variáveis de entrada, os melhores resultados foram obtidos depois da retirada da variável elevação, sendo que o melhor resultado foi obtido com 4 variáveis de entrada. Entre eles, tiveram destaque a declividade e as geoformas, apresentando similaridade de padrão de

ocorrência. A ocorrência dos Neossolos está, principalmente, relacionada às declividades de 20% ou acima. Os Latossolos nas áreas com declividades inferiores a 8% e os solos hidromóficos nos fundos de vale, em declividades abaixo de 3%, e os Argissolos variam em declividades acima de 3% e abaixo de 20%, devido ao predomínio do material de origem.

4. Considerações

A utilização de atributos do relevo associada ao uso de RNA apresentou resultados promissores que podem facilitar o mapeamento de solos, principalmente em relação aos custos e ao tempo demandado na forma tradicional. A metodologia pode ser aperfeiçoada com o uso de material cartográfico com maior resolução espacial, aumento no número de amostras coletadas em campo, bem como a inserção de mais camadas de entrada e de amostras para o processamento das RNA.

Os mapeamentos preditivos de solos podem ser utilizados para a comparação entre as possíveis características naturais no passado, com as presentes e também na criação de cenários futuros, a partir da combinação de características e processos atuantes. Também podem ser úteis na identificação de solos em áreas urbanas, onde devido às alterações antrópicas não podem ter suas características identificadas, da maneira tradicional.

Agradecimentos

Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo – FAPESP pelo financiamento da pesquisa, processo – FAPESP: 2013/03505-6.

5. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. A. de; STEIN, D. P.; MELO, M. S. de; BISTRICHI, C. A.; PONÇANO, W. L.; HASUI, Y.; ALMEIDA F. F. M. de. 1980b. Geologia do oeste paulista e áreas fronteiriças dos estados de Mato Grosso do Sul e Paraná. **Anais**... Congresso Brasileiro de Geologia, 31. Camboriú, 1980. Anais… Camboriú, SBG. v. 5, p. 2799-2812.

ANTONIO, J. N. **Classificação de Antropossolos em áreas de antigos depósitos de resíduos sólidos urbanos em Presidente Prudente – SP**: contribuição metodológica. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP, 2017.

ARRUDA, G. P. de, **Estratégias de mapeamento digital de solos por redes neurais artificiais baseado na relação solo-paisagem**. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2012.

CHAGAS, C. da S. **Mapeamento digital de solos por correlação ambiental e redes neurais em uma bacia hidrográfica no domínio de Mar de Morros**. Tese (Doutorado em solos e nutrição de plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação dos solos.** 3.ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

EVANS, J. ArcGis geomorphometry e gradient metrics. In**: Quantitative methods in spatial ecology**. Disponivel em: http://evansmurphy.wix.com/evansspatial#!arcgis-gradient-metrics-toolbox/crro, 2016.

FACELI, K.; LORENA, A. C.; GAMA, J.; CARVALHO, A. C. P. L. F. **Inteligência artificial**: uma abordagem de aprendizado de máquina. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

FUSHIMI, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente - SP**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

HAYKIN, S. **Redes neurais**: princípios e prática. Porto Alegre: Bookman, 2001.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**: 1:500.000. vol. I, São Paulo: IPT, 1981.

KOVÁCS, Z. L. **Redes neurais artificiais**: fundamentos e aplicações. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2002.

LEMOS, R. C. de. e SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: Sociedade Brasileira do Solo, 1996.

MaCMILLAN, R. A e PETTAPIECE, W. W. **Soil landscape models**: automated landscape characterization and generation of soil-landscape models. Ottawa, Canada: Agriculture and Agri-Food Canada, 1997.

MOORE, I. D., GESSLER, P. E., NIELSEN, G. A., PETERSON, G. A. Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v.57, p.443-452, 1993.

WILSON, J. P. e GALLANT, J. C. Digital terrain analysis. WILSON, J. P. e GALLANT, J. C. (eds.). **Terrain analysis**: principles and applications. New York: John Wiley e Sons, 2000.

RIBEIRO, S. R. A. **Integração de Imagens Landsat TM e dados auxiliares para a delimitação automática de unidades fisionômicas usando Redes Neurais Artificiais**. Tese (Doutorado em Ciências Geodésicas) Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2003.

REUTER, H. I. E NELSON, A. Geomorphometry in ESRI Packages. HENGL, T. e REUTER, H. I. **Geomorphometry**: Concepts, software, applications. Developments in soil science, vol. 33, Elsevier, 2009.

ROSA, A. S. **Funções de predição espacial de propriedades do solo**. (Mestrado em Ciência do solo) Universidade Estadual de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2012.

SABO, L. A. **Análise da incerteza na representação de classes temáticas resultantes da aplicação de uma rede neural artificial**. Dissertação (Mestrado em Ciências Cartográficas) Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

SIRTOLI, A. E. **Mapeamento de solos com auxílio da geologia, atributos do terreno e índices espectrais integrados por redes neurais artificiais**. Tese (Doutorado em geologia), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

VALERIANO, M. de M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v.7, n.3, p.539-546, 2003.

VIEIRA, R.C. e ROISENBERG, M. **Redes neurais artificiais**: Um breve tutorial, Laboratório de Conexionismo e Ciências Cognitivas, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

ZHU, A.; QI, F.; MOORE, A.; BURT, J. E. Prediction of soil properties using fuzzy membership values. **Geoderma**, v. 158, p. 199-206, 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO PRELIMINAR DOS MANGUEZAIS NA ZONA COSTEIRA DA REGIÃO DO BAIXO SUL DA BAHIA, BRASIL

Ana Paula Sena de Souza[(a)], Ivonice Sena de Souza[(b)], George Olavo[(c)], Jocimara Souza Britto Lobão[(d)].

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana- BA, anappaullasouza@yahoo.com.br
[(b)] Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana- BA, vonisouza@yahoo.com.br
[(c)] Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana- BA, georgeolavo@gmail.com
[(d)] Programa de Pós-Graduação em Ciências da Terra e do Ambiente, Universidade Estadual de Feira de Santana- BA, juci.lobao@gmail.com

Eixo: 9. Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo da pesquisa foi mapear as áreas de cobertura de manguezais na região do Baixo Sul da Bahia, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas. Foi utilizada imagem Landsat 8 e definidas 7 classes de uso e cobertura da zona costeira da região: Corpos D'Água, Área Urbana, Vegetação, Agropecuária, Carcinicultura, Solo Exposto e Manguezal. Para a classificação foi utilizado o método Maxver. A partir da classificação supervisionada e validação em campo foi constatado que a expansão da área urbana é um dos principais fatores responsáveis pela supressão das áreas de manguezal.

Palavras chave: Sensoriamento Remoto, impactos ambientais, mangue

1. Introdução

O litoral brasileiro tem uma das maiores áreas contínuas de manguezal do mundo (LARA et. al., 2003). Os manguezais brasileiros ocupam uma área equivalente a 25.000 km^2 e são encontrados ao longo de quase todos os 8.000 km da costa brasileira. A sua presença ocorrea partir da foz do Oiapoque (Amapá), na região norte do país, até Laguna (Santa Catarina) na região sul do Brasil (ALMEIDA, 2010; FERNANDES, 2003; MMA, 2018; RAMOS, 2002).

Na Bahia estima-se que o manguezal ocupa uma área de quase 1000 km^2 ao longo da costa baiana, destacando-se a região do Baixo Sul, onde estão as maiores florestas situadas entre os municípios de Valença e Maraú (RAMOS, 2002).

Os manguezais são de suma importância para o ciclo de vida de várias espécies marinhas, inclusive recursos pesqueiros comerciais, por oferecer abrigo para reprodução, criação e alimentação dessas espécies. Os manguezais são de fundamental importância econômica para a sustentação das comunidades pesqueiras do seu entorno (IBGE, 2012).

Desde a época da colonização os manguezais vêm sofrendo com a devastação, e a destruição dos manguezais não é uma exclusividade do Brasil. Almeida (2010) afirma que na Colômbia as principais causas para a devastação dos manguezais estão associadas à carcinicultura, expansão turística, expansão de áreas agrícolas e de atividade pecuária, expansão urbana, entre outras. Os fatores que atingem os manguezais em outros países não são diferentes dos que afetam o manguezal brasileiro.

Para acompanhar esta dinâmica dos manguezais podemos contar com as geotecnologias. Nos últimos anos, as geotecnologias vêm envolvendo as mais diversas áreas de estudos. As geotecnologias abrangem um conjunto de ferramentas que permitem agrupar um conjunto de ciências e tecnologias relacionadas à obtenção, armazenamento em bancos de dados, processamento e desenvolvimento de aplicações utilizando informações georreferenciadas (SOUZA FILHO e CRÓSTA, 2003, ROSA, 2005). Dentre essas ferramentas pode-se destacar os Sistemas de Informação Geográfica, a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto e o Sistema de Posicionamento Global (SOUZA FILHO E CRÓSTA, 2003; ROSA, 2005).

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na zona costeira do Baixo Sul da Bahia, conhecida também como “Costa do Dendê” (Figura 01), abrangendo quatro municípios baianos: Cairu,

ISBN: 978-85-7282-778-2

Nilo Peçanha, Taperoá e Valença. Foi delimitada segundo as coordenadas planas UTM (Projeção Universal Transversal de Mercator/SIRGAS-2000: fuso 24). A área possui uma superfície de 1.136 Km^2, inclui um complexo estuarino formado por vários rios que desembocam na região, destacando-se neste estudo o rio Una e o rio dos Patos (ATEPA, 2012). O recorte da área de estudo levou em consideração a zona costeira dos quatros municípios supracitados e que abrangesse toda a área com cobertura de manguezal.

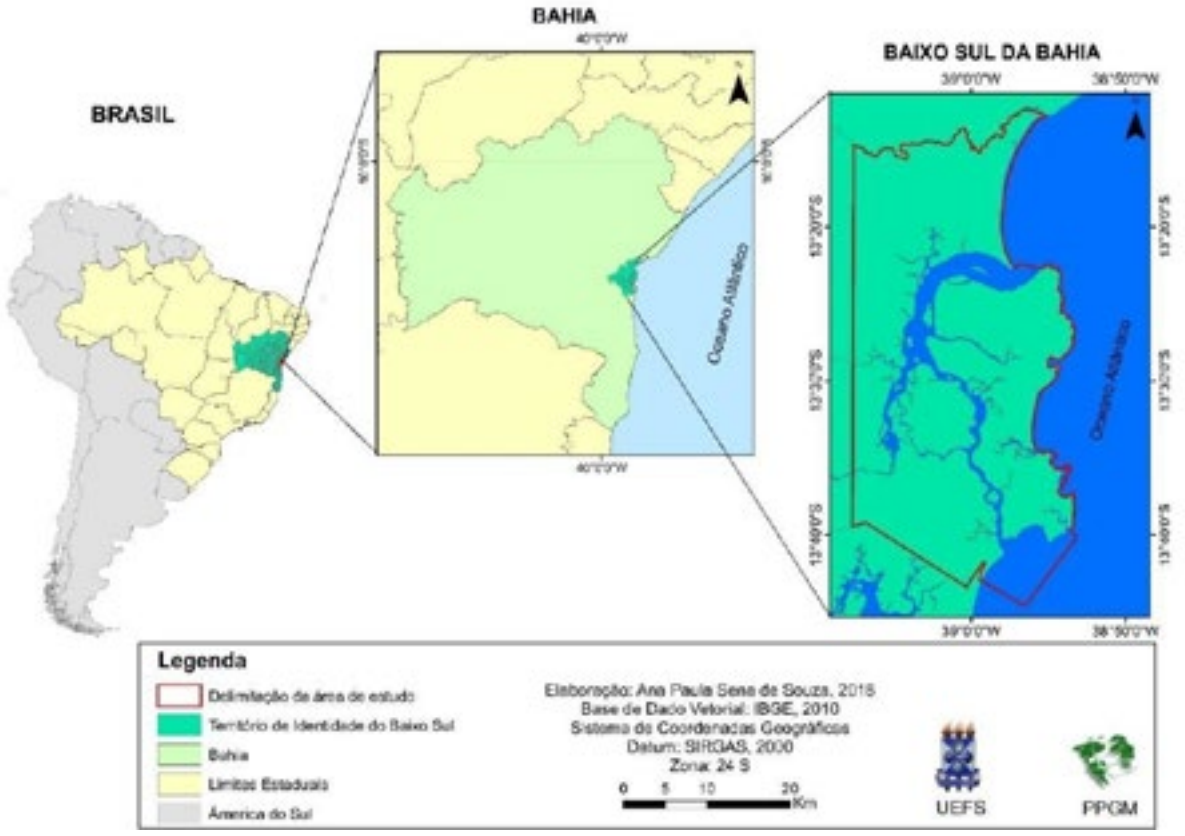


Figura 1– Localização da área de estudo na Região do Baixo Sul da Bahia.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2.2 Procedimentos Metodológicos

Os principais procedimentos adotados para a realização da pesquisa foi a revisão de literatura, a aquisição da imagem no site do USGS. Foi utilizada imagem Landsat 8. O mapeamento corresponde ao ano 2017. A escolha da imagem (período) selecionada levou em consideração a qualidade das imagens disponíveis, uma vez que a obtenção de imagens de boa qualidade é muito difícil devido às condições climáticas da região e à frequência de cobertura de nuvens na área de estudo.

No tratamento e classificação das imagens foi utilizado software específico, o Envi 5.3. Para a realização do mapa de uso e cobertura da área de estudo, foi utilizada imagem do satélite Landsat 8, Operational Land Imager (OLI), resolução espacial 30 metros, do dia 16/06/2017. No processamento da imagem, foram testadas várias combinações de bandas, cores e contrastes, com o objetivo de se extrair o máximo de informações da imagem. As bandas espectrais consideradas no trabalho, para a imagem Landsat 8, foram: 6, 5 e 4 (Infravermelho). As combinações dessas bandas auxiliaram na melhor identificação dos principais usos e cobertura da zona Costeira do Baixo Sul da Bahia (vegetação nativa, água, mangue, carcinicultura, solo exposto, área urbana e agropecuária, etc.). Florenzano (2007) afirma que alguns fatores são importantes para o processo de interpretação das imagens de satélite, são eles: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização.

Foi construída uma chave de interpretação e realizada a fotointerpretação e a classificação supervisionada sobre o recorte da imagem trabalhada. Após a composição de bandas, foi realizada a classificação automática supervisionada. Nesse tipo de classificação, o intérprete identifica as classes, e o algoritmo anteriormente treinado agrega os pixels. A escolha deste classificador se deu pelo fato de apresentar menos problemas com pixel isolados. Logo após a imagem foi convertida em um shapefile e quantificado. Através dos polígonos gerados foi possível analisar as classes de uso e cobertura para o ano de 2017.

A etapa de validação foi realizada através dos pontos coletados em campo com o receptor GPS, para todas as classes de uso e ocupação identificadas previamente na imagem.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Para complementar a validação foram utilizados os índices Kappa e Tau. A etapa de campo foi fundamental para a determinação e reconhecimento in situ das classes determinadas para este estudo, além do registro fotográfico. Na etapa de validação também foi realizada a simulação de pontos aleatórios para compor a matriz de confusão, no ArcGIS. Foram gerados 700 (setecentos) pontos de forma aleatória, distribuídos na área de estudo.

3. Resultados e Discussão

Foram identificadas sete classes de uso e cobertura da zona costeira na área de estudo: Vegetação Ombrófila Densa, Agropecuária, Corpos D'água, Carcinicultura, Solo Exposto, Mangue e Área Urbana.

A classificação supervisionada dos tipos de uso e cobertura vegetal da Área de Estudo, incluindo a quantificação e percentagem das classes, são apresentadas na Figura 02 e Tabela I. Na Tabela 02 é apresentada a matriz de confusão gerada para avaliar a acurácia do mapa temático.

Na classe Corpos D'água está inserida todos os tipos de acumulação de água, a exemplo dos brejos, lagos e tanques. A classe solo exposto, além de abranger as áreas sem vegetação e as áreas desmatadas, incluem também os apicuns e as áreas de restingas. Os pixels correspondentes às áreas de restinga e apicum se confundem com as áreas de solo exposto, mas ressalta-se que o objetivo aqui não é o detalhamento da análise desses tipos de cobertura vegetal e sim mapear as áreas de manguezais.

ISBN: 978-85-7282-778-2

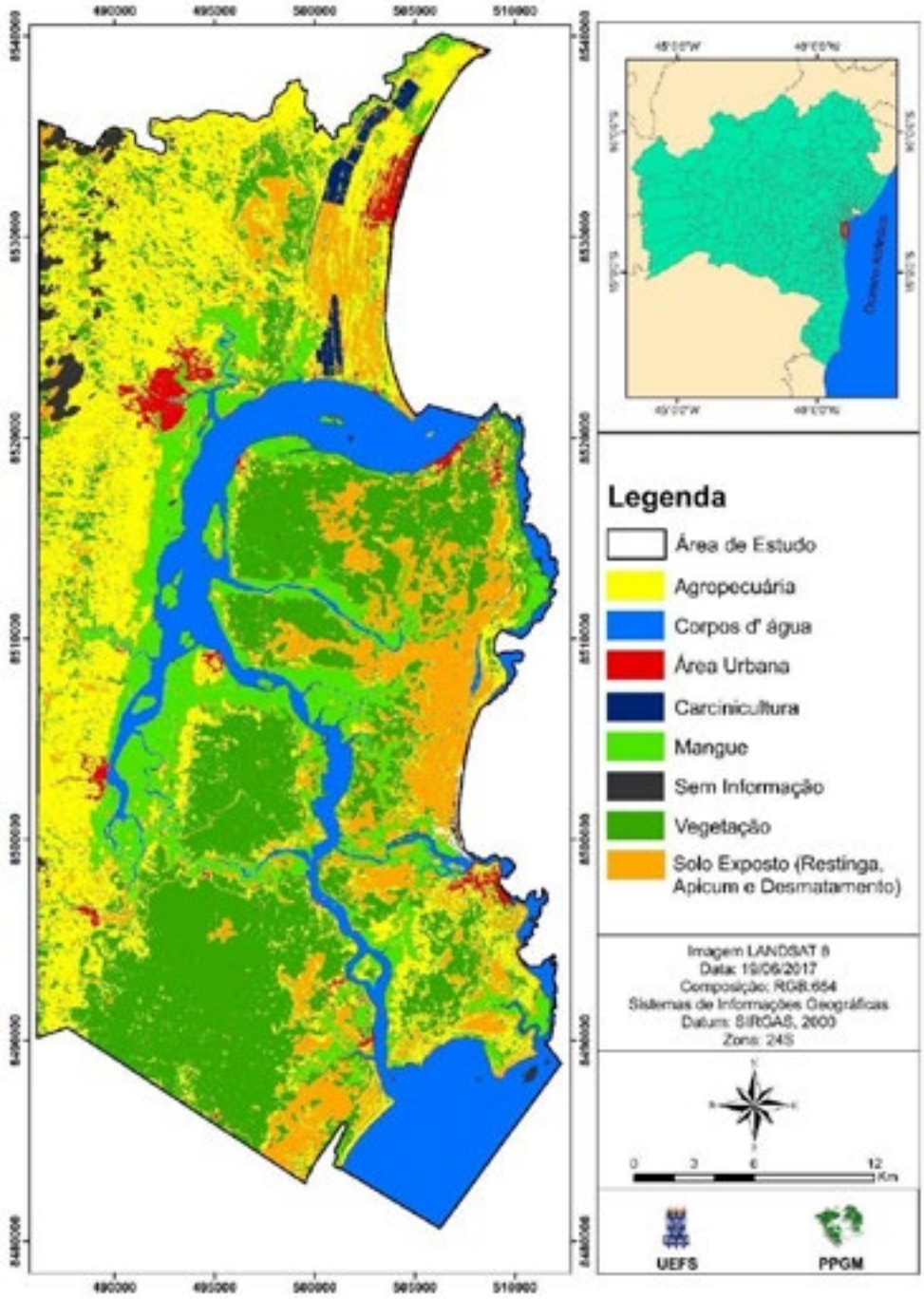


Figura 2- Classificação supervisionada de uso e cobertura da zona costeira da Área de Estudo no Baixo Sul da Bahia – ano de referência 2017.

Tabela I – Quantificação e percentagem das classes de uso e cobertura da Área de Estudo na região do Baixo Sul da Bahia.

Classes	2017	
	Km^2	%
Agropecuária	326,4	29,0
Corpos d'água (rios, brejos)	159,5	14,0
Carcinicultura	7,0	1,0
Área Urbana	22,5	2,0
Mangue	117,6	10,0
Solo Exposto (Restinga, Apicum e desmatamento)	157,5	14,0
Vegetação Ombrófila Densa	321,0	28,0
Nuvem (sem informação)	24,5	2,0
Total	1136	100

Na matriz de confusão gerada para a classificação Maxver (Tabela II) são apresentadas a correspondência de cada classe temática para as classificações supervisionada geradas.

Tabela II – Matriz de confusão para a classificação supervisionada.

Matriz de Confusão Maxver																		
Verdade	Agropecuária		Água		Área Urbana		Carcinicultura		Mangue		Solo Exposto		Sem Informação		Vegetação Ombrófila Densa		Total de Linha	
	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%	Qtde	%
Agricultura	145	94,7	0	0,00	2	18,1	1	16,6	0	0,00	1	0,8	5	29,4	0,00	0,00	154	22,0
Água	0	0,00	112	100	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	112	16,0
Área Urbana	0	0,00	0	0,00	7	63,8	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	7	1,0
Carcinicultura	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	50,0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	3	0,42
Mangue	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	98	95,1	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	98	14,0
Solo Exposto	6	4,0	0	0,00	2	18,1	2	33,4	3	2,9	118	99,2	0	0,00	0,00	0,00	131	18,8
Sem Informação	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	10	58,8	0,00	0,00	10	1,42
Vegetação Ombrófila Densa	2	1,3	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	2,0	0	0,00	2	11,8	179	100	185	26,4
Total Coluna	153	100	112	100	11	100	6	100	103	100	119	100	17	100	179	100	700	100

Ao analisar a matriz de confusão da classificação supervisionada obteve-se maior correspondência entre as classes Vegetação Ombrófila Densa e Corpos D'água. Enquanto a classe mangue apresentou maior correspondência com Solo Exposto e Vegetação Ombrófila Densa, mas que não invalida o resultado da classificação. Já as demais classes não foram confundidas com a classe Manguezal. Os índices obtidos para validar o mapeamento apresentou resultados considerados excelentes. A acurácia das classificações também foi verificada através da verdade de campo, da Exatidão Global, do coeficiente de concordância Kappa e do coeficiente de concordância Tau apresentados na Tabela III.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela III - Valores dos índices para avaliação da acurácia para classificações supervisionadas.

Classificação Temática	Exatidão Global (%)	Índice Kappa (%)	Índice Tau (%)
2017	96,0	95,0	95,0

O uso e cobertura predominante na área delimitada para estudo em 2017 correspondeu à agropecuária, com 326.4 km^2 (29% da área total). Esta classe abrange as áreas de uso da atividade de agricultura e pecuária agrupadas, por não ser possível diferenciar os pixels correspondentes ao cultivo agrícola, dos pixels da atividade pecuária na imagem de satélite, devido à resolução da imagem ser 30 metros. Através das classificações pode-se perceber preliminarmente que a vegetação vem sofrendo com a expansão da agropecuária, retirada da vegetação para a exploração da madeira, para o cultivo agrícola, dentre outros fatores. A vegetação original predominante nesta região é a Mata Atlântica. Na área de estudo encontramse áreas plantadas de banana, cacau, dendê, graviola, mandioca, piaçava, coco, cravo e etc. E a criação de bovinos, equinos, galinhas e etc.

A classe Corpos D'água, que abrange todo os tipos de recursos hídricos, correspondeu a 159,5 km^2 (14% da área de estudo). Enquanto a classe Solo Exposto apresentou uma área de 157,5 km^2 (também 14%). A classe Área Urbana apresentou uma área correspondente a 22,5 km^2 (2%) (Tabela 01 e Figura 02), incluindo cidades, povoados e comunidades rurais.

Durante os trabalhos de campo foi observado que parte dos manguezais vêm sendo aterrados para dar lugar à expansão urbana. Outra situação que foi constatada é referente à situação dos esgotos domésticos. É comum os fundos das casas dos povoados e bairros periféricos das cidades darem para os manguezais e os esgotos são lançados diretamente nos canais do mangue, sem nenhum tratamento (Figura 3).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 3 – Mangue nos fundos das casas dos moradores em um povoado no município de Valença. A: Área de manguezal e tubulação de esgoto lançado diretamente no mesmo; B: Canoas de pesca e gaiolas para a captura de siri em área de mangue. Fonte: Os Autores, 2018.

Quanto a Carcinicultura, é uma classe que (aparentemente) não se destaca na área de estudo como um todo, com uma área de aproximadamente 7,0 km^2 (1% da área total de estudo, nos quatro municípios analisados). Já a classe Manguezal apresentou uma área correspondente a 117,6 km^2 (10 % da área total). Nas imagens registradas em campo é possível ter um panorama da situação do manguezal na região do Baixo Sul da Bahia (Figura 4).

Figura 4 – Os diferentes portes da cobertura vegetal de mangue na área de estudo observados nas imagens obtidas em campo. A:Valença, B: Taperoá. Fonte: Os Autores, 2018.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

O levantamento da distribuição espacial do uso e cobertura do solo é essencial para verificar o grau de degradação ambiental de uma região. Apesar do foco principal do presente estudo ter sido o mapeamento do manguezal, considerou-se necessário mapear e analisar as classes de uso e cobertura da zona costeira da área de estudo, considerando fatores que estão afetando a integridade dos manguezais, causando a redução ou expansão de suas áreas de cobertura, tendo como perspectiva uma futura análise multi-temporal da evolução desses fatores.

Com o uso das ferramentas de SR e SIG foi possível definir sete classes de uso e cobertura para a área de estudo, sendo elas: Corpos D'água, Área Urbana, Vegetação Ombrófila Densa, Agropecuária, Carcinicultura, Solo Exposto e Manguezal.

Neste estudo, foi constatado que a expansão da área urbana vem atingido os manguezais da área de estudo, principalmente no município de Valença. Este é um mapeamento preliminar, ainda há muito o que ser explorado, principalmente sobre os vetores responsáveis pela supressão das áreas de manguezal na região do Baixo Sul da Bahia.

Agradecimentos

A FAPESB pela bolsa de Mestrado concedida a primeira autora, e ao Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM-UEFS) pela infraestrutura oferecida.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, F. C., **Manguezais aracajuanos:** convivendo com a devastação. Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

BRASIL. Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

FERNANDES, M. E. B.; **Os manguezais da costa norte brasileira.** Maranhão; Fundação Rio Bacanga, 2003.
LARA, R. J.; COHEN, M. C. L., **Sensoriamento Remoto**. Maranhão: Fundação Rio Bacanga, 2003.

MMA. **Atlas dos Manguezais do Brasil**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018. 176 p.

RAMOS, S. (Org.). **Manguezais da Bahia: Breves Considerações**. Ilhéus: Editus, 2002.

ROSA. R., **Geotecnologias na geografia aplicada. Revista do Departamento de Geografia**. 2005, 81-90. Universidade Federal de Uberlândia.

SOUZA FILHO, C. R.; CRÓSTA. A. P. Geotecnologias Aplicadas, à Geologia**. Revista Brasileira de Geociências.** Campinas, São Paulo. Volume 33, p.1-4, 2003.

O Território pesqueiro do Baixo Sul.
http://projetoatepa.blogspot.com.br/p/oterritoriopesqueirodobaixosul.html. Acesso in: 20 dez. 2016.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

METODOLOGIA DE EDIÇÃO DE "*SINKS*" DO MDE DA REGIÃO HIDROGRÁFICA SÃO MIGUEL/AL

Ivana Pereira de Melo [(a)], Silvana Quintella Cavalcanti Calheiros[(b).]

[(a)]Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambinte , Universidade Federal de Alagoas (ivana.melo@igdema.ufal.br)

[(b)] Instituto de Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambinte , Universidade Federal de Alagoas (qsilvana@uol.com.br)

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O uso das geotecnologias permite a realização de análises espaciais por meio de dados, softwares, imagens de satélite, drones e aerofotogrametria, dependendo de sua categoria de análise, para traduzir o espaço geográfico escolhido. O presente trabalho tem como objetivo demonstrar o processo de edição de *sinks* por meio da modelagem de dados espaciais, tal edição é pertencente ao projeto Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, com o título "Mapeamento de Altitude da Região Hidrográfica de São Miguel-Alagoas". É elucidada a importância do tratamento no Modelo Digital de Elevação (MDE) para uma representação espacial condizente com a realidade na análise ambiental realizada na Região Hidrográfica de São Miguel-Alagoas.

Palavras chave: sinks, cartografia digital, geoprocessamento, modelagem de dados espaciais.

1. Introdução

Com os avanços tecnológicos, a utilização de dados geográficos para a compreensão e espacialização do recorte geográfico, torna-se viável a utilização de softwares e SGI's (Sistemas Geográficos de Informações) adequados para a análise. O tratamento do MDE (Modelo Digital de Elevação) ao qual se conceitua, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) como "Modelo digital que representa as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações" e complementado por (Santos et al.,1999), como sendo a "representação digital de uma seção da superfície, dada por uma matriz de pixels com coordenadas planimétricas (x,y) e um valor de intensidade do pixel, correspondente à elevação", é indispensável para a realização de uma análise espacial real da área de estudo. A metodologia proposta neste trabalho compõe a realização do projeto Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica, com o título geral "Análise ambiental dos municípios alagoanos por geoprocessamento- Geração da base de dados dos municípios abrangidos pela Região Hidrográfica São Miguel-Alagoas", ao qual faz parte o subprojeto de "Mapeamento de Altitude da Região Hidrográfica de São Miguel-Alagoas".

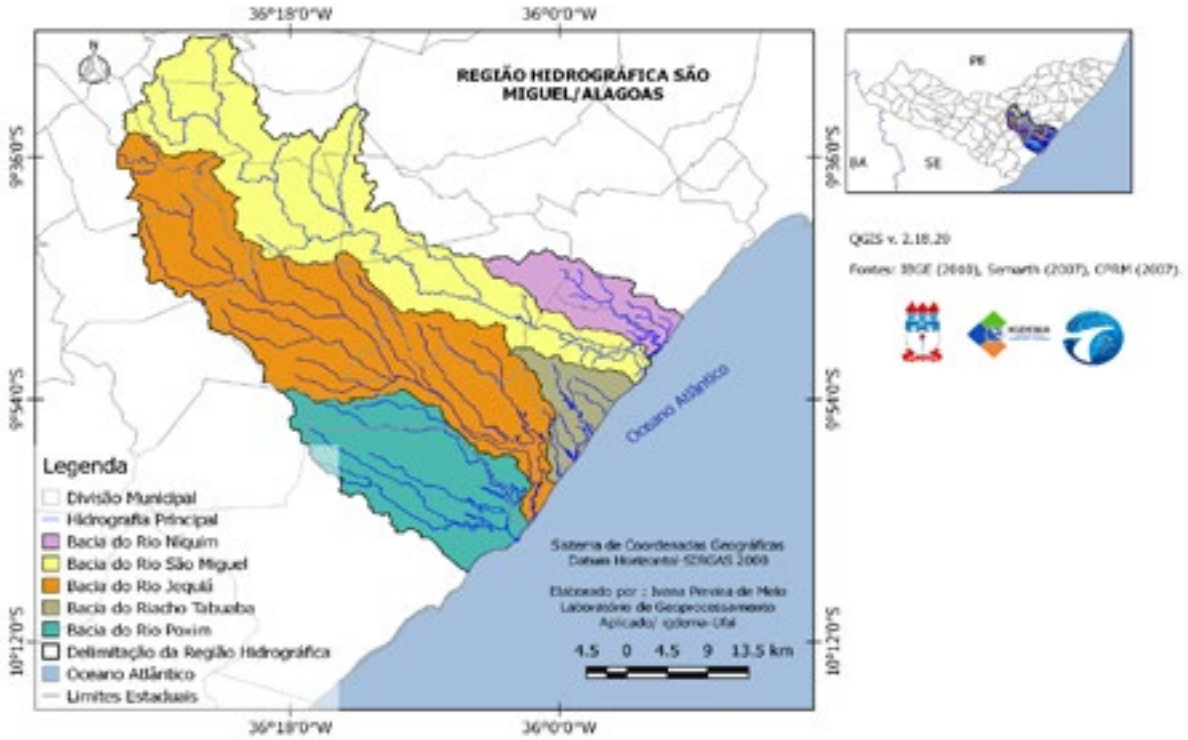
1.1 Caracterizações da área de estudo

Com uma área de 4.368,8 km² a Região Hidrográfica São Miguel abrange 18 municípios alagoanos: Anadia, Atalaia, Barra de São Miguel, Belém, Boca da Mata, Campo Alegre, Coruripe, Jequiá da Praia, Junqueiro, Limoeiro de Anadia, Mar Vermelho, Marechal Deodoro, Maribondo, Roteiro, São Miguel dos Campos, Tanque D'arca, Taquarana e Teotônio Vilela. São drenadas por 5 bacias hidrográficas (figura 1) e apresenta uma população de 378.030 habitantes (Alagoas, 2017).

ISBN: 978-85-7282-778-2

A área de estudo proposta é possuidora de alterações (urbano, indústria, turismo, agricultura, extrativismo mineral) dando origem a pressões na organização espacial. Localizado em área privilegiada por apresentar ecossistemas de suma importância, tanto natural como socioeconômica, cujas alterações revestem-se em magnitudes, com implicações na sustentabilidade físicas, bióticas, socioeconômicos e culturais, necessitando de permanente análise da situação atual para que possam ser tomadas decisões mais por parte do poder público.

Figura 1: Localização da Região Hidrográfica de São Miguel/AL e das bacias que as compõem.



2. Metodologia

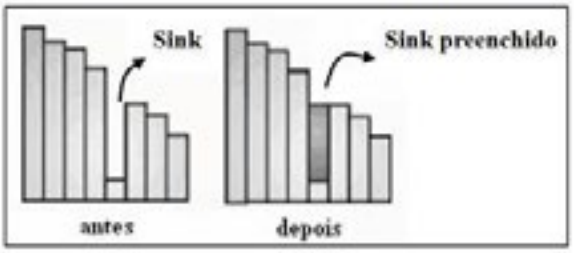
A metodologia utilizada no presente traballho consiste na pesquisa bibliográfica, compatibilização dos dados edição do MDE e imterpolação por meio do SGI QGIS. Foi utilizada uma imagem do Alos/Palsar ALOS PALSAR Global Radar Imagery com resolução espacial de 12,5 metros para a realização da análise ambiental por meio do mapa altimétrico gerado. As curvas de nível foram retiradas em formato de pontos devido ao mais rápido processamento dos dados, por meio da digitalização automática que distribui os pontos de modo mais uniforme, cujos valores correspondem a 10 em 10 metros e não em 20 e 20 como estipula o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) para uma escala de 1:50000, são os dados aplicados nas operações de interpolação.

3. Resultados e Discussões

De acordo com MENDES e CIRILO (2001), “sinks” são áreas caracterizadas por serem rodeadas por elevações com cotas de valores superiores, semelhantes a uma depressão. Ao preencher essas pequenas áreas de depressão há uma correção a partir dos valores das cotas próximas da área. Essas depressões não corrigidas são consideradas barreiras, por exemplo, ao escoamento durante a aplicação de modelos hidrológicos e sedimentológicos e no presente caso gerando áreas de depressões que influenciaria na classificação da altitude da Região Hidrográfica de São Miguel, assim, torna-se necessária o ajuste dessas áreas (*fill sinks*).

ISBN: 978-85-7282-778-2

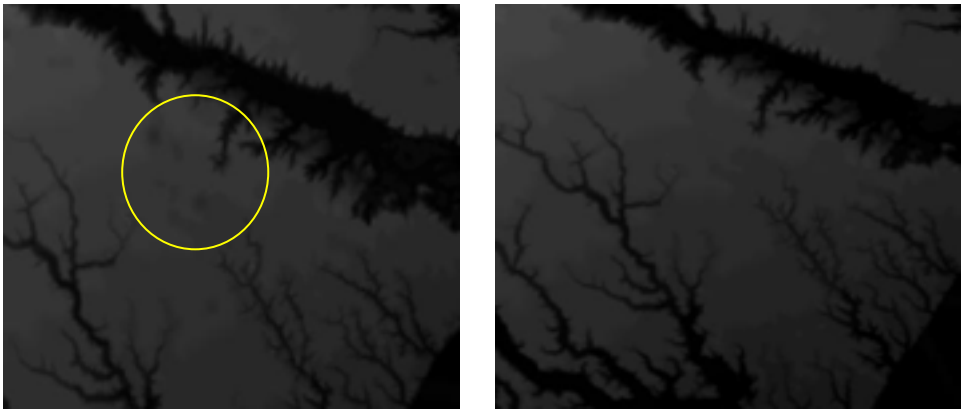
Figura 2: Representação gráfica da correção dos ‘‘sinks”**.**



Fonte: Retirado do artigo “Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados srtm.

A delimitação da Região Hidrográfica foi realizada por CASELA (2017), uma vez que a escala tornava-se mais adequada à análise. Após a interpolação do MDE no software Qgis, as áreas que apresentavam falsas depressões geradas (figura 3) a partir do raster foram corrigidas, evitando assim a geração de cotas mais baixas não- existentes. Na figura 4 pode-se observar o modelo digital de elevação já corrigido.

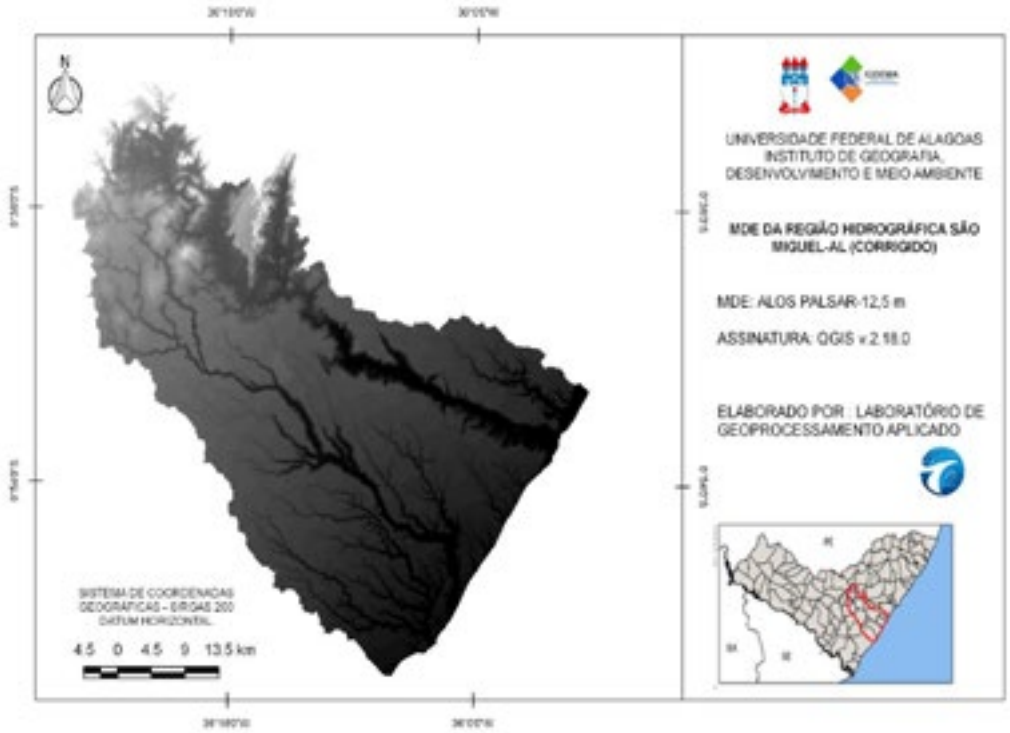
Figura 3: (à esqueda, MDE com a presença dos *sinks*, à direita (fgura 4) MDE corrigido.



Fonte : Autoral.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 5 : Representação geral do MDE após a correção.



4. Considerações finais

Para espacializar e traduzir o recorte geográfico de estudo faz-se necessária a compatibilização e edição dados para, assim, representar com acurácia os resultados obtidos durabte a pesquisa. No presente trabalho, a compatibilização dos dados fez-se necessária para o mapeamento de altitude da região hidrográfica estudada. Assim, como produto final tem-se estudos que poderão auxiliar na gestão da Região

ISBN: 978-85-7282-778-2

Hidrográfica de São Miguel por meio do poder público, visando também a questão ambiental e de planejamento socioeconômico.

5. Referências Bibliográficas

CASELA, T. de O**. Metodologia para delimitação automática da região hidrográfica do São Miguel - AL usando dados do ALOS**. Maceió: no prelo, 2017.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Disponível no website: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-de-elevacao.html?=&t=o-que-e >

MENDES, C.A.B.; CIRILO, J.A. **Geoprocessamento em recursos hídricos: princípios, integração e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 536 p.

SANTOS, A. R.; Paradella, W. R.; Veneziani, P; Morais, M. C. A estereoscopia com imagens RADARSAT-1: uma avaliação geológica na Província Mineral de Carajás. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 29, n. 4, p. 627-632, 1999.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MODELAGEM DE PARÂMETROS MORFOMÉTRICOS COM SIG: UM ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO ITU-MIRIM - OESTE DO RIO GRANDE DO SUL

Igor da Silva Knierin [(a)], Daniélli Flores Dias [(b)], Luís Eduardo de Souza Robaina [(c)]

[(a)] Doutorando em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, igorknierin@gmail.com
[(b)] Doutoranda em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, daniellidias08@gmail.com
[(c)] Professor Doutor do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, lesrobaina@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

Este trabalho possui como objetivo analisar com suporte de um Sistema de Informação Geográfica os parâmetros morfométricos da rede hidrográfica e do relevo da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim, localizada no oeste do Rio Grande do Sul, Brasil. Para o desenvolvimento do estudo realizou-se a revisão da literatura, elaboração de mapas temáticos e análises de parâmetros morfométricos. Como resultados identificou-se para bacia hidrográfica área de 207,07 km², padrão de drenagem retangular dendrítico, hierarquia fluvial de quinta ordem, 245 segmentos de canais fluviais com comprimento total somado de 269,41 km e densidade de drenagem de 1,30 km/km². A maior e menor cota altimétrica são respectivamente 364 m e 119 m e declividades predominantes entre 5-15%. Frente a isso, o estudo identificou grande potencialidade do geoprocessamento e das ferramentas do Sistema de Informação Geográfica que permitiram a análise morfométrica da bacia hidrográfica a qual serve de base para novos estudos.

Palavras chave: Bacia hidrográfica; Morfometria; SIG

1. Introdução

A modelagem de parâmetros morfométricos em bacias hidrográficas apresenta-se como uma ferramenta para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, uma vez que,

permite analisar de maneira quantitativa o ambiente destas que se constituem em limites naturais da paisagem e que podem ser definidas como célula básica para análises ambientais (BOTELHO e SILVA, 2014; KNIERIN e TRENTIN, 2015).

De acordo com Florenzano (2008), a morfometria constitui-se em um ramo da Morfologia, destinado à análise quantitativa do relevo e se aplica não apenas aos estudos geomorfológicos, mas também geológicos, pedológicos, agronômicos, geotécnicos e ainda integrados do meio ambiente destinados as avaliações de fragilidades e vulnerabilidades de ambientes.

A partir do aprimoramento e adoção de novas técnicas para a obtenção dos parâmetros morfométricos do relevo e de bacias hidrográficas associados a evolução geotecnológica, com diferentes metodologias é possível a análise de diferentes parâmetros como altitude (hipsometria), amplitude altimétrica (amplitude ou altura do relevo), extensão de vertente, curvatura de vertentes, declividades, entre outros (VALERIANO, 2008; VASCONCELOS et al., 2012; CAVALCANTI, 2014).

Estudos dessa natureza são apresentados por diferentes autores como Trentin (2011), Guadagnin et al. (2015), Santos et al. (2017), Knierin et al. (2018), entre outros, os quais integram as análises morfométricas de bacias hidrográficas, em diferentes temas, como geoambientais, fitogeográficos, de modelagem das formas de relevo e erosão linear dos solos.

Este trabalho tem como objetivo apresentar a análise dos parâmetros morfométricos da rede hidrográfica e do relevo da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim (BHAIM) com base no uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG). A área de estudo localiza-se no oeste do Rio Grande do Sul, nos municípios de Unistalda e Maçambará, e situa-se entre as coordenadas geográficas 55°07'37" a 55°19'36" de longitude oeste e 29°02'27" a 29°12'28" de latitude sul (Figura 1).

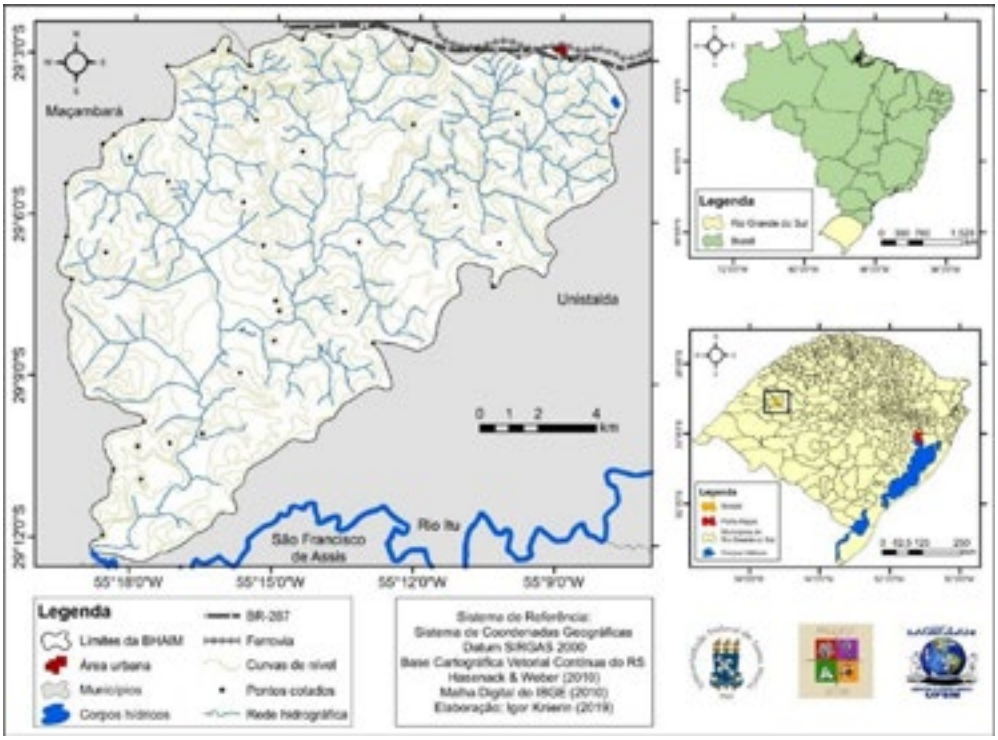


Figura 1 – Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim

2. Materiais e Métodos

Esta pesquisa foi realizada a partir da modelagem de parâmetros morfométricos da rede hidrográfica (área de drenagem, comprimento total de canais fluviais, densidade de drenagem, hierarquia fluvial e padrão de drenagem) e do relevo (hipsometria, declividade, plano e perfil de curvatura de vertentes) da BHAIM

Para isso, foi utilizado o ArcGIS® 10.1, desenvolvido pela ESRI, e como dados primários imagens de RADAR, oriundas da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução espacial 3 Arc-Second (90 m), obtidas junto ao USGS (*United States Geological Survey*) que posteriormente foram processadas por meio da ferramenta *Fill* disponível no módulo *Spatial Analyst* do SIG.

A opção por imagens de RADAR, com resolução espacial de *3 Arc-Second* (90 m) a outras bases de dados como, por exemplo, imagens de RADAR, com resolução espacial de *1 Arc-Second* (30 m) ou por curvas de nível e pontos cotados na escala 1:50.000, se deu em razão das imagens de RADAR, com resolução espacial de *3 Arc-Second* (90 m), ou seja, a menor resolução espacial, ser a que apresentou menores falhas e melhor veracidade em relação as formas de relevo regionais na área de estudo, conforme analisado em trabalhos de campo.

A rede hidrográfica foi analisada com partir dos parâmetros área de drenagem (A), comprimento total de canais (Lt), densidade de drenagem (Dd), hierarquia fluvial (H) e padrão de drenagem, de acordo como é apresentado no Quadro 1, com o respectivo parâmetro, sua descrição e autor.

Quadro I – Parâmetros morfométricos utilizados para análise da rede hidrográfica da área de estudo.

Parâmetro morfométrico	Descrição	Autor/Ano
Área de drenagem (A)	Corresponde à área drenada pelo conjunto do sistema fluvial, em projeção horizontal, inclusa entre os pontos divisores d'água.	Machado e Torres (2012)
Comprimento total de canais (Lt)	Variável dimensional expressa em quilômetros (km), a qual permite uma avaliação primária das alterações em termos de perda ou ganho na extensão de caminhos para o escoamento linear das águas nas bacias hidrográficas.	Trentin (2011)
Densidade de drenagem (Dd)	Dd = Lt/A Dd: densidade de drenagem Lt: comprimento total dos canais A: área total da BH	Christofoletti (1974)
Hierarquia Fluvial (H)	O ordenamento dos canais fluviais se estabelece a partir de segmentos de canais sem tributários, que representam canais de primeira ordem. A confluência de dois canais de primeira ordem resulta em um canal de segunda ordem, assim como a confluência de dois canais de segunda ordem resulta em um canal de terceira ordem e assim de forma sucessiva.	Strahler (1952)
Padrão de drenagem	São representados o arranjo espacial dos cursos fluviais mediante a influência de fatores como atividade morfogenética, disposição das camadas rochosas, resistência das litologias, diferenças de declividades do terreno e evolução geomorfológica da região.	Christofoletti (1974)

Fonte – Adaptado de Strahler (1952), Christofoletti (1974) Trentin (2011) e Machado e Torres (2012).

O mapa hipsométrico do relevo foi elaborado no ArcGIS® 10.1 e adotada uma escala continua da hipsometria do menor ao maior valor da altitude definida no SIG com finalidade representativa por meio do editor da rampa de cores para raster (*Stretched values along a colour ramp*).

O mapa de declividade foi elaborado com a ferramenta *Slope*, disponível no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS® 10.1. Foram utilizados três limites de declividades (2%, 5% e 15%) que estão associados ao desenvolvimento de processos de dinâmica superficial (IPT, 1981).

O mapa de curvaturas das vertentes foi elaborado com a ferramenta *Curvature*, disponível no módulo *Spatial Analyst* do ArcGIS® 10.1. A partir disso, se obteve dois produtos, sendo um para o perfil e outro para o plano de curvatura. Foram definidas as classes côncavo e convexo para o perfil de curvatura e as classes convergente e divergente para plano de curvatura.

Por fim, os perfis topográficos da área de estudo foram elaborados com as ferramentas *Interpolate Line* e *Profile Graph*, no módulo *3D Analyst* do ArcGIS® 10.1. O *layout* final dos mesmos foi organizado no *software* CorelDRAW® X5, desenvolvido pela *Corel Corporation*.

3. Resultados e discussões

3.1 Análise morfométrica da rede hidrográfica

A BHAIM é afluente do rio Itu, o padrão de drenagem é retangular dendrítico, com hierarquia fluvial de quinta ordem de acordo com a classificação de Strahler (1952) (Figura 2). A bacia hidrográfica possui área de 207,07 km², com uma densidade de drenagem de 1,30 km/km², o total de segmentos de canais fluviais corresponde a 245 que juntos somam o comprimento de 269,41 km (Tabela 1).

Tabela I – Síntese dos parâmetros morfométricos da rede hidrográfica da área de estudo.

Parâmetros Morfométricos	Valores e unidades
Área de drenagem (A)	207,07 km²
Comprimento total de canais (Lt)	269,41 km
Número total de segmentos de canais fluviais	245
Densidade de drenagem (Dd)	1,30 km/km²
Hierarquia fluvial (H)	5ª ordem
Padrão de drenagem	Retangular-dendrítico

Figura 2 – Mapa da rede hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim

3.2 Modelagem morfométrica do relevo

3.2.1 Hipsometria e perfil topográfico

A maior cota altimétrica na BHRIM corresponde a 364 m localizada na região nordeste da área de estudo, no alto curso da bacia junto aos pontos divisores d'água, a cota de menor altitude é de 119 m na região sudoeste da bacia, no baixo curso em sua foz com o rio Itu. A amplitude altimétrica na área de estudo é de 245 m. As variações da hipsometria podem

ser observadas no mapa da Figura 3, assim como a localização dos perfis topográficos A-A' e B-B' (Figura 3).

No alto curso da bacia hidrográfica localiza-se o perfil topográfico A-A' (Figura 4), com orientação no sentido noroeste-sudeste e altitudes que ultrapassam 310 m. Nessa área se observa um relevo ondulado associado a presença de morrotes e nascentes da bacia hidrográfica, e a presença de vales encaixados. As vertentes possuem amplitudes altimétricas de aproximadamente 40 e 50 m e comprimento de até 1000 m.

Já no médio e baixo curso da bacia hidrográfica localiza-se o perfil topográfico B-B' (Figura 5), com orientação no sentido noroeste-sudeste e altitudes em alguns casos superiores a 230 m. Neste perfil topográfico é apresentado o recorte transversal do arroio Itu-Mirim, a área de planície e um relevo com vertentes levemente onduladas a onduladas. As vertentes apresentam predominantemente amplitudes altimétricas entre 20 e 40 m e comprimentos de até 1000 m.

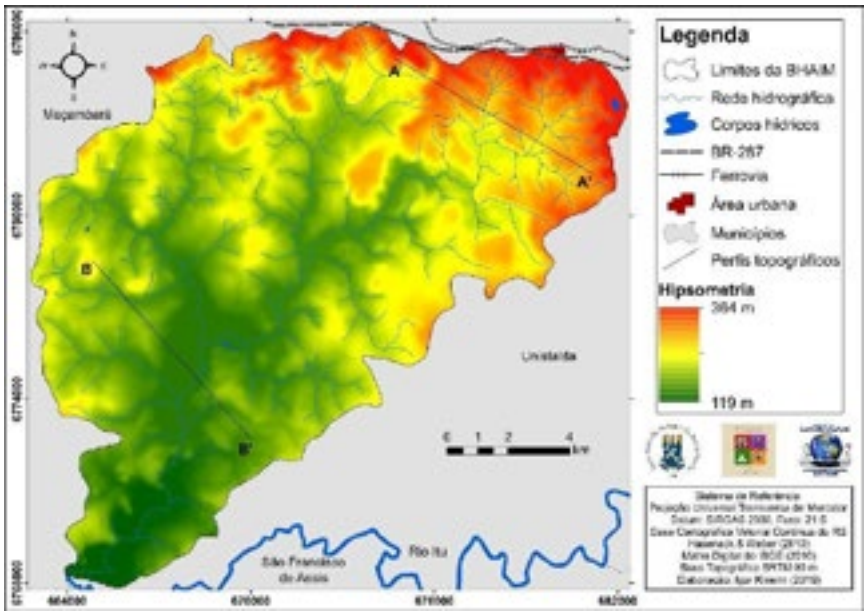


Figura 3 – Mapa hipsimétrico da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim

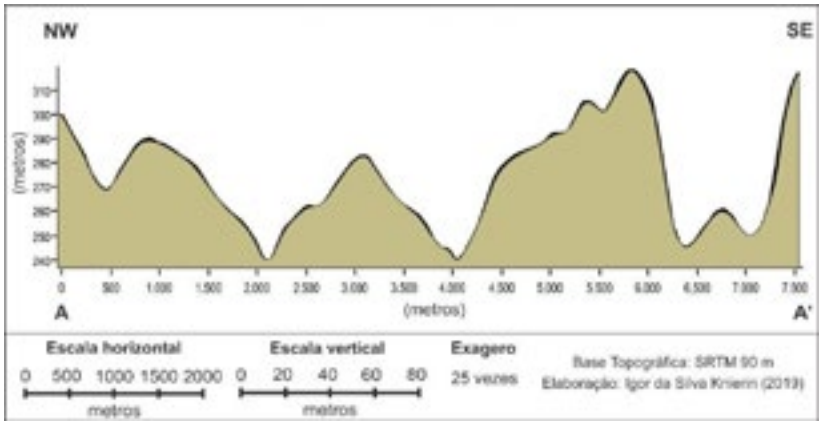


Figura 4 1– Perfil topográfico A-A', caracterizando um relevo ondulado com vales encaixados, localizado no alto curso da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim.

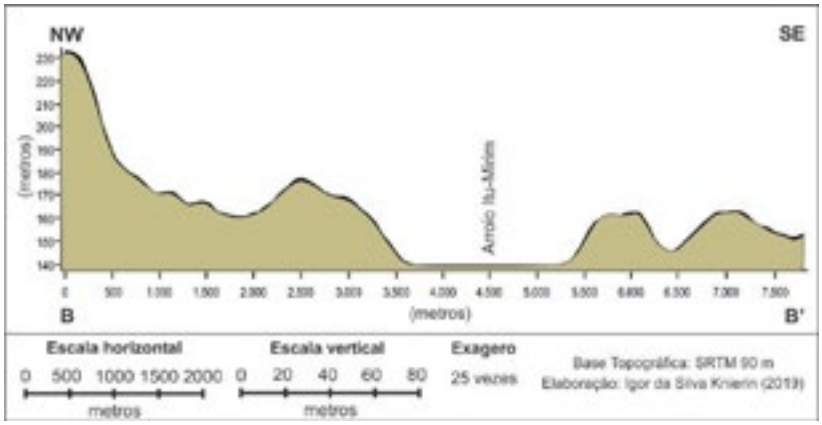


Figura 5 2– Perfil topográfico A-A', caracterizando um relevo levemente ondulado a ondulado com o canal principal, localizado no médio e baixo curso da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim.

3.2.2 Declividade das vertentes

As declividades do relevo são variadas na BHAIM, conforme pode ser observado na Figura 6. As áreas com declividades inferiores a 2% cobrem 30,84 km² e se associam aos canais principais da rede hidrográfica em planícies fluviais, locais em que o relevo é mais plano e predominam processos deposicionais. As áreas com declividades entre 2 e 5%, cobrem 67,93 km² e marcam vertentes levemente onduladas, enquanto declividades entre 5 e

15%, cobrem 95,78 km² e associam-se a vertentes onduladas, onde passam a predominar os processos de erosão aos de deposição, no qual são identificadas feições erosivas como sulcos,

ravinas e voçorocas. Já as áreas com declividades superiores a 15% cobrem 12,52 km² e são locais em que observam-se formas de relevo escarpado e ondulado, como também a formação de linhas de quebras do relevo com cornijas.

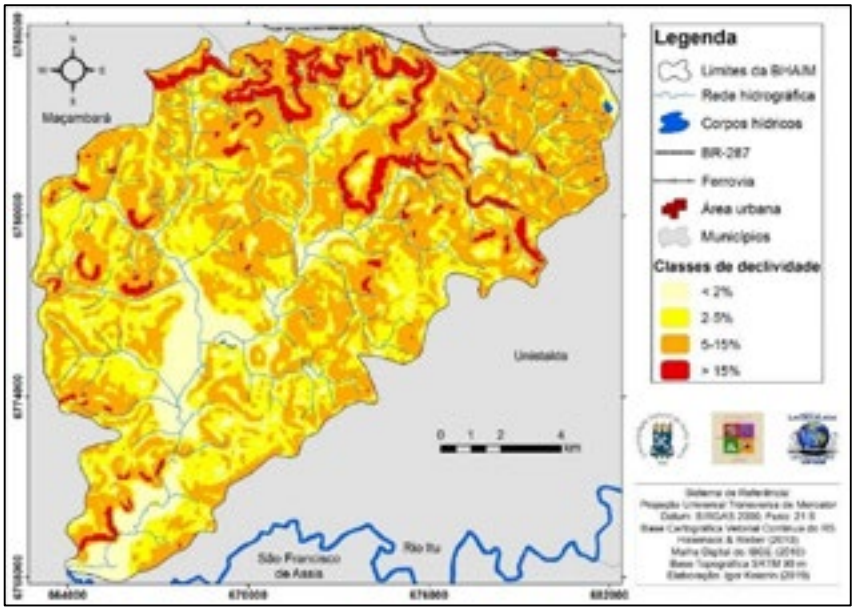


Figura 6 – Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim

3.2.3 Curvatura das vertentes

As curvaturas das vertentes na BHAIM foram analisadas de acordo com o plano e o perfil de curvatura. O plano de curvatura (Figura 7) foi segmentado em vertentes divergentes e convergentes, enquanto as primeiras cobrem 99,42 km² da área de estudo a outra corresponde a 107,65 km². De modo geral, vertentes divergentes caracterizam-se pelos processos de dispersão dos fluxos, à medida que em planos convergentes predominam os processos de concentração dos fluxos.

Por fim, o perfil de curvatura foi classificado em vertentes convexas e côncavas (Figura 8). As vertentes convexas cobrem 104,44 km² da área de estudo, enquanto as

vertentes côncavas, representam 102,63 km² da mesma. Os perfis de curvatura permitem indicar de maneira geral na qual no segmento da vertente podem atuar as maiores energias dos fluxos superficiais e dessa forma, importantes em estudos ambientais.

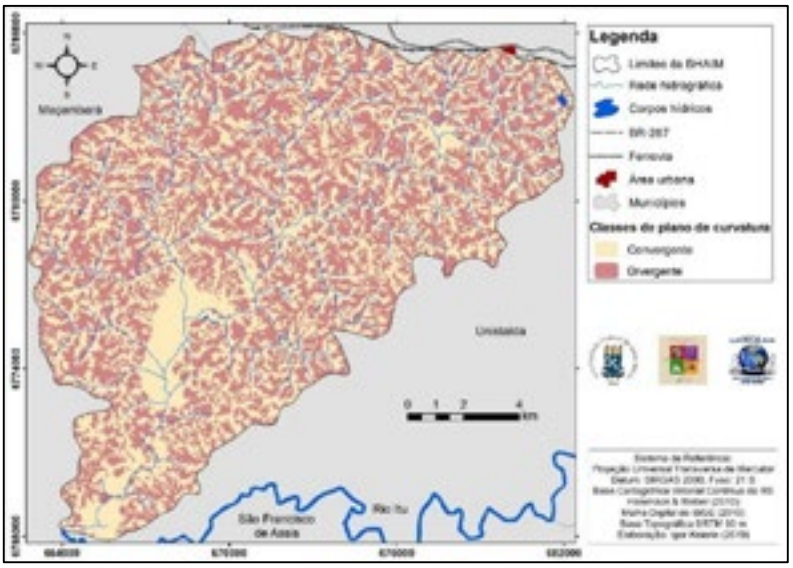


Figura 7 – Mapa de plano de curvatura das vertentes da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim

Figura 8 – Mapa de perfil de curvatura das vertentes da Bacia Hidrográfica do Arroio Itu-Mirim

4. Considerações finais

Neste trabalho foi realizado a análise de parâmetros morfométricos para a rede hidrográfica e para o relevo na BHAIM, de modo a se observar de forma eficiente a aplicação dos métodos quantitativos na análise de variáveis do relevo, assim como, para a rede hidrográfica da área de estudo. Frente a isso, o estudo possibilitou com base em uma análise paramétrica, contribuir com informações relacionadas as características físicas da bacia hidrográfica, que contribuem ao planejamento e na tomada decisões para o uso e ocupação da terra.

Por sua vez, o geoprocessamento aliado as ferramentas do SIG apresentaram bons resultados na aplicação em bacia hidrográfica, permitindo análises de maneira rápida e eficaz, com resultados que convergem as observações realizadas nos trabalhos de campo. Diante disso, constata-se grande potencial para estudos dessa natureza.

Por fim, os resultados obtidos podem servir de base para novos estudos acerca da temática ambiental na área de estudo. Assim sendo, indica-se a abordagem das análises quantitativas em bacias hidográficas, conforme apresentado nesta pesquisa a estudos geomorfológicos, geoambientais, geomorfométricos e de suscetibilidade a erosão dos solos na BHAIM.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de metrado e doutorado concedida aos primeiros autores e apoio à pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Referências Bibliográficas

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. D. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, 153-192 p.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014, 95 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974, 147 p.

GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R.; ALVES, F. S. Relação entre as variáveis geomorfométricas e a vegetação florestal na Bacia Hidrográfica DO Arroio Caverá-oeste do RS. **Revista do Departamento de Geografia** - USP, v.29, 2015, 246-261 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (IPT). **Mapeamento Geomorfológico do Estado de São Paulo**. v.2. São Paulo, Escala 1:500.000, 1981. 130 p.

KNIERIN, I. S.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Relação dos processos erosivos lineares com os atributos do relevo no município de Unistalda - RS. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, 2018, p. 1-22.

KNIERIN, I. S.; TRENTIN, R. Análise de Parâmetros Morfométricos da Bacia Hidrográfica do Arroio Lajeado Grande (RS). **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37 n. 4, 2015, 405-421 p.

MACHADO, P. J. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 178 p.

SANTOS, V. S.; ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R. Definição das Unidades de Relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari - Oeste do RS. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 21, n.2, 2017, 197-204 p.

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis and erosional topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, 1952, 1117-1142 p.

TRENTIN, R. **Mapeamento Geomorfológico e Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu - Oeste do Rio Grande do Sul - Brasil**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná., 2011, 215 p.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO. T. G. (Org.) **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 318p. 72-104 p.

VASCONCELOS. V., CARVALHO JÚNIOR, O. A., MARTINS, E. S., COUTO JUNIOR, A. F., GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T. Sistema de Classificação Geomorfométrica Baseado em uma Arquitetura Sequencial em Duas Etapas: Árvore de Decisão e Classificador Espectral, no Parque Nacional Serra da Canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, 2012, 171-186 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MODELAGEM DE RISCO DE INCÊNDIO FLORESTAL NO MUNICÍPIO DE SETE LAGOAS – MG.

Max Paulo Rocha Pereira[(a)], Adriana Monteiro da Costa[(b)], Ricardo Alexandrino Garcia[(c)]

[(a)] Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, mqualidadeambiental@gmail.com
[(b)]Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, drimonteiroc@gmail.com
[(C)]Departamento Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, alexandrinogarcia@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Os incêndios florestais representam uma relevante fonte de impacto ambiental. Suas consequencias afetam a qualidade do solo, o clima local, ameaçam a biodiversidade dentre outros problemas. Nos últimos anos tem-se buscado desenvolver metodologias que permitam controlar melhor as áreas com maior risco de incêndio, assim como direcionar esforços para áreas críticas no momento das ocorrências. Neste sentido, as geotecnologias têm ganhado destaque com ferramenta de análise ambiental em áreas de ocorrência de incêndio florestal. O município de Sete Lagoas ocupa posição de destaque como centralidade urbana do colar metropolitano de Belo Horizonte. Com uma vegetação predominante de Cerrado e Mata Atlântica, as áreas florestais do município sofrem constantemente com ocorrência de queimadas. Este trabalho buscou através da utilização de geotecnologia mapear as áreas com maior risco de incêndio florestal em Sete Lagoas. A região da APA da Serra de Santa Helena assim como a da Gruta Rei do Mato se encontram em áreas de alto ou muito alto risco de incêndio.

Palavras chave: controle do fogo, florestas urbanas.

1. Introdução

As queimadas são importantes fontes de gases que contribuem para o efeito estufa. O fogo acontece na presença de três agentes distintos: o combustível, o comburente e a ignição, sendo que diferentes materiais e processos atuam na formação dessa tríade. Se tratando de incêndios florestais, a combustão incompleta do material lenhoso provoca a liberação do gás metano que possui o potencial de armazenar calor, de liberar material particulado (folhigem)

em diferentes tamanhos, podendo causar problemas respiratórios na população residente nas áreas de ocorrência, além de causar o empobrecimento da microfauna do solo, influenciando negativamente a sua fertilidade.

As queimadas possuem intencionalidades diversas, desde a abertura de novas áreas agrícolas, a conversão de florestas em pastagens a renovação de cultivos, prática comum em algumas regiões associadas a culturas específicas como a cana de açúcar, por exemplo, dentre outras. Costa et al. (2007), destacam que esses incêndios provocados por ações antrópicas representam uma importante fonte de impacto no clima e na biodiversidade.

Diante dos problemas causados pelos incêndios florestais, tem-se buscado constantemente a compreensão das variáveis que influenciam na ocorrência deste evento. Juvanhol (2014) considera que analisar de forma integrada os fatores que condicionam a ocorrência e a distribuição espaço-temporal, permite identificar quais as áreas mais problemáticas servindo assim de suporte na discussão de ações que possibilitem a redução do risco, numa perspectiva de prevenção, uma vez que tais áreas podem apresentar características semelhantes e comportamento semelhante diante dos agentes causadores do fogo.

O município de Sete Lagoas situado a 75 quilômetros da capital mineira Belo Horizonte, demonstra certa relevância como centralidade para os municípios do seu entorno, colaborando para a diminuição da sobrecarga que a metropolização aplica em Belo Horizonte, na busca por bens e serviços (PEREIRA, 2018). Inserido em um contexto geológico bem característico, possui a maior parte do seu território em áreas cársticas com baixa disponibilidade de água superficial, sendo de fundamental importância para a dinâmica hídrica e ambiental da região a manutenção das estruturas que permitem ou facilitam o processo de recarga hídrica e influenciem na qualidade das relações ecológicas locais.

Contando com duas unidades de conservação principais a saber: a APA da Serra de Santa Helena e o Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato o município possui predominantemente a vegetação em faixa de transição de Cerrado e Mata Atlântica que

sofrem constamente com queimadas e incêndios, tanto nas unidades de conservação, quanto em outras áreas vegetadas de sua região.

Ambas as unidades de conservação quanto áreas produtivas (como os campos experimentais da Embrapa, por exemplo) situadas em Sete Lagoas, sofrem constantemente com a ocorrência de incêndios, sendo os meses de junho a agosto considerados críticos para as brigadas de incêncio e demais orgãos que atuam diretamente no combate ao fogo desta região.

Considerando a relevância ambiental do incêndios tanto na degradação e dos solos quanto, na retirada da sua cobertura que facilita o processo de infiltração de água e diminui o potencial erosivo, quanto na qualidade de vida das populações residentes nesse ambiente, neste trabalho buscou-se realizar uma modelagem através da técnica de álgebra de mapas, pelo cruzamento de diferentes variáveis que segundo a literatura consultada influência na ocorrência do fogo em áreas florestais, foi possível gerar um mapa indicando as áreas críticas que possuem maior risco a ocorrência de incêndios, subsidiando a priorização de pontos de controle de maneira preventiva.

2. Materiais e Método

2.1. Caracterização da área de estudo

Com extensão territorial de 537 km², o município de Sete Lagoas está localizado ao centro-norte de Estado de Minas Gerais (Figura 1), a 70 Km de Belo Horizonte. Possui uma população extimada de 236 mil habitantes (IBGE Cidades, 2018), sendo que destes, aproximadamente 97% reside na área urbana.

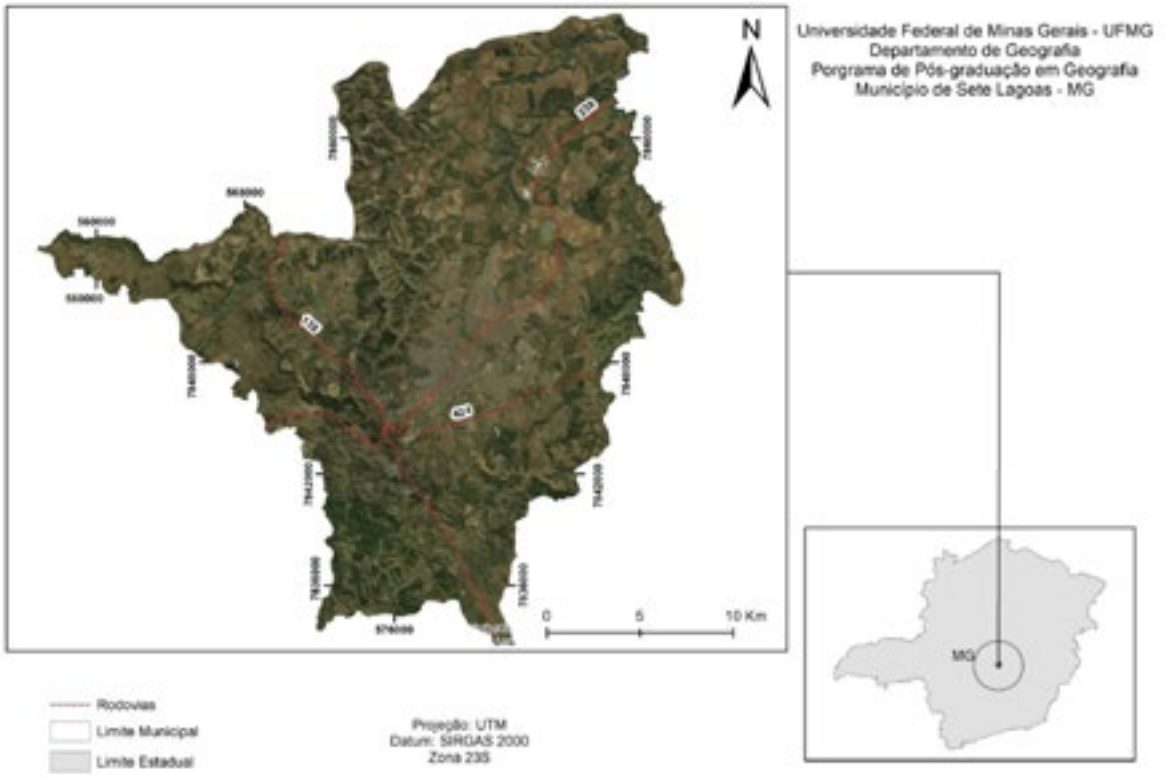


Figura 1: Localização da área de estudo

Sete Lagoas figura como o principal município da região diretamente afetada pelo processo de metropolização de Belo Horizonte, região denominada pela Lei Complementar 89 de janeiro de 2006 como colar metropolitano. Passou por um processo de reindutrialização nos últimos 15 anos em decorrência de políticas de concessão de benefícios fiscais e ainda pelo desenvolvimento do vetor norte e sua proximidade com a capital, apresentando atualmente um padrão indústrial diversificado com representantes de diferentes setores como cimenteiras, indústria de latícionios, produção de bebidas e dando destaque a industria automobilística e a siderurgia.

O clima do município é o subtropical úmido (Cwa) de acordo com a classificação de Koppen, com a presença de invernos secos e verões quentes. A temperatura média anual é de

21,1°C e a amplitude térmica está em torno de 6 °C. Os meses de junho e julho apresentam as menores médias de temperaturas aproximando-se dos 11,5°C, enquanto os meses de janeiro a março e outubro a dezembro apresentam as médias mais altas de temperatura se aproximando dos 28,5 a 30 °C (GOMIDE et al. 2006).

Inserido na macroestrutura do Cráton do São Francisco, unidade que teve sua formação e consolidação no período pré-cambriano, caracteriza-se pela presença de rochas intrusivas do tipo xenólitos, básicas, granitóides e gnaisses-magmatitos. Mais ao sul do município é possível identificar ainda a presença de rochas do embasamento cristalino do Grupo Bambuí.

As classes de solos predominantes são os Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA), os Cambissolos Háplicos (CX); Latossolos Vermelhos (LV), Latossolos Vermelho-Amarelos (LVA) e Neossolos Litólicos (RL) (UFV et al., 2010). A vegetação predominante é o cerrado e ambientes de: Complexo cerrado/matas secas/matas mesófilas (DRUMMOND et al 2005) em transição com Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual).

2.2. Metodologia

Para realização da álgebra de mapas utilizou-se a propostas de Juvanhol (2014) que elaborou um modelo conceitual considerando três grupos de variáveis com potencial de influênciar a ocorrência de incêndios florestais, a saber: (a) biológico (uso e ocupação do solo), (b) físico (orientação do relevo e declividade) e (c) socioeconômico (densidade populacional e proximidade a residências e rede de estradas), as variáveis previamente processadas foram obtidas de diferentes fontes (Tabela 1). Posteriormente os dados foram submetidos ao processo de rasterização e reclassificação utilizando-se a ferramenta *to raster* e *reclasify* ambas presentes no ferramental do software ArcGis 10.4 da Ensri.

Tabela 1: Fonte das variáveis utilizadas

Variável	Fonte
Uso do solo	MapBiomas coleção 3 de 2017
Mancha Urbana	Cena Landsat 8 submetida a classificação supervisionada utilizando o classificador Maxver
Rede viária	Arquivo público de 2010
Orientação do relevo	MDE Alos Palsar de 2000 submetida a ferramenta *aspect* do ArcGis 10.4
Declividade	MDE Alos Palsar de 2000 submetida a ferramenta *slop* do ArcGis 10.4
Densidade populacional	Tabela de população por setor sensitário de 2010 do IBGE

Para cada classe interna as variáveis foram atribuídos pesos (Tabela 2) adaptados de Juvanhol (2014).

Tabela 2: Pesos das variáveis adaptada de Juvanhol 2014.

Número da variável	Classe	Ranking (peso)	Sensibilidade ao fogo
1 Uso e ocupação do solo	Formação Florestal	6	Alto
	Formação Savânica (Cerrado)	5	Alto
	Floresta Plantada	5	Alto
	Formação Campestre	7	Muito Alto
	Pastagem	6	Alto
	Agricultura	6	Alto
	Mosaico de Agricultura/Pasto	6	Alto
	Edificações	2	Baixo
	Mineração	4	Moderado
	Água	0	Nulo
2 Densidade populacional	0 a 1 hab/ha	1	Baixo
	1 - 10 hab/ ha	3	Moderado
	10 - 30 hab/ha	5	Alto
	>30 hab/ha	7	Muito Alto
3 Proximidade a residências	<500 m	7	Muito Alto

	500 - 1000 m	5	Alto
	1000 - 1500 m	3	Moderado
	> 1500 m	2	Baixo
4 Declividade	Suave ondulado (0° a 5°)	1	Baixo
	Ondulado (5° a 15°)	2	Baixo
	Fortemente ondulado (15° a 25°)	3	Moderado
	Inclinado (25° a 35°)	5	Alto
	Fortemente inclinado (>35°)	7	Muito Alto
5 Orientação do relevo	Plano	0	Nulo
	Sul, Sudeste, Sudoeste	1	Baixo
	Leste	2	Baixo
	Nordeste	3	Moderado
	Noroeste e Oeste	5	Alto
	Norte	7	Muito Alto
6 Proximidade a estradas	Influência <150	7	Muito Alto
	Influência >150	0	Nulo

Para a implementação do modelo adotou-se ainda os pesos obtidos por meio de Análise Hierárquica de Processos AHP, também disponibilizados por Juvanhol (2014), gerando a seguinte equação final.

$$RIF = 0.3035* V_1+0.3035*V_2+0.1903*V_3+0.1087*V_4+0.0519*V_5+0.0421*V_6$$

Onde:
RIF – Risco de incêndio Florestal
V_1 – Distância de residência (mancha urbana)
V_2 – Distância da rede viária
V_3 – Uso do solo
V_4 – Densidade populacional
V_5 – Orientação do relevo
V_6 – Declividade

O resultado foi espacializado e comparado com ocorrências de incêndio na área publicizadas nos últimos 4 anos.

3. Resultados e discussão

O RIF (Figura 2), produto deste trabalho, demonstrou que as áreas que apresentam maior risco de incêndio são aquelas nas proximidades da Serra de Santa Helena no centro oeste do município. A Serra de Santa Helena é uma Área de Preservação Ambiental (APA), que vem sofrendo constantes casos de incêndio historicamente, com uma vegetação caracterizada como ecótono entre Cerrado e Mata Atlântica a APA esta sujeita a um intenso efeito de borda pelo processo de urbanização do seu entorno, além da presença de diversas vias abertas no seu interior pela prática da trilha de motocicleta e mountain bike.

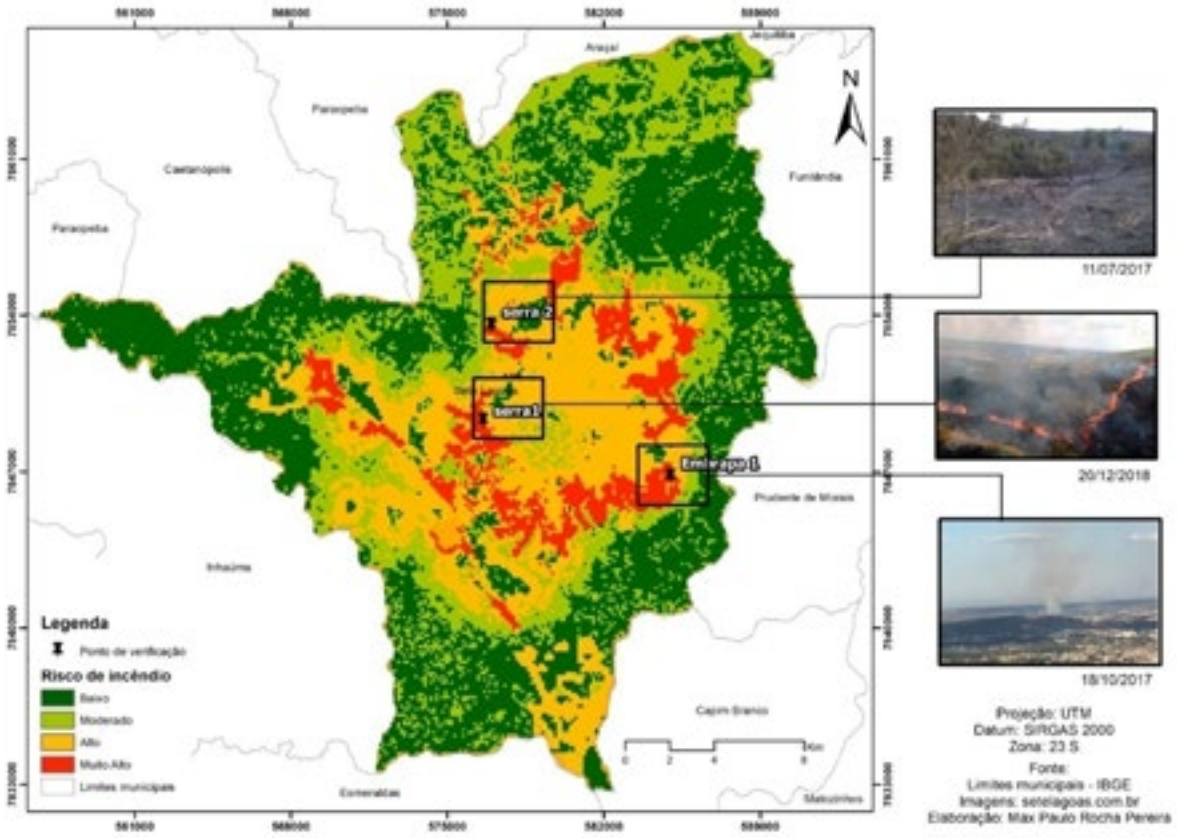


Figura 2: Risco de incêndio florestal no município de Sete Lagoas.

Outro ponto crítico apontado na análise como de muito alto risco de incêndio é a região a sudeste do município onde esta localizada a Empresa Brasileira de Pesquisa

Agropecuária – Embrapa, a unidade da empresa é cortada por uma rodovia estadual de fluxo intenso, além de sofrer também forte pressão por urbanização, possui um padrão de uso intensivo, com extensas áreas abertas para produção agrícola a nível de experimentação, sendo também um dos pontos com maior incidência de incêndios florestais na região.

A região do Monumento Natual Estadual Gruta Rei do Mato também carece de atenção, além de estar inserida em área definida pela modelagem como de alto risco de incêndio a vegetação da unicade de conservação é marcada pela presença da mata seca, fitofisionomia do Cerrado brasileiro associada a afloramentos calcários, tem como característica principal intensa caducifolia nos períodos secos, o MNEGRM esta margeado ainda por uma rodovia federal de fluxo intenso.

As áreas próximas ao hipercentro do município foram classificadas quase que em sua totalidade como de alto ou moderado risco de incêndio florestal, o que coloca os fragmentos florestais urbanos, como a região da Lagoa da Chácara, popularmente conhecida como Pasto do Gerson (Figura 3), entendida por muitos como o último grande fragmento florestal urbano em estado de atenção sendo, portanto, necessário a implementação de medidas que previnam os incêndios nesses ambientes, principalmente aquelas ações relacionadas ao controle de resíduos que são constantemente descartados na área, mostra-se relevante, por tanto, a adoção de medidas que foraleçam a relação de proteção deste ambiente com a vizinhança do seu entorno.

Figura 3: Fragmento flrestal urbano.

As áreas que apresentaram menor risco de incêndio além de serem mais afastadas do hipercentro, possuem menos estrutura viária e apresentam um padrão de uso do solo predominantemente rural ou periurbano sem, no entanto, apresentar um modelo de produção agrícola intensivo, é marcado pela presença dos chacreamentos, sítios e pequenas fazendas onde residem ou uma população já envelhecida ou onde se realizam majoritariamente salvo poucas excessões um cultivo de subsistência e ou residências de descanso, onde os moradores desenvolvem suas atividades laborais na cidade e se deslocam para suas propriedades apenas no final do dia ou nos fins de semana.

4. Conclusão

O modelo RIF se mostrou coerente com em comparação com os registros de incêndio florestal ocorridos no município.

As áreas próximas à Serra de Santa Helena, a região da Gruta Rei do Mato estão inseridas majoritariamente nas classe de alto ou muito alto risco de incêndio, o que representa

uma possibilidade de ação efetiva tanto para prevenção quanto para combate, sendo portanto áreas prioritárias para instalação de bases de brigadas.

Em estudos futuros sugere-se o mapeamento das estradas não registradas, principalmente aquelas abertas por trilheiros na região da Serra de Santa Helena afim de refinar o modelo e garantir que o risco dessas áreas não seja substimado.

5. Referências Bibliográficas

COSTA, M.H., YANAGI, SILVIA N.M, SOUZA, P.J.O.P., RIBEIRO, A., ROCHA, E.J.P. Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. Geophysical Research Letters, v. 34, p. L07706, 2007.

DRUMMOND, Gláucia Moreira et al. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2. Ed- Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.Disponível em: **http://www.biodiversitas.org.br/atlas/mapaflora.asp** Acesso em: 12 de Fevereiro de 2019.

JAXA/METI. ALOS PALSAR WBI, 2010. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu>. Acesso em 26 Set 2017.

ESRI: ArcGIS 10.4. Redlands, California: **Environmental Systems Research Institute**; 2016.

GOMIDE, R. L.; ALBUQUERQUE, P. E. P; ANDRADE, C. L. T. de; DURÃES, F. O. M.; VIANA, J. H. M. Caracterização Climática e Determinação da Necessidade Hídrica de Culturas do Sítio-Específico de Precisão de Sete Lagoas para a Fenotipagem de Genótipos de Cereais Tolerantes à Seca. In: XXVI Congresso Nacional de Milho e 21 Sorgo, 2006, Belo Horizonte, MG. CD-Rom Trabalhos Apresentados XXVI Congresso Nacional de Milho e Sorgo. Sete Lagoas, MG: ABMS – Embrapa Milho e Sorgo, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE-Cidades.

JAXA/METI. ALOS PALSAR WBI, 2010. Disponível em: <https://www.asf.alaska.edu>. Acesso em 26 Set 2018.

JUVANHOL, R. S. Modelagem da vulnerabilidade à ocorrência e propagação de incêndios florestais. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

PEREIRA, Max Paulo Rocha. ANÁLISE DO AMBIENTE E MODELAGEM DA FAVORABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO FAVEIRO-DE-WILSON (*Dimorphandra wilsonii rizzini*) NA REGIÃO DA BACIA DO CÓRREGO MARINHEIRO EM MINAS GERAIS. 2018. 82 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

PROJETO MapBiomas – Coleção 3 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil 2017, acessado em 10 de jan. 2019 através do link: http://mapbiomas.org

UFV - CETEC - UFLA - FEAM. Mapa de solos do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: <http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais> Acesso em: 27 de out. de 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MODELAGEM DETERMINÍSTICA PARA PREVISÃO DE ESCORREGAMENTOS: AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE DO MODELO TRIGRS EM RESPOSTA À ALTURA INICIAL DO LENÇOL FREÁTICO

Thaís Moreira Guimarães [(a)], Marcio Catadi [(b)], João Paulo de Carvalho Araújo[(c)], Nelson Ferreira Fernandes[(d)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossitemas, Universidade Federal Fluminense, thaismg@id.uff.br

[(b)] Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, mcataldi@id.uff.br

[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jpaulo_geo@hotmail.com

[(d)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A compreensão dos mecanismos relacionados à deflagração de escorregamentos não é algo evidente. Neste sentido, modelos matemáticos são ferramentas úteis para a previsão de escorregamentos e para testes de hipótese que subsidiam o ganho de conhecimento sobre a natureza do fenômeno estudado. Estes modelos podem ser utilizados para aumentar a compreensão do pesquisador quanto à sensibilidade dos parâmetros físicos do solo e como a precipitação influencia na estabilidade do solo. Este trabalho avalia a sensibilidade do modelo TRIGRS à altura inicial do lençol freático frente a um evento de precipitação intensa ocorrido em fevereiro de 1996 na bacia dos rios Quitite e Papagaio, no Rio de Janeiro. Para tal, foram testados três cenários de altura inicial, com intensidades de precipitação variando ao longo do período simulado. Verificou-se que o modelo apresenta muita sensibilidade ao parâmetro testado. No entanto, tende a superestimar a instabilidade para alturas iniciais mais elevadas.

Palavras chave: TRIGRS, Modelagem, Teste de sensibilidade, Fator de Segurança

1. Introdução

Escorregamentos são fenômenos naturais que podem produzir grandes impactos econômicos e sociais No Brasil, os escorregamentos estão intimamente relacionados à chuva, como mostram os estudos realizados por Sepúlveda e Petley (2015), que indicam que entre 2004 e 2013 a ocorrência de 119 deslizamentos ocasionou 2.262 fatalidades. Eventos de precipitação intensa provocam alterações nas condições de estabilidade do solo, culminando em movimentos de massa, que podem causar desastres envolvendo a população.

A modelagem de movimentos de massa vem sendo bastante utilizada mundialmente para que se entenda melhor os processos que ocorrem antes, durante e depois do deslizamento, quais os fatores condicionantes e quais parâmetros contribuem mais para a instabilidade do solo, de forma a simular as condições físicas do meio ambiente e prever desastres e mitigar as consequências.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a sensibilidade do modelo Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability (TRIGRS) (BAUM et al., 2002) à altura inicial do lençol freático frente a um evento de precipitação intensa.

1.2 Área de Estudo

Foi selecionada uma bacia piloto, que abrange as sub bacias dos rios Quitite e Papagaio (5,4 km²), localizadas na parte oeste do Maciço da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro. A área de estudo foi atingida por um evento de precipitação que totalizou 427,4mm entre os dias 11 e 15 de fevereiro de 1996, deflagrando centenas de escorregamentos translacionais e corridas de detritos nos canais principais (GEORIO, 1996).

2. Materiais e Métodos

2.1 Pré-processamento

Para a simulação do TRIGRS, foi utilizado um mapa digital de terreno (MDT) construído para uma condição de pré ruptura, de resolução de 2m, elaborado por Araújo (2018), a partir do levantamento LIDAR (*Light Detection and Ranging*), feito em 2013 pela

ISBN: 978-85-7282-778-2

Fundação Instituto de Geotécnica do Rio de Janeiro. A partir deste mapa, através do software ArcGis 10.3 foram elaborados os mapas de ângulo de encosta e direção de fluxo, também necessários à operação do TRIGRS.

2.2 Parametrização e Modelagem (TRIGRS)

Foram simulados três cenários de altura inicial do lençol freático, a saber 0m (cenário A), 1m (cenário B) e 2m (cenário C). Os demais parâmetros do solo utilizados foram os mesmos para os três cenários e estão resumidos na Tabela I.

Tabela I – Parâmetros físicos e hidrológicos utilizados no TRIGRS e suas respectivas referências.

Parâmetros Físicos	Símbolo	Valor	Referência
Condutividade Hidráulica saturada	K_S	1x10-5 m/s	Vieira e Fernandes (2004)
Ângulo de atrito interno	ø'	35°	Araújo (2018) , Guimarães et al. (2003)
Coesão	c'	4,5kPa	Seefelder et al. (2016)
Profundidade do solo	Z	3,7m	Araújo (2018)
Peso específico do solo saturado	γ_s	16kN/m³	Seefelder et al. (2016)
Difusividade Hidráulica saturada	D_0	2x10-3 m/s	Liu e Wu (2008)
Taxa de infiltração inicial	I_{ZLT}	1x10-7 m/s	Liu e Wu (2008)

Os dados de precipitação são provenientes do posto pluviométrico da estação meteorológica do Alto da Boa Vista, localizado a 4km da bacia estudada. Foram atribuídas intensidades diferentes para cada dia de simulação, que correspondem à intensidade média diária observada (Tabela II). A simulação, que gera mapas de Fator de Segurança (FS) para cada pixel da bacia, foi validada através do mapa de cicatrizes, elaborado por Araújo (2018).

Tabela II - Intensidade média de chuva atribuída a cada dia simulado no TRIGRS.

Intensidade média de chuva (mm/h)					Total Precipitado (mm)
dia 11	dia 12	dia 13	dia 14	dia 15	
0,11	8,38	8,05	0,65	0,62	427,40

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Resultados e Discussões

Verificou-se que o modelo apresenta muita sensibilidade à altura inicial do lençol freático, visto que gera mapas de Fator de Segurança muito distintos para os cenário A, B e C, como pode ser visto na Figura 1, em que os mapas de cada cenário são expostos juntamente à frequência das classes de FS. Nota-se que para o cenário A as frequências das classes Estável e Muito Estável ocupam a maior parte da bacia, predominando as cores cinza e verde, com um percentual de acerto das áreas instáveis (AI) igual a 60% e das áreas estáveis (AE) igual a 66%.

O cenário B apresenta uma maior distribuição da frequência nas classes intermediárias, entre Instável e Pouco Estável, apresentando cores mais amareladas no terço médio da bacia e cores mais avermelhadas no terço superior, com percentual de acerto das AI de 74% e das AE de 55%. Já o cenário C resulta em frequências maiores se concentrando nas classes Instável e Pouco Instável, com predomínio destas na maior parte da bacia, destacando-se a cor alaranjada no terço médio e superior, com percentuais de AI igual a 97% mas de AE igual a 24%.

ISBN: 978-85-7282-778-2

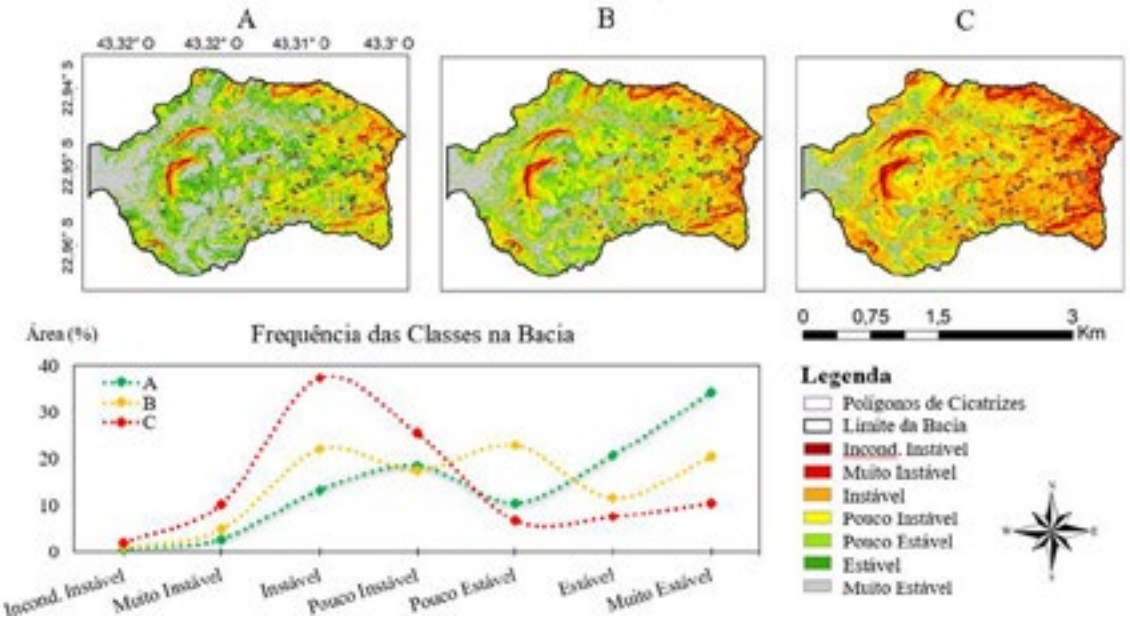


Figura 1 – Mapa de FS e Frequência das classes na bacia variando de acordo com a altura inicial do lençol freático (cenários A, B e C).

4. Considerações Finais

Avaliando os cenários de altura inicial do lençol, verifica-se que o modelo apresenta muita sensibilidade a este parâmetro. No entanto, pode-se observar que à medida que a altura aumenta, o modelo tende a superestimar a instabilidade, de acordo com o mapa de cicatrizes, calculando como instáveis áreas verificadas como estáveis, onde não há polígonos de cicatriz.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, J. P. C. **Reconstrução Topográfica e previsão de escorregamentos translacionais utilizando modelos estatísticos e determinísticos de susceptibilidade**. Rio de Janeiro, 2018. 88p.

BAUM, R. L.; SAVAGE, W. Z.; GODT, J. W. **TRIGRS – A Fortran Program for Transient Rainfall Infiltration and Grid-Based Regional Slope-Stability Analysis**. Colorado, 2002.

GEORIO, F. **Estudos geológico-geotécnicos a montante dos condomínios capim melado e vilarejo,**

Jacarepaguá. 1996.

GUIMARAES, R. F.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. M.; et al. **Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: Application to Rio de Janeiro.** Engineering Geology: v. 69, 2003. 10p.

LIU, C.-N.; WU, C.-C. **Mapping susceptibility of rainfall-triggered shallow landslides using a probabilistic approach.** Environmental Geology: v. 55, n. 4, 2008. 8p.

SEEFELDER, C.L.N.; KOIDE, S.; MERGILI, M. **Does parameterization influence the performance of slope stability model results? A case study in Rio de Janeiro, Brazil**. Landslides, 2016. 13p.

SEPÚLVEDA, S. A.; PETLEY, D. N**. Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean.** Nat. Hazards Earth Syst. Sci: v. 15, 2015. 13p.

VIEIRA, B. C.; FERNANDES, N. F. **Landslides in Rio de Janeiro: The role played by variations in soil hydraulic conductivity.** Hydrological Processes: v. 18, 2004. 14p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MODELAGEM EMPÍRICA DA ESPESSURA DO SOLO NAS BACIAS DO QUITITE E PAPAGAIO, RIO DE JANEIRO (RJ)

Matheus Wanderley de Almeida [(a)], João Paulo de Carvalho Araújo [(b)] , Nelson Ferreira Fernandes [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, matheusalmeida0906@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jpaulo_geo@hotmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aos estudos ambientais

Resumo

A espessura do solo influencia diretamente diferentes processos/fenômenos hidrogeomorfológicos, como movimentos de massa. Além disso, também é importante em estudos em áreas como na engenharia, para construção de prédios e casas. Entretanto, a obtenção desse parâmetro é trabalhosa e financeiramente custosa. Assim, o objetivo deste trabalho é estimar a variabilidade espacial da espessura do solo em duas bacias piloto localizadas na parte oeste do maciço da Tijuca (RJ), utilizando modelos empíricos de fácil aplicação. Através dos resultados, foi possível avançar no conhecimento das dinâmicas de evolução da paisagem na área de estudo, chegando à conclusão de que é necessário combinar os pressupostos dos modelos com os processos predominantes na área de estudo. Com isso, é possível chegar a resultados mais precisos e aplica-los tanto à modelagem hidrológica, quanto a de estabilidade de encostas.

Palavras chave: espessura do solo, mapeamento, modelagem empírica

1. Introdução

A espessura do solo é um parâmetro muito importante para entender processos e fenômenos que ocorrem em encostas, como respostas erosivas a eventos de chuva (FU et al., 2011). Um exemplo disso é a sua influência sobre a susceptibilidade a deslizamentos (HO et al., 2012). A espessura do solo também se mostra essencial para estudos hidrológicos, como no uso de modelos para estimar a variação do nível de água no solo (LEE e HO, 2009).

Caracterizar a variação espacial da espessura dos solos é um trabalho difícil de ser feito, no entanto, uma forma indireta de se obter o parâmetro "espessura do solo" é através da modelagem matemática. Dentro desta modelagem, existem os métodos empíricos, os estatísticos, e os fisicamente embasados. Os modelos empíricos são mais facilmente aplicáveis nas bacias por serem, muitas vezes, uma relação simples entre um parâmetro observado em campo e a variável desejada, sendo neste trabalho, a espessura do solo.

SAULNIER et al., (1997) e LEE e HO, (2009) apresentaram três modelos empíricos para a distribuição espacial da espessura do solo, colocando fatores topográficos como elevação, gradiente, e índice topográfico de saturação (ITS) em relações lineares com a espessura do solo. Com isso, se infere um método mais simples, porém, conseguindo estimar de forma menos homogênea a distribuição espacial da espessura do solo ao longo de uma bacia.

Desse modo, este trabalho tem como objetivo aplicar os modelos empíricos apresentados acima, afim de estimar a espessura do solo nas bacias do Quitite e Papagaio (RJ).

2. Área de Estudo

A área de estudo são as bacias do Quitite e Papagaio, localizadas na parte oeste do maciço da Tjuca. As bacias apresentam um relevo bastante montanhoso e irregular, o clima na área é tropical úmido, com vegetação de mata atlântica, caracterizando uma

ISBN: 978-85-7282-778-2

área bem representativa das encostas da Serra do Mar no Rio de Janeiro. A geologia do local é formada predominantemente por rochas ígneas e metamórficas.

1. Materiais e Métodos

A metodologia foi dividida em duas etapas. Primeiro os trabalhos de campo e por último a implementação dos modelos. Os trabalhos de campo foram feitos afim de obter dados para a parametrização e validação dos resultados. Nesta etapa foram realizadas 137 sondagens por meio de um penetrômetro dinâmico leve (DPL), um equipamento de fácil locomoção que mede a resistência mecânica do solo ao longo da sua espessura, chegando ao ponto máximo considerado como contato solo-rocha (DE CARVALHO ARAÚJO, 2018).

As modelagens foram realizadas através dos três modelos empíricos apresentados a seguir:

$$z_i = z_{max} - \left(\frac{z_{max} - z_{min}}{e_{max} - e_{min}}\right) . (e_i - e_{min})$$

Modelo 1: Elevação (SAULNIER et al., 1997)

Onde z_i é a profundidade do solo em determinado ponto; e_i é a elevação no mesmo ponto; z_{max} e z_{min} são o máximo e mínimo valores para a profundidade medidas, respectivamente; e_{max} e e_{min} são o máximo e mínimo valores de elevação, respectivamente.

$$z_i = z_{max} - \left(\frac{z_{max} - z_{min}}{\tan\theta_{max} - \tan\theta_{min}}\right) . (\tan\theta_i - \tan\theta_{min})$$

Modelo 2: Gradiente (SAULNIER et al., 1997)

Onde θ_i é o ângulo de encosta em determinado ponto; θ_{max} e θ_{min} são os ângulos de encosta máximo e mínimo da bacia, respectivamente.

$$z_i = c_s . ln(\alpha / \tan\theta) i$$

Modelo 3: Índice Topográfico de Saturação (LEE e HO, 2009)

Onde c_s é o coeficiente de regressão linear usado para calibração do modelo; $ln(\alpha / \tan\theta) i$ é o índice topográfico de saturação no determinado ponto; α é área de contribuição.

ISBN: 978-85-7282-778-2

1. Resultados e Discussão

Através dos modelos 1 e 2, foram construídos dois mapas de espessura do solo (Fig. 1). No primeiro mapa (Fig. 1a) observa-se que as classes de espessura acompanham os valores hipsométricos, indicando que a ação da gravidade controla o transporte de sedimentos. Já no segundo mapa (Fig. 1b), os valores estão mais distribuídos, indicando o transporte de sedimentos controlado pelo gradiente. Confrontando as espessuras estimadas com as espessuras medidas, obtiveram-se baixos graus de correlação de 0,17 para o modelo 1, e de 0,05 para o modelo 2. Isso mostra que os modelos não reproduzem totalmente os processos de transporte e de formação do solo na área de estudo.

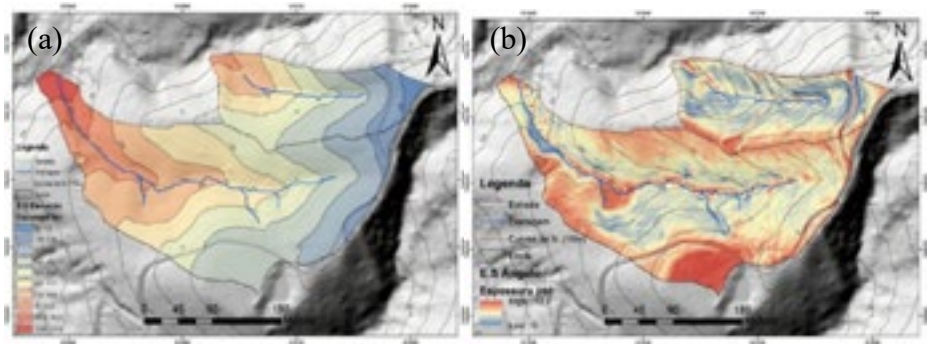


Figura 1: Mapa de espessura do solo a partir dos modelos 1 (figura 1a) e 2 (figura 1b)

O modelo 3 inclui a ação da água com o cálculo da área de contribuição, o que influencia a pedogênese através do intemperismo químico. Porém, observa-se que os valores do Índice Topográfico de Saturação (ITS) também apresentaram baixa correlação com as medidas de espessura do solo, como mostra a figura 2.

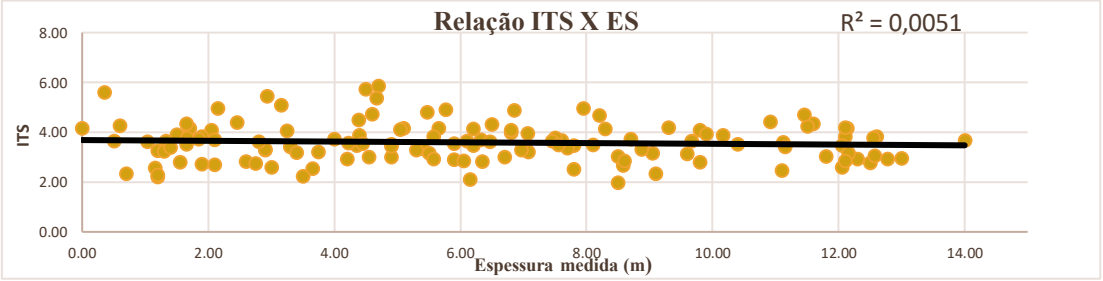


Figura 2 : Correlação entre o ITS e a espessura do solo medida

ISBN: 978-85-7282-778-2

Segundo a literatura (LEE e HO, 2009; SAULNIER et al., 1997), os melhores resultados ocorrem em áreas com maiores taxas de intemperismo físico. Vale ressaltar que o equipamento usado mede a espessura do regolito, porém, é necessário saber a espessura do solo transportável. Isso aplica-se principalmente para o modelo 3, pois ele melhor contempla os processos de transporte e formação do solo na área de estudo.

1. Conclusão

Assim, se conclui que para melhorar os resultados faz-se necessário caracterizar a espessura do solo transportável na área de estudo, além de adequar o modelos para que possam representar melhor os processos de transporte e formação do solo. Após isso, espera-se que ocorra um maior grau de correlação entre as espessuras medidas e a espessuras estimadas.

2. Referências Bibliográficas

DE CARVALHO ARAÚJO, João Paulo. **Uso do método de pesos de evidência para mapeamento da susceptibilidade a escorregamentos em região montanhosa de clima tropical**. 2018. 1-98 f. 2018.

FU, Zhiyong et al. **Soil thickness effect on hydrological and erosion characteristics under sloping lands: A hydropedological perspective**. Geoderma, v. 167–168, p. 41–53, 2011.

HO, Jui Yi et al. **Influences of spatial distribution of soil thickness on shallow landslide prediction**. Engineering Geology, v. 124, n. 1, p. 38–46, 2012.

LEE, Kwan Tun e HO, Jui-yi. **Prediction of landslide occurrence based on slope-instability analysis and hydrological model simulation**. Journal of Hydrology, v. 375, n. 3–4, p. 489–497, 2009.

SAULNIER, Georges Marie e BEVEN, Keith e OBLED, Charles. **Including spatially variable effective soil depths in TOPMODEL**. Journal of Hydrology, v. 202, n. 1–4, p. 158–172, 1997.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Gabriela Branquinho Antonio [(a)], Bruno Rodrigues de Oliveira [(b),] Roberto Arnaldo Trancoso Gomes [(c)], Renato Fontes Guimarães [(d)], Osmar Abílio de Carvalho Júnior [(e)]

[(a)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, gabrielabranquinho56@gmail.com
[(b)] Sistema de Informações Territoriais e Urbanas – SITURB/SEGETH, brunorodriguesoli@gmail.com
[(c)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, robertogomes@unb.br
[(d)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, renatofg@unb.br
[(e)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, osmarjr@unb.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Os desastres associados a obras de grande porte, como as barragens de rejeito apresentam grande potencial para causar danos (materiais e imateriais). O uso de modelos matemáticos vem sendo utilizados para a previsão e simulação de eventos, visando propor medidas para mitigação de danos, planejamento e gestão de risco, e melhor compreender o fenômeno estudado. O modelo FLO2D possui recursos de modelagem que incluem o transporte de sedimentos e corrida de lama, estimando inundações de fluxos Não-Newtonianos, permitindo então, simular condições semelhantes ao material de uma barragem de rejeito. Dessa forma, o presente trabalho buscou avaliar a resposta do modelo para diversos cenários, utilizando hidrograma de ruptura hipotéticos visando realizar uma comparação para identificar quais os cenários atendem aos critérios estabelecidos. Foi identificado que o modelo superestimou as profundidades, dos 16 cenários rodados preliminarmente, somente um se ajustou adequadamente.

Palavras chave: Flo2D, Modelagem Matemática, Rompimento de Barragem.

1. Introdução

Os desastres associados a rupturas de barragens causam enormes perdas de vidas, destruições de propriedades e degradação do meio ambiente (LUO YOU et al., 2012). Alguns acidentes com rompimentos de barragens de rejeitos aconteceram no Brasil, como em Itabirito –MG na Barragem de Fernandinho (1986), Barragem de Macacos em Nova Lima – MG (2001), Barragem em Cataguases, Cataguases (2003), Barragem do Rio Pomba/Cataguases em Miraí – MG (2007), Herculano em Itabirito – MG (2014), Barragem Fundão e Santarém em Mariana – MG (2015) e em Brumadinho – MG (2019) (MACHADO, 2017; MOTA, 2017). Contudo, os desastres mais recentes ocorridos em Mariana e Brumadinho,

apresentaram maior visibilidade pois tiveram proporções maiores em virtude da magnitude dos danos causados.

Apesar do histórico de rompimento de barragens, somente em 2010 foi sancionada a Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), que tem como objetivos, garantir padrões de segurança de barragens, visando minimizar a possibilidade de acidente e seus impactos, regulamentar as ações de segurança a serem adotadas em todas as fases, deste o projeto, operação e usos futuros, além de promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas e criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público (BRASIL, 2010).

Desde 2010 surgiram outras legislações relacionas devido ao crescimento da preocupação do poder público, dentre elas podemos citar a Resolução CNRH nº143/2012 que estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco e dano potencial associado, a Resolução CNRH nº144/2012 que institui o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, a Portaria DNPM nº 526/2013 que estabelece o Plano de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM), a Portaria DNPM nº 70.389/2017 que apresenta a Classificação de Barragens, Plano de Segurança, Inspeção de Segurança [Regular/Especial], Revisão Periódica de Segurança, Plano de Ações de Emergência e a Resolução nº 4, de 15 de Fevereiro de 2019 que Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido. Esta última resolução em especial, proíbe manter ou construir, na Zona de Autossalvamento – ZAS, sendo assim necessário identificar os pontos de refúgio, os quais são facilmente obtidos por estudos de ruptura de barragens.

O estudo de previsão de rompimento de barragem e da propagação de ondas de inundação foram estudadas experimentalmente na literatura, que focaram principalmente na definição de características de fluxo no momento da falha, no mecanismo de falha e na

ISBN: 978-85-7282-778-2

propagação de ondas de inundação, usando modelos físicos idealizados e simplificados (HALTAS, TAYFUR & ELCI, 2016).

Com o advento do computador, se tornou possível utilizar modelos matemáticos, para a previsão de eventos como inundações, alagamentos, movimentos de massa e ruptura de barragem, vem ganhando espaço devido a sua eficiência, confiabilidade e baixo custo.

Apesar do avanço de métodos de modelagem, o estudo de rompimento de barragem de rejeito ainda apresenta grandes desafios, isso porque os modelos hidráulicos não possibilitam a simulação de fluidos Não-Newtonianos, também conhecidos como hiperconcentrados, onde a relação entre volume de sólidos e o volume total supera 20% (O'BRIEN & JULIEN, 1985). Contudo, modelos como FLO2D possuem recursos de modelagem que incluem o transporte de sedimentos e corrida de lama, estimando inundações de fluxos Não-Newtonianos (O'BRIEN *et al.*,1993). O FLO2D já foi utilizado para estudos de fluxo de detritos (GOMES et. al., 2013), inundações (NETO, 2016; SARTORI, 2017) e rupturas de barragens (MACHADO, 2017).

Sendo assim, este trabalho objetiva avaliar a resposta do modelo para diversos cenários comparando com seus resultados com a mancha de inundação observada em imagens obtidas por sensoriamento remoto após o desastre.

2. Materiais e Métodos

Foram utilizados os dados da barragem, Missão Topográfica Radar Shuttle - **SRTM** com resolução de 30 metros, a versão gratuita do modelo FLO-2D para a simulação, o programa *Grid Developer System* – GDS para realizar o pré-processamento e o SIG para a visualização e confecção dos produtos cartográficos.

O presente trabalho foi realizado em três etapas: o pré-processamento, modelagem e o pós-processamento. No pré-processamento foram compilados e inseridos os dados no modelo, como o hidrograma de ruptura (volume e tempo de duração), características geotécnicas do rejeito e o modelo numérico de elevação. A segunda etapa é a de modelagem por si só, na

ISBN: 978-85-7282-778-2

qual foram gerados os cenários e exportados os resultados. O pós-processamento consistiu na comparação dos resultados e confecção dos produtos cartográficos.

Para a obtenção do hidrograma de ruptura, foi adotado o hidrograma com decaimento parabólico proposto por Farias & Reis (2017), que considera um processo de esvaziamento de forma mais gradual e representa mais adequadamente o rompimento de barragens de terra. A Tabela 1 apresenta os valores adotados para os hidrogramas hipotéticos de ruptura.

Tabela I – Resumo dos parâmetros utilizados para a geração dos hidrogramas hipotéticos de ruptura.

	Hidrograma de ruptura hipotético 1	**Hidrograma de ruptura hipotético 2**	**Hidrograma de ruptura hipotético 3**	**Hidrograma de ruptura hipotético 4**
Volume do hidrograma de ruptura	12.000.000 (100% do volume estimado do reservatório)	9.000.000 (75% do volume estimado do reservatório)	6.000.000 (50% do volume estimado do reservatório)	3.000.000 (25% do volume estimado do reservatório)
Tempo de pico (segundos)	35	35	35	35
Vazão de pico (m^3/s)	66080	49560	33040	16520
Duração do hidrograma (segundos)	900	900	900	900
Fator k (expoente de forma do hidrograma)	0.35	0.35	0.35	0.35
Intervalo de tempo (segundos)	5	5	5	5

No modelo FLO2D é essencial definir os parâmetros de tensão do escoamento (τ_y) e viscosidade (η) visto que o modelo utiliza os conceitos de conservação de massa (GOMES, 2006). A τ_y e a η são definidas a partir das seguintes relações, conforme destacado por O´Brien & Julien (2000):

$$\tau_y = \propto_1 e^{\beta_1 C_v} \qquad \text{Equação 1}$$

$$\eta = \propto_2 e^{\beta_2 C_v} \qquad \text{Equação 2}$$

onde α e β são coeficientes empíricos definidos por experimentos de laboratório.7

ISBN: 978-85-7282-778-2

Nesta pesquisa foram adotados C_v = 0,55 (GOMES, 2006), $\propto_1$= 3.00E-06, β_1= 21,60, $\propto_2$= 2.00E-05, β_2= 27,00, densidade dos grãos de 3,0 (MACHADO, 2017) e resistência ao fluxo laminar de 1000 (FLO-2D, 2017).

Para a simulação foram considerados dezesseis cenários diferentes resultado da combinação de quatro tempos de simulação, variando o tempo de simulação entre 0,25 horas (15 minutos) e 1 hora, e quatro volumes hipotéticos de ruptura. O coeficiente de *manning* foi considerado 0.04 que é o valor *default* do programa para facilitar a modelagem. A Tabela 2 apresenta um resumo dos parâmetros adotados em cada cenário simulado.

Tabela II – Parâmetros adotados em cada cenário simulado.

Cenário	Tempo de Simulação (h)	Volume do hidrograma de ruptura (m³)	Manning (n)	C_v	Resistência de fluxo Laminar	τ_y	η
1	0.25	12.000.000	0.04	0.55	1000	0.43	61
2	0.25	9.000.000					
3	0.25	6.000.000					
4	0.25	3.000.000					
5	0.50	12.000.000					
6	0.50	9.000.000					
7	0.50	6.000.000					
8	0.50	3.000.000					
9	0.75	12.000.000					
10	0.75	9.000.000					
11	0.75	6.000.000					
12	0.75	3.000.000					
13	1.00	12.000.000					
14	1.00	9.000.000					
15	1.00	6.000.000					
16	1.00	3.000.000					

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Resultados e discussões

O domínio computacional usado tem 37,11 km² e o trecho da mancha de inundação utilizado tem aproximadamente 1,25 km², visto que o objetivo foi de avaliar o comportamento dos hidrogramas hipotéticos de ruptura.

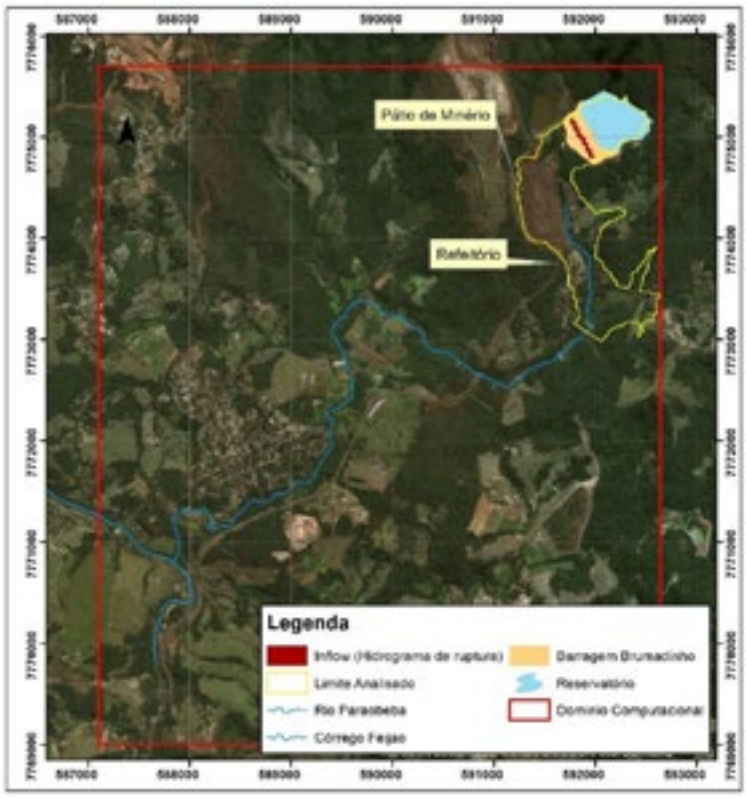


Figura 1 – Mapa de Localização da Barragem e do limite da modelagem numérica.

Os critérios utilizados para a validação foram o tempo de chegada ao pátio de minério, entre um e três minutos, a espessura de material máxima, entre 10 e 15 metros, a velocidade máxima estimada de 80 km/h, e a área da mancha divulgada pelo IBGE no trecho estudado (aproximadamente 1,25 km²).

A Tabela 3 apresenta o resumo dos resultados obtidos, para todos os cenários modelados, que foram utilizados para a validação.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela 3- Resumo dos resultados obtidos para todos os cenários modelados.

	Área da mancha (km²)	Profundidade máxima (m)	Velocidade máxima (km/h)	Volume (m³)	Tempo de chegada ao pátio de minério (seg)	Tempo para ultrapassar o pátio de minério (seg)
1	1,43	34,36	80,50	15146217	60	122
2	1,30	31,69	80,03	12282887	61	122
3	1,13	27,19	75,60	9054038	60	140
4	9,56	22,25	69,41	5283775	79	173
5	1,46	34,36	80,50	15409947	54	115
6	1,31	31,69	80,03	12171505	54	126
7	1,13	27,19	75,60	8979215	61	140
8	0,91	22,58	69,41	5201589	72	180
9	1,44	34,36	80,50	15271860	50	115
10	1,30	31,69	80,03	12243636	54	122
11	1,12	27,19	75,60	8873113	61	151
12	0,90	22,52	69,41	5143027	76	173
13	1,44	34,36	80,50	15302723	50	115
14	1,31	31,69	80,03	12749532	54	126
15	1,12	27,19	75,60	8873617	65	140
16	0,90	22,52	69,41	5166562	76	176

Com base nos resultados observa-se que o cenário 2 (figura 2) forneceu o melhor resultado pois atendeu aos critérios de tempo de chegada ao pátio, semelhança com a mancha divulgada pelo IBGE em termos de área e na velocidade máxima estimada pelo rejeito.

ISBN: 978-85-7282-778-2

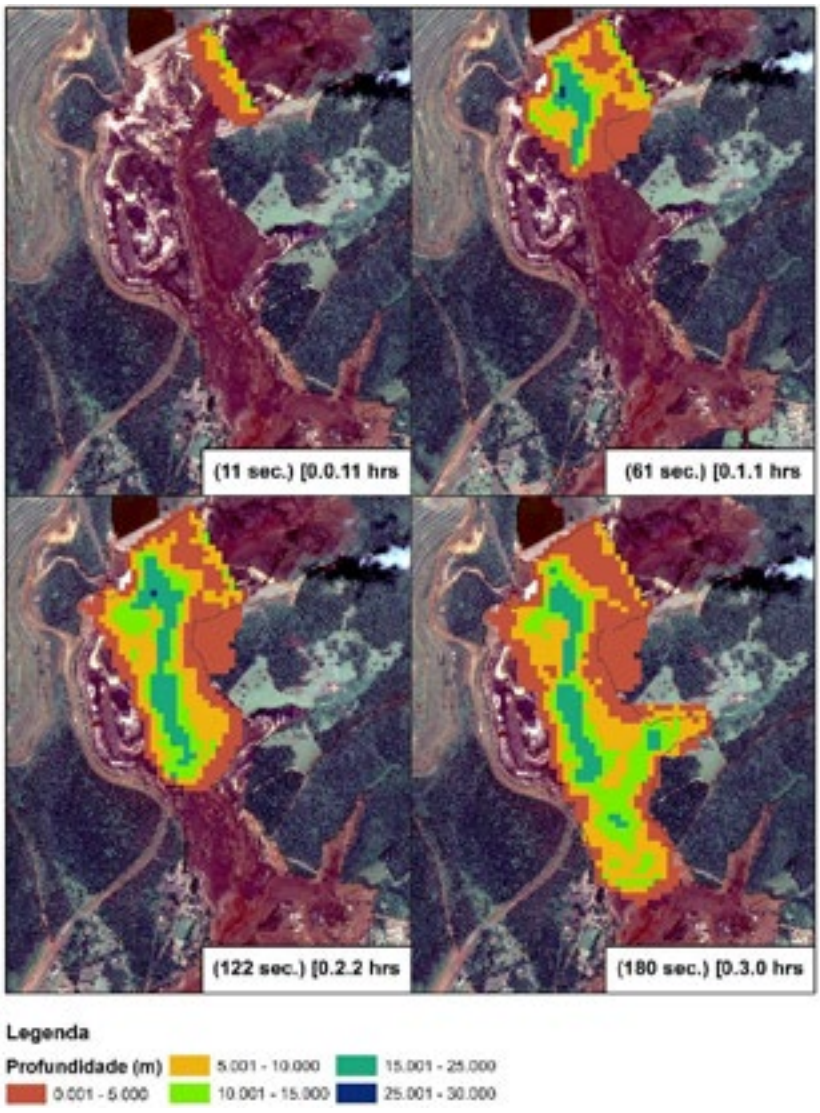


Figura 2 – Representação do avanço da mancha (61 seg. Atinge o Pátio de Obras; 122 seg. Chega ao refeitório; e aos 180 seg. Encobre o refeitório)

Todavia, assim como todos os outros cenários o modelo superestimou a espessura e cerca de duas vezes. Nenhum dos cenários conseguiu reproduzir corretamente a mancha na área do pátio de minério, provavelmente devido a resolução espacial do modelo digital de elevação. A Figura 3 apresenta a comparação entre a mancha fornecida pelo modelo, para o cenário 2, e a divulgada pelo IBGE.

ISBN: 978-85-7282-778-2

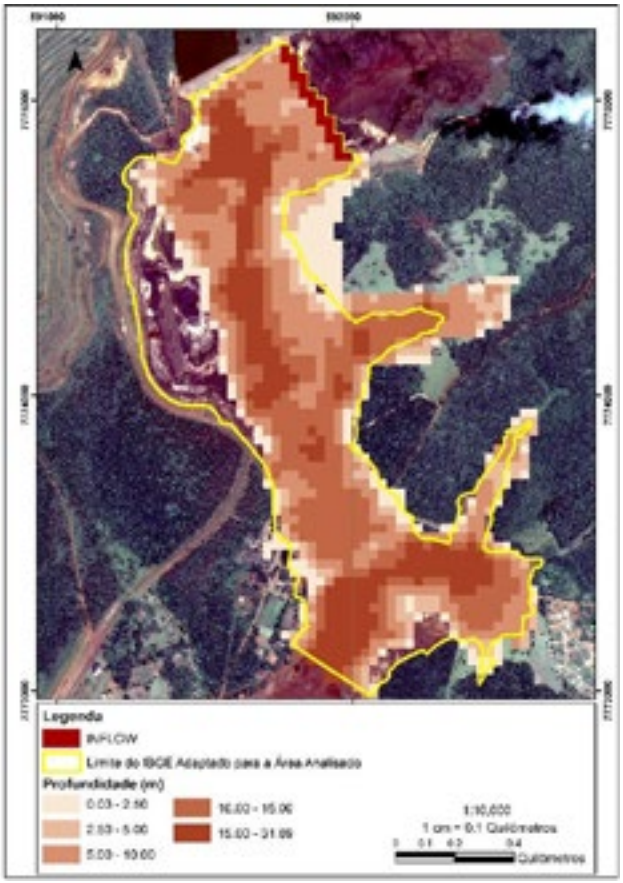


Figura 3 – Mapa comparando a mancha fornecida pelo IBGE e a mancha gerada pelo modelo.

O cenário 15, por sua vez, forneceu o pior resultado, não atendendo nenhum dos critérios estipulados. É possível observar que os cenários que consideraram um hidrograma de ruptura hipotético com 75% do volume estimado (12 milhões de metros cúbicos) foram os que atenderam mais critérios. Todos os cenários nos quais foram considerados hidrogramas com 25% do volume estimado foram os que mais demoraram a atingir o pátio e que alcançaram as menores velocidades, como esperado.

4. Conclusões

A ruptura ocorreu no sopé da barragem, com posterior afundamento da crista, sendo as causas do rompimento ainda não foram determinadas. Especula-se que o maciço estivesse

saturado e que os filtros não estivessem funcionando adequadamente sendo o excesso de poropressão, um dos gatilhos do rompimento. Tal fato é reforçado pela existência de uma perfuratriz no talude da barragem uma semana antes, talvez para execução de furos de alivio (ABMS & IE, 2019).

O modelo FLO-2D conseguiu fornecer resultados satisfatórios mesmo utilizando uma topografia pouco detalhada e tendo como base dados disponíveis na literatura, o que o caracteriza com uma boa alternativa para estudos preliminares.

Devido variabilidade dos parâmetros de entrada, torna-se necessário a realização de diversos cenários para de forma a abrangem o máximo de situações possíveis. Quanto as simulações realizadas, a variabilidade dos parâmetros de tensão do escoamento (τ_y), viscosidade (η) e Cv também são fatores muitos importantes que podem influenciar no resultado, sendo necessário em etapas futuras a considerar cenários variando esses parâmetros.

É importante ressaltar que um modelo digital de elevação mais detalhado é importante para a realização do zoneamento de áreas passíveis de serem afetadas. O que por sua vez acarreta na necessidade do detalhamento da malha e no tempo de processamento.

O local mais afetado foi o Córrego de Feijão, gerando a destruição do refeitório da Vale, e seu pátio de obras, também houve uma severa degradação da qualidade da água apresentando riscos à saúde humana e animal e consequentemente a suspensão das captações de água, degradação do habitat, fauna e flora, assoreamento do leito dos rios e dos reservatórios das barragens de geração de energia, e soterramento das lagoas e nascentes adjacentes.

Considerando que esse é um estudo preliminar, foi possível observar que houve uma representação adequada do evento, considerando os parâmetros citados anteriormente para uma tentativa de validação, e no que concerne o caminho seguido pela lama e sua

acomodação, a lama seguiu a topografia, ocupando o vale do Córrego de Feijão, todavia extravasando em diversos pontos.

5. Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (ABMS); Instituto de Engenharia (IE). 2019. Momento atual da Engenharia Brasileira. In: Instituto de Engenharia – Av. Dr. Dante Pazzanese, 120 – Vila Mariana, São Paulo/SP, 14 de março de 2019. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=dmpwerFvcZE. Acesso em: Março de 2019.

BRASIL. Portaria no 70.389 de 17 de maio de 2017. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8°, 9°, 10, 11 e 12 da Lei n° 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – DNPM, Brasília, 2017.

BRASIL. Portaria no 526 de 03 de dezembro de 2013. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Brasília, 2013.

Brasil. Resolução no 143, de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7° da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BRASIL. Lei no 12.334 de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, 2010.

BRASIL. Resolução nº 144, de 10 de julho de 2012. Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

Conselho Nacional dos Direitos Humanos. Ministério dos Direitos Humanos. Relatório da Missão Emergencial a Brumadinho/MG após Rompimento da Barragem da Vale S/A. Brasília, 2019. Relatório.

GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso. **Modelagem de Previsão de Movimentos de Massa a partir da Combinação de Modelos de Escorregamentos e Corridas de Massa**. 2006. 180 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

HALTAS, I.; TAYFUR, G.; ELCI, S. Two-dimensional numerical modeling of flood wave propagation in an urban area due to Ürkmez dam-break, İzmir, Turkey. **Natural Hazards**, v. 81, n. 3, p. 2103–2119, 2016.

YOU, L. et al. Procedia Engineering Review of Dam-break Research of Earth-rock Dam Combining with Dam Safety Management. v. 28, n. 2011, p. 382–388, 2012.

MACHADO, Nathália Couto. **Retroanálise da Propagação Decorrente da Ruptura da Barragem do Fundão com Diferentes Modelos Numéricos E Hipóteses De Simulação**. 2017. 188 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

MOTA, Kevin Reiny Rocha. **Rompimento Hipotético e Delimitação da Área De Inundação da Barragem Salto Moraes em Ituiutaba/Mg**. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civi) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

NETO, Lorêdo Vianini. **Estudo de ruptura da barragem da pampulha, em belo horizonte: retroanálise da brecha do acidente de 1954 e ruptura hipotética nas condições atuais**. 304 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Programa Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais.

O'Brien, J.S.; Julien, P.Y. Physical Processes of Hyperconcentrated Sediment Flows. In Proceedings of the ASCE Specialty Conference on the Delineation of Landslides, Floods, and Debris Flow Hazards, Logan, UT, USA, 14–15 June 1985; pp. 260–279.

O´BRIEN, J. S., JULIEN, P. Y., FULLERTON, W. T. (1993) Two-Dimensional water flood and mudflow simulation. **Journal of Hydraulics Engineering**, 119(2), pp. 244-259.

SARTORI, Rueliton Zambon. **Avaliação Comparativa de Modelos Hidrodinâmicos para Previsãode Inundações: Um Estudo de Caso do Município De Getúlio Vargas.** 2018. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - da Universidade Federal daFronteira Sul –UFFS, Santa Catarina.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MODELOS DE SIMULAÇÃO DA EVOLUÇÃO DO RELEVO: PASSADO, PRESENTE E FUTURO

Nelson Ferreira Fernandes

Departamento de Geografia/IGEO, UFRJ, nelsonff@acd.ufrj.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Nas últimas décadas, os modelos matemáticos de simulação da evolução do relevo (LEMs – *Landscape Evolution Models*) se consolidaram como uma das mais importantes ferramentas de análise geomorfológica. Inicialmente, estes modelos foram utilizados para simular a evolução de perfis de encostas sob a atuação de um único processo superficial. Posteriormente, tais simulações passar a ser feitas em 3D, incorporaram a atuação conjunta de vários processos assim com atividades tectônicas. Embora a utilização desses modelos venha crescendo rapidamente na pesquisa geomorfológica internacional, raros são os casos de sua aplicação pela comunidade brasileira. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão das bases conceituais desses modelos discutindo suas estruturas, equações de transporte, formas de implementação e principais aplicações. A difusão desses conceitos torna-se etapa fundamental para a ampliação da utilização desses modelos de simulação da evolução do relevo no Brasil.

Palavras chave: modelagem de sistemas ambientais; modelos de simulação; equilíbrio; transiência; processos geomorfológicos

1. Introdução

Os chamados LEMs (*Landscape Evolution Models*), ou modelos de simulação da evolução do relevo em tempos longos, representam importante ferramenta de análise na geomorfologia. Esses modelos matemáticos surgiram na década de 60 do século passado simulando, ainda que forma bem grosseira, a evolução de perfis de encostas submetidos a um processo geomorfológicos predominante

(Culling, 1960). Posteriormente, os LEMs passaram e simular a evolução de perfis sob vários processos (Armstrong, 1980) e a estimar o tempo de relaxação do relevo de modo a testar hipóteses teóricas como, por exemplo, a ideia do equilíbrio dinâmico (Fernandes e Dietrich, 1997). Mais recentemente, especialmente ao longo das duas últimas décadas, esses modelos tornaram-se bem mais complexos, sendo capazes de simular a evolução do relevo em 3D através da combinação de vários processos geomorfológicos e tectônicos (Tucker et al., 2001).

Nos dias atuais, existem algumas dezenas de LEMs em uso pela comunidade geomorfológica internacional envolvendo diferentes processos geomorfológicos, diferentes processos tectônicos, diferentes escalas espaciais, diferentes escalas temporais, assim como diferentes formas de implementação. Esses modelos têm sido aplicados, por exemplo, na simulação do recuo de escarpas de montanhas (Gilchrist et al., 1994), na evolução de redes de drenagem (Tucker e Slingerland, 1994) (Willgoose et al., 1991), na previsão da espessura dos solos (Dietrich et al., 1993), na datação morfológica de terraços e escarpas de falhas (Nash, 1980), entre muitas outras questões. No entanto, a utilização desses LEMs no Brasil ainda é pouco significativa (Moreira et al., 2012) . Dessa forma, o objetivo desse trabalho é fazer uma rápida revisão da base teórica desses modelos, discutindo sua evolução, formas de implementação, equações de transporte dos processos simulados, assim como apresentar exemplos de aplicações potenciais. Espera-se que este tipo de revisão contribua para uma maior difusão da utilização desses modelos pela comunidade geomorfológica brasileira.

2. Histórico Evolutivo

Os primeiros modelos matemáticos simulavam, ainda de forma bem simplificada, a simulação da evolução de perfis de encostas em uma dimensão (Culling, 1965). Naquele momento, a simulação matemática do fluxo de material (solo e rocha) nas encostas era baseada em analogias com equações de fluxo de calor e de difusão química. Posteriormente, os modelos passaram incorporar mais de um processo geomorfológico e condições de contorno (Armstrong, 1987), ocorrendo mais tarde a incorporação de processos tectônicos (Koons, 1989). Um marco nessa evolução foi a realização em 1992 pela AGU (*American Geophysical Union*) da conferência *Tectonics and Topography*, cujos trabalhos foram reunidos em um volume especial da JGR em 1994. Esses trabalhos mostravam uma nova geração de LEMs em 3D, combinando vários processos superficiais e tectônicos (Howard, 1994).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Atualmente, os LEMs possuem grande poder computacional permitindo a simulação de grandes regiões ao longo de dezenas de milhões de anos. Da mesma forma, importantes avanços ocorreram na obtenção das equações de transporte dos vários processos superficiais envolvidos, tais como: rastejo, escoamento superficial, intemperismo, movimentos de massa, incisão fluvial, soerguimento (Dietrich *et al.*, 2003). Grandes avanços ocorreram também na disponibilidade de modelos digitais do terreno e na obtenção das condições de contorno envolvidas, tais como: taxas de soerguimento (via termocronologia), taxas de intemperismo e de incisão fluvial (via isótopos cosmogênicos), entre outros. Várias revisões podem ser encontradas na literatuda sobre as bases teóricas envolvidas e sobre os principais LEMs hoje disponíveis (Codilean *et al.*, 2006).

3. Equações de Transporte e a Implementação dos LEMs

Para que ocorra uma efetiva difusão na utilização dos LEMs no Brasil torna-se necessária a compreensão, por parte dos usuários, de como esses modelos realizam as simulações envolvidas. De um modo geral, esses modelos englobam diferentes equações de transporte que simulam as taxas e os caminhos percorridos pelos materiais presentes (solo e rocha). A evolução da paisagem geomorfológica se dá pela combinação de processos superficiais e tectônicos, ao longo do tempo geológico (Dietrich *et al.*, 2003).

Um ponto comum a todos esses modelos é a incorporação da clássica equação de continuidade, baseada no princípio da conservação de massa, definindo que a variação no armazenamento de uma certa variável (por ex., espessura do solo) será igual à diferença entre os somatórios de entradas e saídas. Ou seja, de um modo bem simples, o material removido por erosão de uma célula no grid, dentro de um certo intervalo de tempo, estará representado como agradação na célula localizada a juzante. Em termos matemáticos, podemos dizer que a variação da elevação de um certo local na paisagem reflete as diferenças entre as taxas de soerguimento e de erosão.

Evidentemente, a combinação da equação de continuidade com as diversas equações de transporte (para cada processo simulado) gera um complexo sistema de equações diferenciais parciais, cuja solução é obtida por métodos numéricos e produz como resultado a variação da elevação com o

Evidentemente, a combinação da equação de continuidade com as diversas equações de transporte (para cada processo simulado) gera um complexo sistema de equações diferenciais parciais, cuja

solução é obtida por métodos numéricos e produz como resultado a variação da elevação com o tempo para cada célula dentro do grid simulado. Nesses modelos, diversos cenários em termos de condições iniciais (topografia inicial) e de condições de contorno (taxas de soerguimento, de incisão fluvial, etc.) podem ser utilizados nas simulações.

4. Considerações Finais

Os chamados LEMs (*Landscape Evolution Models*) tornaram-se, ao longo das últimas décadas, importante ferramenta em estudos voltados para a análise da evolução do relevo ao longo do tempo geológico. Uma rápida revisão do tema na literatura geomorfológica internacional atesta a existência de mais de uma dezena de modelos (por ex. GOLEM, SIBERIA, CAESAR, CHILD, ZSCAPE, SOILSCAPE, CASCADE). Embora muitos se interessem pela utilização desses modelos em seus estudos, minha experiência no tema ao longo dos últimos 25 anos, tanto em termos de ensino quanto de pesquisa, sugere que muitos esbarram na falta de conhecimento sobre a base conceitual de modelagem (Fernandes, 2016) ou sobre técnicas quantitativas (cálculo e programação). Acredito que tais fatores têm contribuído decisivamente para a pouca utilização desses modelos nas pesquisas geomorfológicas desenvolvidas no Brasil. Portanto, torna-se urgente a incorporação, tanto na graduação quanto na pós-graduação, de disciplinas voltadas para a discussão das bases teóricas da modelagem de sistemas ambientais, assim como para o tratamento quantitativo dos dados envolvidos. Se nada for feito, estaremos aprofundando o distanciamento hoje existente entre as pesquisas internacionais e brasileiras, no que tange a modelagem de sistemas ambientais.

5. Referências Bibliográficas

ARMSTRONG, A. C. Simulated slope development sequences in a three-dimensional context. *Earth Surf. Proc.*, v. 5, p. 265-270, 1980.

_____. Slopes, boundary conditions, and the development of convexo-concave forms : some numerical experiments. Earth Surface Processes and Landforms, v. 12, p. 17-30, 1987.

CODILEAN, A. T.; BISHOP, P.; HOEY, T. B. Surface process models and the links between tectonics and topography. Progress in Physical Geography, v. 30, n. 3, p. 307-333, 2006.

CULLING, W. E. H. Analytical theory of erosion. *J. Geol.*, v. 68, p. 336-344, 1960.

_____. Theory of erosion on soil-covered slopes. *J. Geol.*, v. 73, p. 230-254, 1965.

DIETRICH, W. E. et al. Geomorphic transport laws for predicting landscape form and dynamics. In: WILCOCK PETER, R. e IVERSON RICHARD, M. (Ed.). Prediction in Geomorphology.: American Geophysical Union. Washington, DC, United States. 2003., 2003. p.103-132.

DIETRICH, W. E. et al. Analysis of Erosion Thresholds, Channel Networks,and Landscape Morphology using a Digital terrain Model. The Journal of Geology, v. 101, n. 2, p. 259-278, 1993.

FERNANDES, N. F. Modelagem em Geografia Física: Teoria, Potencialidades e Desafios. Espaco Aberto, v. 6, n. 1, p. 209-247, 2016.

FERNANDES, N. F.; DIETRICH, W. E. Hillslope evolution by diffusive processes: the time scale for equilibrium adjustments. Water Resources Research, v. 33, n. 6, p. 1307-1318, 1997.

GILCHRIST, A. R.; KOOI, H.; BEAUMONT, C. Post-Gondwana Geomorphic Evolution of Southwestern Africa: Implications for the Controls on Landscape Development from Observations and Numerical Experiments. Journal of Geophysical Research, v. 99, n. B6, p. 12211-12228, 1994.

HOWARD, A. D. A detachment-limited model of drainage basin evolution. Water Resource Research, v. 30, n. 7, p. 2261-2285, 1994.

KOONS, P. O. The topographic evolution of collisional mountain belts: a numerical look at the Southern Alps, New Zealand. *Am. J. Sci.*, v. 289, p. 1041-1069, 1989.

MOREIRA, I. C.; MELLO, C. L.; FERNANDES, N. F. Aplicação de Modelo Matemático de Evolução do Relevo na Simulação do Recuo da Escarpa de Porção da Serra da Mantiqueira, Resende/Itatiaia (RJ). Anais do 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro, RJ. p.1-5.

NASH, D. Morphologic dating of degraded normal fault scarps. *J. Geol.*, v. 88, p. 353-360, 1980.

TUCKER, G. E. et al. The Channel-Hillslope Integrated Landscape Development (CHILD) Model. In: HARMON, R. S. e DOE III, W. W. (Ed.). Landscape Erosion and Evolution Modeling: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2001. p.349-388.

TUCKER, G. E.; SLINGERLAND, R. L. Erosional dynamics, flexural isostasy, and long-lived escarpments: A numerical modeling study. J. Geophys. Res., v. 99, n. B6, p. 12229-12243, 1994.

WILLGOOSE, G.; BRAS, R. L.; RODRIGUEZ-ITURBE, I. Results from a new model of river basin evolution. Earth Surface Processes and Landforms, v. 16, p. 237-254, 1991.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MONITORAMENTO AMBIENTAL COM O USO DE VANT: GERAÇÃO DE ORTOMOSAICO NO SOFTWARE AGISOFT

Anna Carolina Barcelos [(a)], Jean Roger Bombonatto Danelon [(b)]

[(a)] Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia , barceloscarolina@hotmail.com
z

[(b)] Instituto de Geografia/ Universidade Federal de Uberlândia, jean.geoufu@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As particularidades do veículo aéreo não tripulado atualmente contribuem para a utilização do equipamento em diversas áreas do conhecimento científico, se tornando uma excelente ferramenta para aquisição de imagens de alta resolução, dessa forma sendo considerada de alta resolução temporal e de baixo custo. O equipamento oferece hoje inúmeras vantagens como, precisão e reconhecimento de áreas de diferentes extensões, rapidez e segurança em campo, propicia mapeamento mais adequado e o desenvolvimento de pesquisas. Ao longo dos anos observa-se que o uso do sensoriamento remoto em estudos ambientais traz resultados expressivos enquanto promovedor de informações, dessa maneira, o presente estudo teve como objetivo, expor a utilização do equipamento VANT e a qualidade das imagens adquiridas em campo e a aplicação de suas imagens em software de processamento de imagens.

Palavras-Chave: Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT); Processamento de Imagens; Ortomosaico.

1. Introdução

Nos dias de hoje a utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) em estudos ambientais se mostra de grande importância, pois contribui em tempo real na precisão e reconhecimento de áreas de variadas extensões, oferecendo suporte aos pesquisadores, com auxilio de imagens áreas de alta resolução, propiciando o mapeamento das áreas de estudo e o desenvolvimento das pesquisas nesse âmbito (EISENBEISS, 2009; NAVARRO et al., 2015).

No sensoriamento remoto realizado por VANT e/ou DRONES, existem inúmeras vantagens, dentre as quais, não oferece risco de óbito de tripulantes, pelo tamanho reduzido da aeronave se tornando de difícil visualização nos sistemas de vigilância do espaço aéreo. O termo drone é mais usual nos Estados Unidos, e está sendo aplicado para referir a veículos aéreos não

tripulados que incluem normalmente a aplicação mais ativa com robótica e que apresentem maior independência em seu funcionamento. A década de 1970 ficou conhecida como sendo o início da área moderna dos VANTs, especificamente nos Estados Unidos e Israel, com projetos mais acessíveis e pequenos (JENSEN, 2009; LONGHITANO, 2010).

Os veículos aéreos não tripulados são utilizados em diversas aplicações como, no cadastro de propriedades, documentação arqueológica, agricultura de precisão, sistemas de segurança, em pesquisas geomorfológicas de detalhe, no monitoramento de áreas degradadas, dentre outras, dessa forma encontram-se distintas categorias de VANT que podem ser aplicados em estudos ambientais.

Atualmente são utilizados em inúmeras aplicações no mundo todo. São consideradas aeronaves pilotadas por meio do uso de controle remoto, GPS ou rádio frequência. Suas aplicações prolongam-se para o monitoramento ambiental e mapeamento de áreas específicas, de acordo com suas diversas características vantajosas, como exemplo, sua capacidade de mover-se em uma distância relevante com grande segurança em pouco tempo, reduzindo os custos e na obtenção de imagens em dias nublados (LEITE et al., 2012).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo expor a utilização do Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) e aplicação de suas imagens obtidas em campos em software de processamento de imagens (Agisoft PhotoScan), para tanto, serão especificadas as campanhas de campo e os produtos gerados através da metodologia escolhida.

2. Materiais e Métodos

A seguir serão apresentados os materiais e métodos utilizados para a realização dessa pesquisa, utilizou-se o equipamento DJI Phantom 3 Standard para o imageamento da área de interesse e obtenção das imagens, o software Agisoft PhotoScan foi utilizado para o processamento dos dados obtidos nas campanhas de campo.

Seram apresentadas todas as etapas do processamento das imagens capturadas, para posteriormente demonstrar o produto gerado no software Agisoft PhotoScan. As fotografias que apresentaram de alguma forma erros relacionados a posicionamento ou a falta de iluminação natural (com sombras), foram eliminadas a fim de reduzir possíveis erros durante a etapa de processamento de dados.

Área de Interesse

A área adotada para aplicação dos métodos propostos no objetivo deste trabalho está localizada na Fazenda Experimental do Glória, situada na bacia hidrográfica do Córrego do Glória, afluente da margem direita do Rio Uberabinha e subafluente do Rio Araguari, sendo propriedade da Universidade Federal de Uberlândia, perfazendo o município de Uberlândia, situado na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba do Estado de Minas Gerais (Figura 1).

A área em questão originou-se através da exploração inapropriada de cascalho em um trecho de vertente próximo a BR-050 causando grandes impactos ambiente-s para a bacia, como perda da capacidade produtiva do solo, ravinamento e voçorocamentos. Esses fatores contribuíram para o surgimento de um ambiente instável, favorecendo o aparecimento e evolução dos processos erosivos. Estando situada sob Domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, a formação geológica predominante é a Formação Marília, e os solos presentes são ácidos e pouco férteis do tipo Latossolo Vermelho com textura argilo-arenosa (BEZERRA, 2006).

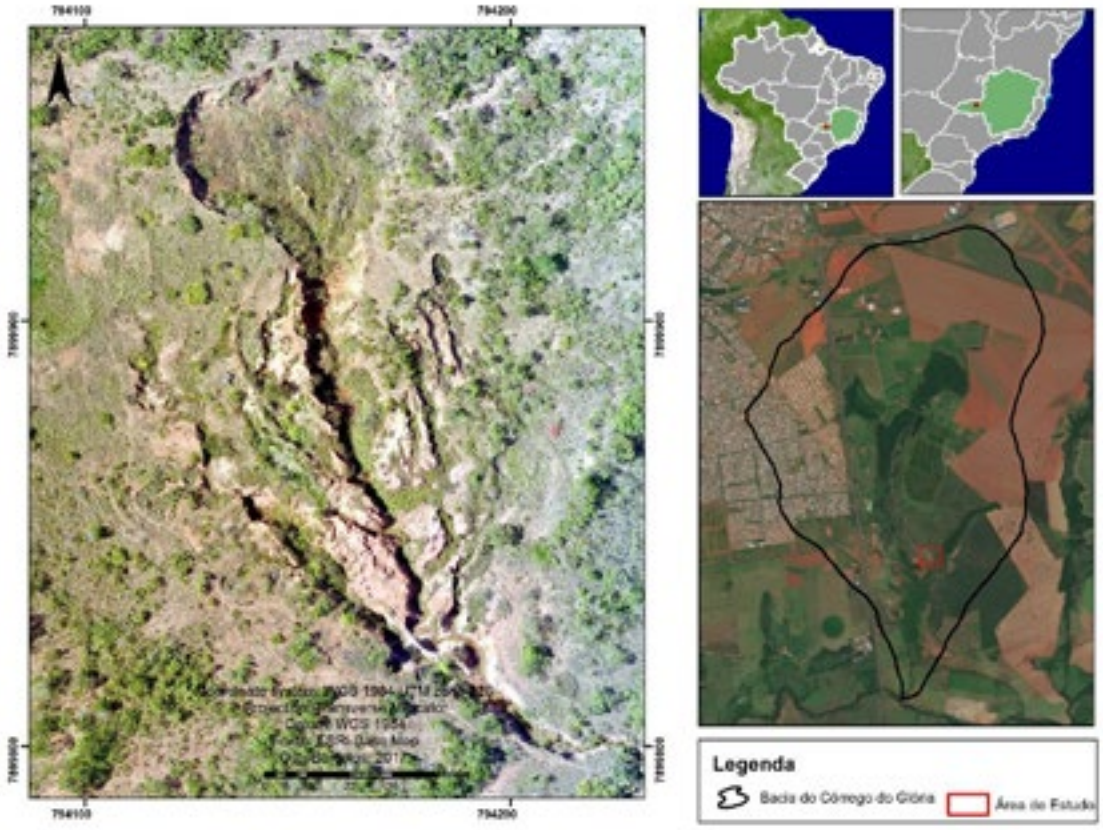


Figura 1 – Mapa de localização da área de interesse

De acordo com Silva (2010), o clima da região é caracterizado por clima tropical, sendo Aw segundo a classificação de Köppen. Apresenta invernos secos e verões chuvosos, com temperatura média anual de 22ºC, variando entre médias de 24ºC nos meses de Outubro a Março (meses mais quentes) e 18ºC nos meses de Junho e Julho (meses mais frios). Em relação à precipitação, a variação se dá entre 1300 mm a 1700 mm/ano. As estações, chuvosa e seca, duram cerca de seis meses cada, sendo que "este processo característico ocorre devido ao deslocamento da área de influência das massas de ar que atuam sobre a região, que são elas: Massa Equatorial Continental, a Tropical Atlântica e a Massa de Ar Polar" (ALVES, 2007).

Estudo prévio da área de interesse

Delimitou-se nesta etapa a área de interesse para ser imageada, definiu-se a altitude média do terreno e verificou-se prováveis problemas para a execução do estudo, podendo ser, obstáculos naturais (árvores, picos), cabos elétricos, construções, entre outros.

Planejamento de voo

O planejamento dos voos foi realizado no programa Pix4Dcapture (disponível para os sistemas IOS e Android), para definição da rota que o VANT deveria seguir em todos os campos para aquisição das fotografias aéreas verticais. As fotografias tiveram como finalidade, a aquisição qualitativa de dados cartográficos, o produto final desejado sendo a ortofoto. A altura média de voo foi determinada em 50 metros, devido ao estudo preliminar do relevo da área a ser imageada. Foram estabelecidos, cinco faixas de voo de (12 fotografias por faixa, em média). As sobreposições planejadas forma de 80 % lateral e 70% longitudinal, de acordo com orientações da Agisoft (2016).

A escolha do recobrimento de 80% e 70% para as fotografias entre as faixas e nas mesmas faixas teve como propósito a preocupação de maior sobreposição, diminuindo a ocorrência de perda de informações nos ortomosaicos, em princípio, quanto maior a sobreposição, mais satisfatório será a qualidade dos produtos gerados. De acordo com o planejamento realizado, foram realizados nove aerolevantamentos.

Aquisição de dados e imagens através do VANT

Para a aquisição das fotografias foi utilizado o VANT DJI Phantom 3 Standard. O equipamento se enquadra na classe 3 definida pela regulamentação da ANAC (2017), considerado um quadricoptero, após sua decolagem automática o *drone* grava o local e pode retornar para pousar automaticamente apenas com o comando de um botão, além disso ele se mantém imóvel pairando no ar quando não recebe comandos do controle remoto.

Processamento das fotografias

O processamento das imagens se deu por meio do software aerofotogramétrico específico (Agisoft PhotoScan Professional Edition, Version 1.2.6, 2016), este procedimento seguiu etapas, a primeira etapa consistiu na seleção e filtragem das imagens para posteriormente no software Agisoft PhotoScan realizar o processamento das mesmas, as etapas desse procedimento seram apresentadas a seguir nos resultados.

3. Resultados e Discussões

A partir dos voos realizados com o VANT DJI Phantom 3 Standard, é possível atestar que o presente estudo atingiu seu objetivo principal, o qual era de expor a qualidade das imagens capturadas em campo para o processamento digital, aplicação de métodos disponíveis no software utilizado e posteriormente a geração do ortomosaico.

Para a realização deste trabalho foram executados nove aerolevantamentos durante o ano de 2017, a quantidade de imagens capturadas em cada aerolevantamento oscilou de acordo com alguns testes realizados antes de definir o software ideal para o processamento das imagens, foram realizados o processamento de todos os aerolevantamentos, menos o do dia 10/08/2017, por questões técnicas de campo. Logo foi escolhido dentre todos os aerolevantamentos apenas um para demonstração, o do dia 16/11/2017.

Para esta pesquisa não foram definidos a utilização de pontos de controle em solo, por dois motivos, o primeiro sendo a falta de conhecimento prévio nos primeiros aerolevantamentos e o segundo relacionado ao software utilizado, que atua de forma automática quando não há pontos de controle nas fotografias. Segundo Galvão (2014), não ocorre alteração significativa na qualidade de caracterização de áreas e perímetros com ou sem a utilização de pontos de controle, indicando, nessas condições, que a inserção de pontos de controle no terreno pode ser descartada, mas a utilização de pontos de controle pode melhorar o erro médio relativo à dimensão do pixel.

Com o equipamento utilizado foi possível obter imagens com baixa altitude, resultando em imagens com altas resoluções e com boa qualidade com nível de detalhamento superior ao que é obtido por satélites ou aeronaves tripuladas.

A nível de comparação, a qualidade das imagens obtidas pelo VANT se destoa da imagem disponibilizada pela malha de satélites da digitalglobe, como pode ser observado na figura 2, as imagens foram capturadas com altitude de 100 m, a resolução das imagens do Google Earth possui 15 metros por pixel, já as imagens do DJI Phantom 3 Standard conta com uma resolução de 3cm por pixel, viabilizando sua utilização para mapeamentos e atualizações cartográficas.

Figura 2 – Comparação entre foto capturada por VANT e Imagem fornecida pela malha de satélites da Digitalglobe via Google Earth. Fonte: Autor, 2017; BING, 2017.

Geração dos Ortomosaicos

Os dados de entrada no programa para a construção do ortomosaico são preparados em etapas sendo, 1ª etapa – Fotografias obtidas no voo, 2ª Etapa – Coordenadas registradas pelo

VANT para cada fotografia, 3ª Etapa – reconhecimento dos ângulos de atitude da aeronave (ângulos de Euler – Kappa, Phi e Ômega). A geração dos ortomosaicos para cada um dos 9 voos ocorreu de forma automática, utilizando o software Agisoft PhotoScan.

A metodologia do programa Agisoft PhotoScan para a mosaicagem automática das fotografias obtidas em voo quando não são utilizados pontos de controle de solo, o software opera em cinco etapas (AGISOFT, 2013):

1ª etapa – Verificação das coordenadas e dos ângulos de atitude respectivos a cada imagem para o alinhamento das mesmas;

2ª Etapa – Verificação e estabelecimento de Pontos de Controle (PC) nas áreas de sobreposição das imagens, gerando uma nuvem de pontos;

3ª Etapa – Otimização da nuvem de pontos (sendo opcional para o pesquisador, auxilia na aquisição de bons resultados);

4ª Etapa – Junção das imagens, através do comando Building Mesh (construção da malha);

5ª Etapa – Utilização do comando Blending (Misturando/ aplicação da textura), unindo uma imagem à outra sobre a malha obtida.

Processamento de dados

A finalidade do processamento de fotografias aéreas com o software Agisoft PhotoScan é de construir um modelo 3D da área de interesse do pesquisador, exportando por exemplo o Modelo Digital de Elevação (MDE) e a ortofoto para outras aplicações. A realização do processamento das imagens adquiridas em campo e a construção do modelo 3D da área desenvolveram-se em quatro etapas, apresentadas a seguir.

Alinhamento das fotografias

As imagens são inseridas no software PhotoScan, onde o mesmo realiza a leitura das informações armazenadas nas fotografias, sendo por exemplo, a dimensão do pixel, a distância focal, a dimensão do pixel para a orientação automática e os centros de projeção resultantes do posicionamento do GPS embutido no VANT.

Construção e Classificação da nuvem de pontos

Após o procedimento de alinhamento das imagens, formou-se uma nuvem de pontos esparsos, os quais auxiliaram na construção do modelo 3D. A classificação de nuvens de pontos foi realizado em alta qualidade para geração do Ortomosaico. Depois de alguns procedimentos, é selecionado novamente as coordenas para a geração do Modelo Digital de superfície no caso dessa pesquisa utilizou-se o sistema de coordenadas WGS 84 / UTM zone 22S. O último passo desta etapa é gerar os contornos, e em seguida gerar o ortomosaico em cima da malha, para que o mesmo seja processado com excelente definição. Nesse último passo pode ser feito correções se necessário.

Construção da malha poligonal 3D

Logo após a construção da nuvem de pontos, procedeu-se com a reconstrução da malha poligonal 3D, a partir de todas as imagens, dando origem à nuvem de pontos densa. O software aplica para superfícies planas e relevos o algoritmo "mapa de alturas/terreno" (AGISOFT, 2016), o mesmo foi utilizado para a densificação. O software em questão utiliza uma técnica própria, baseando-se na abordagem *multi vision stereo* (GONÇALVES et al., 2015; FURUKAWA & PONCE, 2010).

Em seguida, foi gerado uma grade triangular irregular (TIN – *Triangulated Irregular Network*), método de estruturação dos dados que possibilita a criação de uma superfície a partir dos pontos espaçados irregularmente. Os triângulos que integra a TIN ajustaram-se a densidade de pontos detectados no processamento para aquisição dos pontos homólogos. De acordo com a irregularidade do relevo, quanto maior ela se apresentar, maior será a densidade de pontos e,

portanto, maior será a densidade de triângulos de grade irregular. Dessa maneira, gerou-se o modelo digital de superfície (MDS).

Construção do Ortomosaico

O Modelo Digital de Superfície é utilizado para a geração da ortofoto verdadeira (Figura 3), sendo uma segunda opção para gerar o ortomosaico com qualidade, a primeira é utilizando a malha como mencionado anteriormente. O software Agisoft PhotoScan executa este procedimento de forma totalmente automática, além disso, as imagens que apresentarem linhas de corte devido a transição suave entre elas, são também selecionadas de forma automática pelo programa.

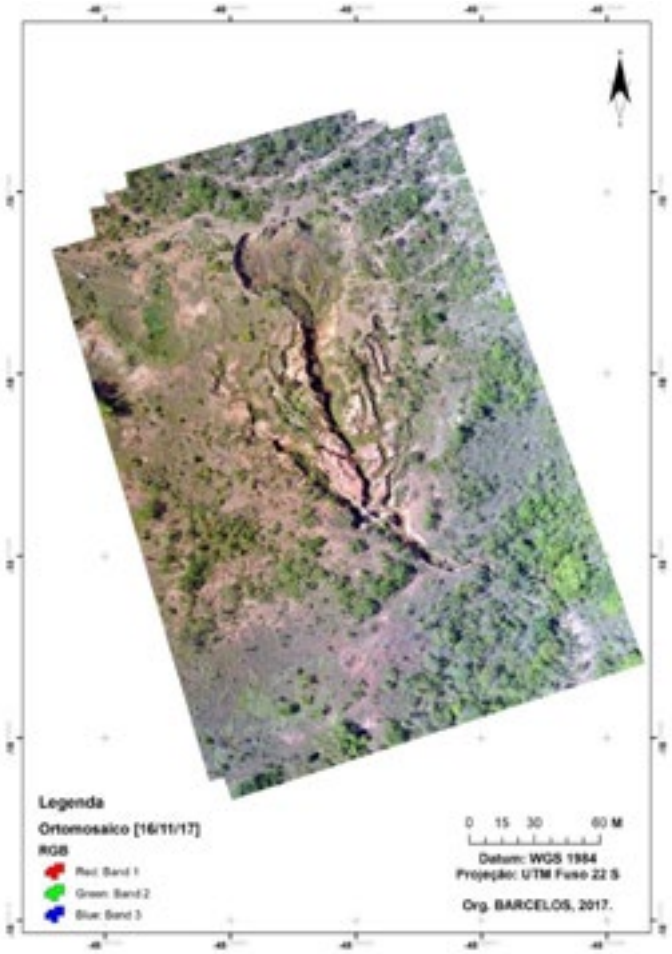


Figura 3 – Ortomosaico gerado pelo Agisoft.

4. Considerações Finais

Diante disso, a utilização do VANT DJI Phantom 3 Standard para esta pesquisa foi de grande valia, devido ao baixo custo do equipamento frente as aeronaves tripuladas convencionais, maior flexibilidade, podendo executar manobras ou locomovendo-se em locais de difícil acesso, facilidade em capturar as imagens em menos tempo e com bons aplicativos disponiveis, como exemplo o aplicativo Pix4D Capture, sendo um ótimo aplicativo para planejamento de voo e ao mesmo tempo disponível de forma gratuita. Por outro lado, algumas dificuldades foram encontradas, sendo a escolha pelo software ideal para o processamento das imagens, a maioria dos softwares disponíveis atualmente no mercado se encontram com um alto valor, dificultando o acesso por parte de estudantes, como é o caso desta pesquisa, sendo assim, utilizamos o teste gratuito do software Agisoft, disponibilizado através do site da empresa.

Com relação à resolução espacial e temporal, os VANTs determinam novos padrões, o que antes era de difícil acesso, hoje esses equipamentos facilitam a aquisição de imagens de alta qualidade e resolução em um tempo muito reduzido se comparado com as imagens de satélite, não sendo necessário em estudos de pequenas áreas esperarem as imagens de satélites serem disponibilizadas, produzindo resultados com qualidade de resolução espacial nunca obtidas pelos métodos tradicionais.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Bolsista do CNPq/ Brasil (CNPq2017HUM004), agradecemos também a FAPEMIG pelo apoio concedido através do projeto APQ-00783-18 e a bolsa de pós-graduação em Geografia da discente Anna Carolina Barcelos.

6. Referências Bibliográficas

ALVES, R. A. Monitoramento dos Processos Erosivos e da Dinâmica Hidrológica e de Sedimento de uma Voçoroca: estudo de caso na Fazenda do Glória na zona rural de Uberlândia- MG. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia,Uberlândia,2007.

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL, ANAC. Drones. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor>. Acesso em: 20 Set. 2017.

AGISOFT. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition, Version 1.0.0**. 2013. Disponível em: <http://downloads.agisoft.ru/pdf/photoscan-pro_1_0_0_en.pdf> Acesso em: 25 Set. 2017.

AGISOFT. **Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition**, Version 1.2.6. 2016. 14 p.

BEZERRA, J. F. R. **Avaliação de geotexteis no controle da erosão superficial a partir de uma estação experimental, Fazenda do Glória – MG.** 2006. 118 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

EISENBEISS, H. **VANT Photogrammetry**. Zurich, University of Technology Dresden. Doctor of Sciences, 2009. 237 p.

FURUKAWA, Y.; PONCE, J. Accurate, dense and robust multi view stereopsis. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,** Vol. 32, No. 8, 2010. 1362-1376 p.

GALVÃO, G. M. **Acurácia da mosaicagem gerada por veículo aéreo não tripulado utilizado na agricultura de precisão**. 2014. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, 2014.

GONÇALVES, J. A.; MANTA, V.; CARVALHO, M. Geração automática de orto-mosaicos de fotos aéreas de arquivo do concelho de Coimbra. **Atlas das I Jornadas Lusófonas de Ciências e Tecnlogias de Informação Geográfica.** Coimbra, 2015. 748-765 p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente:** Uma perspectiva sobre recursos terrestres. São José dos Campos, SP. Ed. Parêntese, 2009.

LEITE, M. E; ALMEIDA, M. I. S; VELOSO, G. A; FERREIRA, M. F. F. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento da dinâmica do uso do solo na Bacia do Rio Pacuí, no norte de Minas Gerais, nos anos de 1989,1999 e 2009. **Revista do departamento de geografia – USP**. São Paulo, v. 23, 2012. Disponível em: < http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47211/50947 >. Data de acesso: 02 Set. 2017.

LONGHITANO, G. A. **Vants para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas.** 2010. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes – Geoprocessamento) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010.

NAVARRO, J. D; GARCIA, A; RIBEIRO, G. L; SZESZ, A. J; VAZ, M. S. M. G. Índices de vegetação para imagens capturadas por veículos aéreos não tripulados. In: XSBIAGRO, 10., 2015. Universidade Estadual de Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa, 2015. Disponível em: <http://eventos.uepg.br/sbiagro/2015/anais/SBIAgro2015/pdf_resumos/6/6_jorge_davi_navarro_235.pdf>. Data de acesso: 02 Set. 2017.

SILVA, A. H. da. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia – MG.** 2010. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Gestão do Território) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MUDANÇA NO USO E COBERTURA DA TERRA COM IMAGENS PLANETSCOPE DE 2016 E 2018 NA BACIA HIDROGRÁFICA DO IGARAPÉ DO GIGANTE - MANAUS/AM

Cristiane Nunes Fernandes [(a)], Flavio Wachholz [(b)]

[(a)] Universidade do Estado do Amazonas – UEA/ Escola Normal Superior – ENS Programa de Apoio à Iniciação Científica do Amazonas – PAIC, bolsista FAPEAM, graduanda de Licenciatura em Geografia e Técnica em Construção Civil, Avenida Djalma Batista, 2470 - Chapada, Manaus - AM, Brasil, cnf.geo17@uea.edu.br
[(b)] Universidade do Estado do Amazonas – UEA/ Escola Normal Superior – ENS, Professor Adjunto, Avenida Djalma Batista, 2470 - Chapada, Manaus - AM, Brasil, fwachholz@uea.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A zona oeste de Manaus/AM encontra-se em processo de expansão com a construção de condomínios e loteamentos nos bairros Planalto e Ponta Negra. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi de analisar o atual uso da terra e as mudanças no período de 2016 à 2018 da bacia hidrográfica do igarapé do Gigante. Duas imagens Planet foram utilizadas, sendo a de 18 set. 2018 para o mapa de uso da terra atual com a tipificação: floresta, solo exposto, água, área construída; e a de 17 set. 2016 para verificar as mudanças. Percebeu-se que, apesar de extensas áreas ocupadas no médio e alto curso, a bacia hidrográfica apresenta áreas preservadas com vegetação em 57% da área. O bairro Ponta Negra apresenta menor quantidade de áreas construídas, porém tem maiores mudanças no período, com a instalação de empreendimentos imobiliários de alto padrão.

Palavras chave: Uso do solo, NDVI, rio Tarumã-Açu, PlanetScope.

1. Introdução

O crescimento urbano acelerado na cidade de Manaus/AM nas últimas décadas tem proporcionado impactos ambientais diversos em igarapés afluentes do rio Negro. A bacia hidrográfica do rio Tarumã-Açu apresenta dois igarapés bastante modificados, da Bolívia e do Gigante, onde a pressão decorre da falta de tratamento de esgoto, ocupação das margens e disposição inadequada de resíduos sólidos. Desse modo, a bacia hidrográfica que se pretende

abordar como objeto de estudo é a Bacia Hidrográfica do Igarapé do Gigante, que se destaca por um aumento no uso do solo.

Especificamente para proteger uma parcela da bacia hidrográfica do igarapé Gigante, foi criado o Decreto nº 1.500 de 27/03/2012 sobre a APA Parque Linear do Gigante, que abrange parte da bacia do igarapé do Gigante em uma área de 155,18ha, no bairro Tarumã, zona Oeste de Manaus (SEMMAS, 2018). Apesar de apresentar trechos preservados, o igarapé encontra-se ameaçado pelo crescimento da cidade.

Nesse contexto, o mapeamento do uso da terra possui elevada importância para o plano de manejo do território, pois ocupa um lugar de destaque na determinação da capacidade de uso da terra, onde retrata a forma como a área está sendo usada. A difusão do Geoprocessamento, do Sensoriamento Remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica, abriu novas possibilidades de aplicação aos estudos geográficos e o uso dessas técnicas, tem permitido a análise de fenômenos cada vez mais complexos, antes inalcançáveis pela análise cartográfica tradicional. A utilização de imagens Planet sob licença pesquisa/educacional é de alcance por pesquisadores como ferramenta diferencial no processo de aquisição das imagens necessárias para desenvolver estudos em universidades. As imagens PLANET são adquiridas diariamente e tem resolução espacial de 3 metros (Planet Team, 2017). Nessa característica, as imagens Planet permitem o monitoramento de áreas urbanas.

O uso e ocupação do solo influenciam nas características de geração de escoamento de uma bacia hidrográfica, bem como o potencial de infiltração, interceptação e evapotranspiração que podem ser utilizados em estudos de disponibilidade hídrica, potencial energético e manejo de drenagem urbana, uma vez que grande parte dos processos de transformação de escoamento depende do tipo de cobertura existente (FINKLER, 2012).

Para detectar as mudanças de uso da terra do Igarapé do Gigante ocorridas no período de 2016 a 2018 é necessário o uso do sensoriamento remoto, principalmente em áreas extensas e urbanas como a região metropolitana de Manaus. A elaboração de mapas de uso da

terra, conforme proposto, poderá fornecer subsídios para o monitoramento de ocupação desordenada do espaço urbano.

2. Materiais e métodos

A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do Igarapé do Gigante que é afluente do rio Tarumã-Açu (Bacia rio Negro) e está totalmente inserida no município de Manaus/AM (Figura 1). As coordenadas geográficas limites da bacia hidrográfica são: 3º02'19,788" a 3º05'15,360" de latitude S e 60º02'17,269" a 60º06'48,276" de longitude W. O limite da bacia hidrográfica foi definido manualmente pela interpretação das curvas de nível de 5m e a rede de drenagem foi obtida com a digitalização vetorial no Google Earth Pro.

As mudanças da cobertura e uso da terra na bacia hidrográfica do Igarapé do Gigante foram acessadas por meio de imagens PlanetScope, com data do imageamento de 17-09-2016 e 18-09-2018 e processamento no software QGIS 3.2. O *Semiautomatic Classification Plugin* (SCP) foi desenvolvido por Luca Congedo em 2013, é um complemento para classificação supervisionada de imagens, e é considerado completo, por permitir desde o download de imagens capturadas por diversos sensores/satélite, até a avaliação estatística dos mapas produzidos (Congedo, 2016 apud Pereira, 2019) envolvendo a seleção de agrupamentos de cobertura do solo a ser mapeada em combinação com o delineamento de pixels de treinamento para cada classe.

A classificação supervisionada por distância mínima foi realizada para imagem de 18-09-2018, gerando como produto final um mapa no qual as classes de uso (vegetação, corpos d'água, sombra, área construída, arruamento e solo exposto) são mostradas em diferentes cores, indicando de maneira sumária a capacidade de uso da terra localizado nesta bacia hidrográfica, podendo conter informações sobre a natureza da limitação da classe. Para validar a classificação, foi utilizado o coeficiente Kappa que apresentou o resultado de 0,99 (quase perfeita) para o mapeamento. A estimativa deste parâmetro fundamenta os critérios da análise, sendo a medida de concordância entre o mapa e a referência adotada para a estimativa

da exatidão, expressando o grau de interpretação dos dados obtidos nos produtos de sensoriamento remoto. O coeficiente Kappa quantifica a concordância entre a escolha de amostras realizada pelo observador e a escolha feita de forma aleatória, incluindo neste cálculo um fator que subtrai a interferência do acaso.

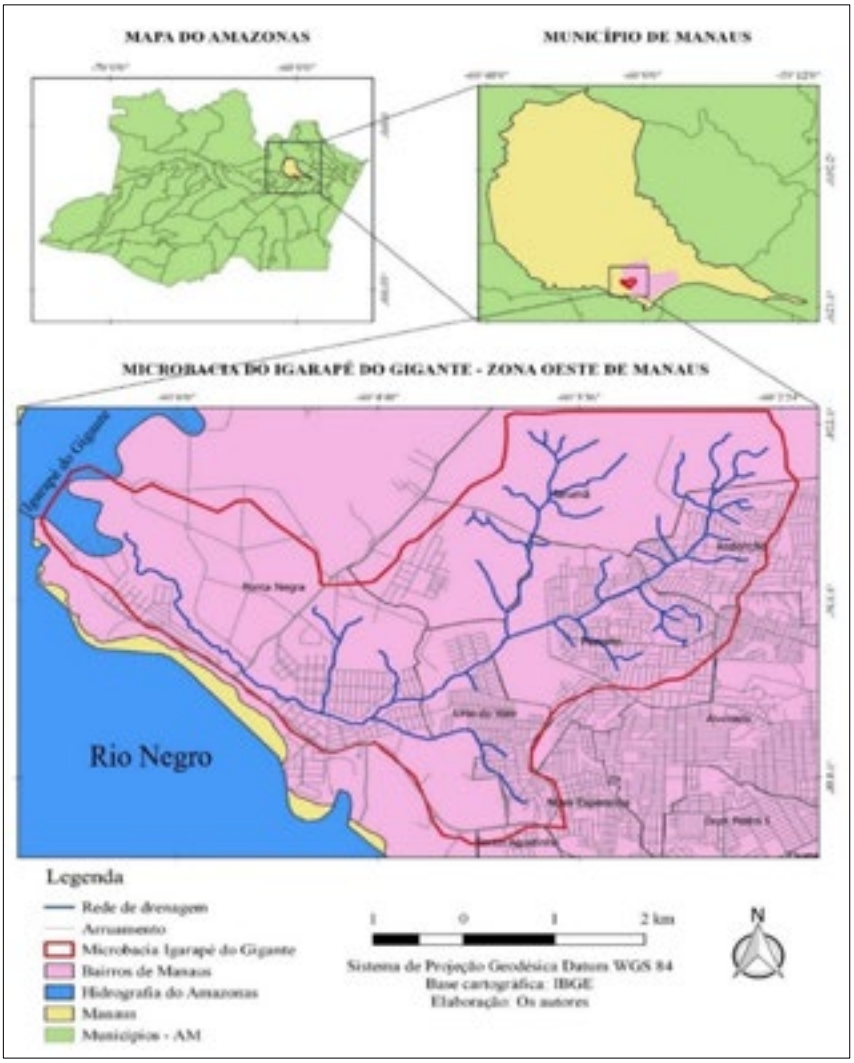


Figura 1. Mapa de localização da bacia hidrográfica do Igarapé do Gigante em Manaus

O índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), método automático baseado no comportamento espectro-temporal, foi realizado nas duas imagens de satélite, com a finalidade de detectar as mudanças de uso da terra pela subtração de bandas normalizadas

como metodologia de análise da cobertura da terra. O NDVI obtido pela subtração das imagens set/2016 e set/2018 foram individualizados em uma classe, para identificar os fragmentos suprimidos.

3. Resultados e discussões

3.1 Uso da terra em 2018

O levantamento sobre a cobertura e o uso da terra é uma importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão. A falta de planejamento municipal em áreas urbanizadas de baixa à elevada densidade de ocupação levou à desorganização espacial de forma que se desenvolveu sem nenhum acompanhamento como observado nos Bairros Lírio do Vale e Redenção, localizados principalmente na margem esquerda do igarapé do Gigante (Figura 2).

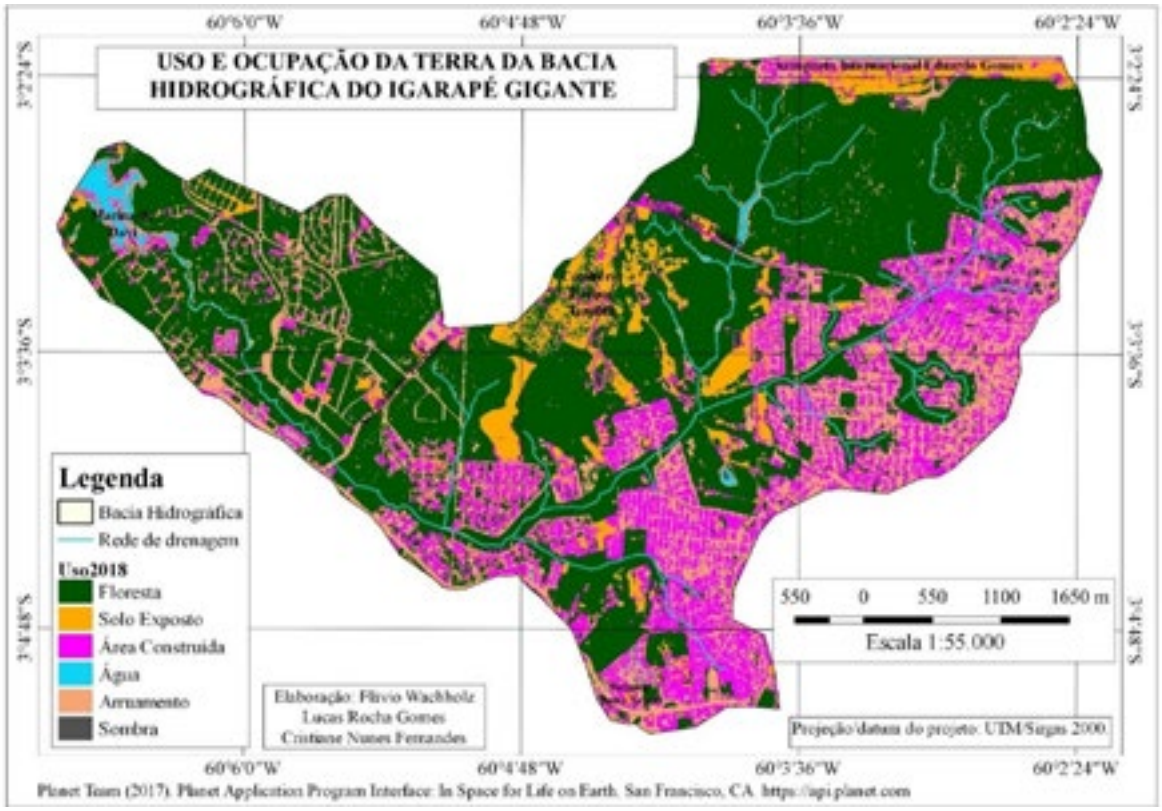


Figura 2. Mapa de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Igarapé do Gigante em Manaus

A classe Floresta apresenta-se significativamente na margem direita do igarapé. Observou-se 2.672 fragmentos de vegetação, no total de 1295,87ha de área, apresentando predominância entre as classes com 57,01%, o que é importante para manutenção da rede de drenagem e recursos hídricos. Destaca-se o fragmento florestal de 394,98ha nas nascentes dos igarapés localizados nos bairros Redenção e Tarumã, compreendido pela área do aeroporto internacional Eduardo Gomes.

As áreas de solo exposto compreendem 171,33ha (7,54%) (Tabela 1), com ocorrências de afloramentos rochosos e por processos de morfogênese mecânica ou de transformação antrópica. Nesta classe observou-se uma degradação generalizada da cobertura vegetal, onde determinados fragmentos deste estudo já constavam na área sem cobertura vegetal como no bairro Tarumã na localidade próxima ao Cemitério Parque Tarumã e outros que foram desmatados para destinação principalmente de loteamentos e construção de residências.

Tabela 1 – Classes do Uso da Terra em 2018

Classe	**Área**		**Fragmentos**
	Ha	**%**	**unidades**
Vegetação	1295,87	57,01	2.672
Solo Exposto	171,33	7,54	3.068
Área Construída	408,54	17,97	5.109
Corpos d'água	21,80	0,96	1.563
Arruamento	370,38	16,29	5.471
Sombra	5,22	0,23	558
Total	**2273,14**	**100,00**	**18.441**

As áreas construídas representam 408,54ha, com 5.109 fragmentos, no total de 17,97% da área do estudo, predominantemente na margem esquerda do Igarapé do Gigante. Destas, tem áreas com moradias construídas de forma desordenadas e densamente ocupadas como os bairros Redenção e Lírio do Vale com impactos significativos sobre os igarapés, já

as construções mais espaçadas e de maior área encontram-se nos Bairros Planalto e Ponta Negra. Esses bairros sofrem uma forte pressão imobiliária, com a expansão dos espaços construídos, o que culminou com a redução da cobertura vegetal e a ampliação das áreas impermeabilizadas.

A massa d'água apresentou apenas 21,80ha ou 0,96% desde as nascentes próximas ao aeroporto até a sua foz no porto da Marina do Davi. A massa d'água na Marina do Davi é a principal, que apresenta redução no mapeamento em função da presença de flutuantes e embarcações diversas. No baixo curso, a vegetação é preservada nas margens, onde as copas das arvores e suas sombras sobrepõem em parte o corpo hídrico. No médio e alto curso, a largura é inferior de 10m, sendo o igarapé canalizado e que foram construídas valas com solo e/ou cimento ensacadas conhecidas também como "Rip-Rap" para proteger o talude, permitindo ocupações. Nestes locais, o esgoto produzido é despejado diretamente no canal.

As áreas de arruamento representam 370,38ha ou 16,29% constituída por ruas asfaltadas. A impermeabilização de ruas e avenidas somadas à área construída pelas residências não permite que águas pluviais infiltrem no solo, levando a alagamentos.

As áreas de sombra representaram 5,22ha ou 0,23% são superfícies próximas a prédios localizados no Bairro Ponta Negra e também na interface água/vegetação.

3.2 Mudanças de uso da terra 2016 a 2018

O mapa de mudança do uso e ocupação da terra entre os anos de 2016 e 2018 (Figura 3) demostra as áreas que principalmente apresentaram suprimento de vegetação, bem como o acréscimo na exposição do solo e na área construída depois de 2016, no qual resultou em 210.333m² ou 21,03ha de área em 795 polígonos.

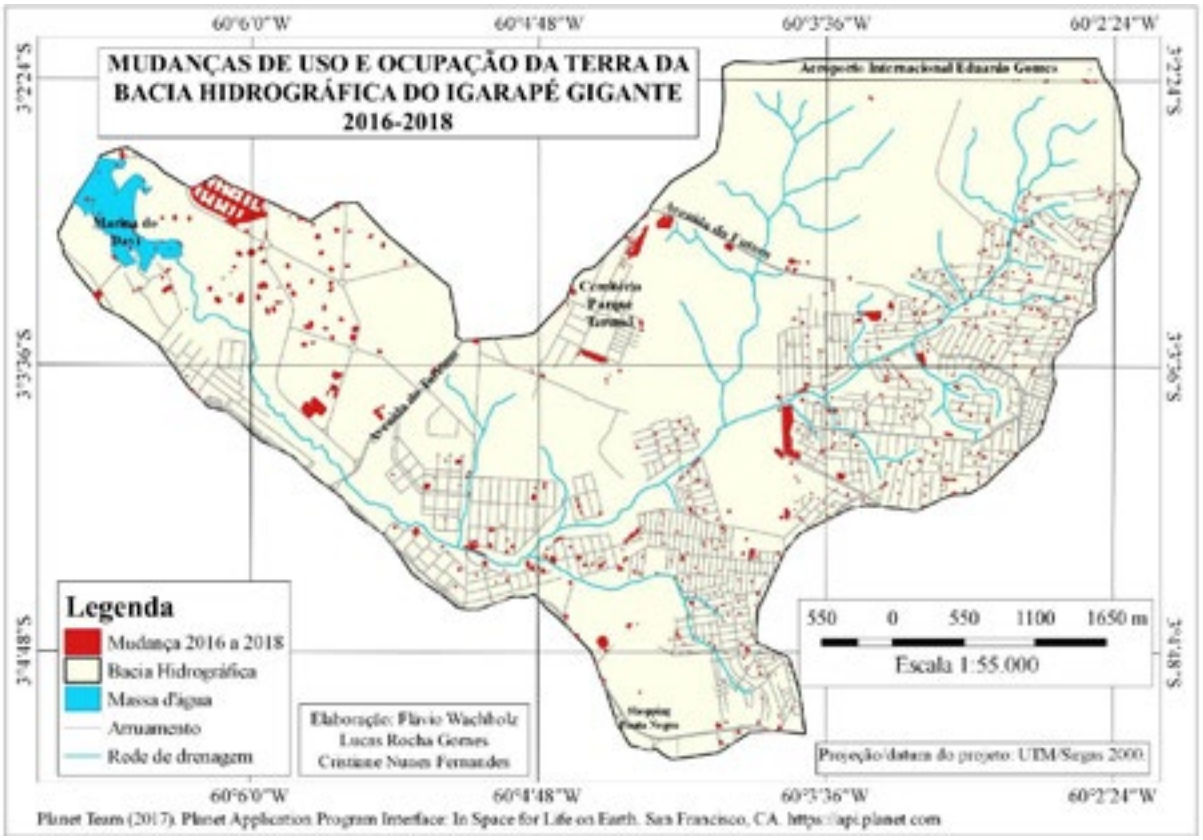


Figura 3. Mapa de mudanças do uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Igarapé do Gigante

Nessa análise verificou-se que ocorreram 29 unidades de fragmentos de desmatamento com área entre 1000 à 30000m² relacionados a grandes empreendimentos; já a maior quantidade de fragmentos (255) tem entre 8 e 20m² espalhados pela bacia, indicando árvores suprimidas e ampliação de construções existentes (Tabela 2).

Tabela 2 – Fragmentos de mudança 2016/2018 conforme a dimensão

Fragmentos	
Área (m²)	**Unidades**
8 – 20	255
20 – 50	151
50 – 200	252
200 – 1000	108
1000 – 30000	29

Constatou-se que supressão vegetal no baixo curso do igarapé Gigante ocorreu em função da infraestrutura do loteamento com implantação de canteiro de obras, sistema viário e área de lazer. A maior área com alterações no solo exposto foi localizada na Avenida Perimetral Thales Loureiro (3°03'0,954"S e 60°06'4,392"W), próximo a Marina do Davi, com fragmentos somando 4,222 ha de solo exposto, correspondente ao empreendimento imobiliário AlphaVille III de alto padrão (Figura 4a) e que ainda encontra-se em intensa exposição do solo e entorno de baixa densidade demográfica.

Figura 4. a) Empreendimento imobiliário AlphaVille III. b) Área residencial no bairro Planalto. c) Cemitério Parque Tarumã. d) Área residencial construída sob curso d'água no bairro Redenção.

O segundo maior fragmento encontrado no resultado do estudo, com área de 2,24ha de desmatamento, se localiza no fim da Avenida Desembargador João Machado

(3°03'56,880"S e 60°03'47,520"W), bairro do Planalto (Figura 4b), considerado área nobre com residências de alto padrão, sendo diferente de outras áreas a montante que ainda apresentam problemas de natureza espacial.

Nas proximidades do Cemitério Parque Tarumã, foram encontrados dois grandes fragmentos: 0,53ha (3°03'3,780"S e 60°04'23,520"W) e 0,69ha (3°03'32,148"S e 60°04'34,572"W) (Figura 4c). O cemitério está em expansão, pois é o único em atividade para novos sepultamentos, já que os demais de um total de 10 cemitérios públicos existentes em Manaus estão ocupados em sua totalidade e atendem somente sepultamentos em jazigos familiares (SEMULSP, 2019).

A intensa ocupação da margem esquerda do Gigante nos bairros Lírio do Vale, Nova Esperança, Planalto e Redenção, pode-se notar pequenos fragmentos de solo exposto, do total de 255 unidades de fragmentos ocorridos em toda área de estudo, considerando que o desordenamento das moradias é reflexo também no acréscimo de área construída neste estudo de análise com imagens de anos distintos. De acordo com Oliveira (2007), as ocupações são estratégias que os segmentos populares encontram para ter acesso à moradia a partir da organização de ocupações irregulares em lotes urbanos vazios, haja vista que essa configuração iniciou com o crescimento espacial e populacional significativos, devido à instalação da Zona Franca de Manaus a partir de 1960.

Conforme Andrade (2018), na cidade de Manaus a maior parte das formas de ocupação estão localizadas em regiões de fundo de vale e próximas às margens de rios, constituindo aglomerados de pessoas que moram em condições impróprias para habitação, reúnem populações excluídas, carentes de infraestrutura de serviços de saúde, segurança, transporte, educação e planejamento urbano. No bairro Redenção, Rua Goiânia (3°03'27,335"S e 60°03'11,142"W) (Figura 4d), pode-se observar a intensa ocupação de modo irregular e clandestino das bordas de cursos d'água e mata ciliar, sem medidas de mitigação da degradação ocorrida nas áreas de preservação permanente.

4. Considerações finais

As informações apresentadas descrevem não só a situação atual, mas as mudanças recentes e o histórico de ocupação da área de estudo no caso, a bacia hidrográfica. Os loteamentos urbanos vêm modificando a paisagem do local. A definição dos usos e ocupação do solo é um mecanismo de importância para drenagem de águas, pois o acompanhamento das mudanças na cobertura vegetal é de fundamental importância para garantir o desenvolvimento sustentável, a preservação do meio-ambiente e poder auxiliar no planejamento ambiental no âmbito da bacia.

Na possibilidade deste trabalho em fazer uma integração de dados usando imagens de satélite PlanetScope com as informações capazes de gerar representações cartográficas passíveis de interpretação. Pôde-se observar que a cobertura vegetal corresponde ainda a 57,01% da área, mas em processo de antropização na bacia hidrográfica, com 795 fragmentos de mudanças ocorridos entre 2016 e 2018.

A retirada da cobertura vegetal poderá gerar impacto direto na desestruturação e desagregação do solo, resultando em impermeabilização e erosão. Portanto, há a necessidade de se fiscalizar e envolver ações direcionadas à recuperação, conservação e preservação do solo, bem como a atuação integrada entre os órgãos públicos e a sociedade.

Agradecimentos

À Fapeam pela bolsa de iniciação científica (PAIC) a primeira autora. À UEA, FAPEAM e CNPq pelo auxílio financeiro a pesquisa.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, J. M. B. **Estudo sobre doenças e desigualdades sociais em aglomerados subnormais do bairro da Redenção–Manaus (AM).** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018.

MANAUS. **Decreto n° 1.500, de 27 de março de 2012**. Disponível em: https://leismunicipais.com.br/a/am/m/manaus/decreto/2012/150/1500/decreto-n-1500-2012-

cria-a-area-de-protecao-ambiental-parque-linear-do-igarape-do-gigante-e-da-outras-providencias?q=area+de+preservação+permanente. Acesso em: 10 fev. 2019.

FINKLER, R. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. A Bacia Hidrográfica. Agência Nacional de Águas – ANA: Flávia Carneiro da Cunha Oliveira. 2012. Disponível em: https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/handle/ana/201. Acesso em: 15 jan. 2019.

GOMES, A.; SILVA, M.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. Efeitos da contribuição antrópica sobre as águas do Rio Negro, na cidade de Manaus, estado do Amazonas. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 9, n. 28, pp. 26-32. 2008.

NASCIMENTO, W. H. S. **Impactos ambientais provocados pela implantação de loteamentos urbanos na área de proteção ambiental Tarumã/Ponta Negra no município Manaus-AM**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

OLIVEIRA, J. A.; COSTA, D. P. A análise da moradia em Manaus (AM) como estratégia de compreender a cidade. **Scripta Nova:** revista electrónica de geografía y ciencias sociales, v. 11, 2007.

PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F.. Mapeando usos/coberturas da terra com Semi-automatic Classification Plugin: quais dados, classificador e estratégia amostral?. **Nativa, Sinop**, v. 7, n. 1, pp. 68-74, 2019.

PONZONI, Flávio Jorge; ALMEIDA, Eugênio Sper de. A estimativa do parâmetro kappa (k) da análise multivariada discreta no contexto de um sig. In: **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto.** Salvador, Brasil, 14-19 abril 1996, INPE, p. 729-733.

Planet Team. **Planet Applicaton Program Irteface**: In Space for Life on Earth. San Francisco, CA. Disponível em: https://api.planet.com. Acesso em: 10 fev. 2017.

SEMMAS - Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Áreas Protegidas**. Disponível em: semmas.manaus.am.gov.br/areas-protegidas/. Acesso em: 16 set. 2018.

SEMULSP - Secretaria Municipal de Limpeza Urbana. **Cemitérios Públicos de Manaus.** Disponível em: semulsp.manaus.am.gov.br/cemiterios/. Acesso em: 5 fev. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MUDANÇAS AMBIENTAIS NA ANTÁRTICA: RESPOSTAS HIDROGEOMORFOLÓGICAS E NA VEGETAÇÃO DA PENÍNSULA FILDES

Carina Petsch [(a)], Rafaela Mattos Costa [(a)], Kátia Kellem da Rosa [(a)], Manoela Araujo Gonçalves de Oliveira [(a)], Jefferson Cardia Simões [(a)]

(a) Centro Polar e Climático (CPC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Email: carinapetsch@gmail.com; raffaellamattos@hotmail.com; katiakellem@gmail.com; manuella.araujo@hotmail.com; jefferson.simoes@ufrgs.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo dessa pesquisa é apontar mudanças ambientais hidrogeomorfológicas e na vegetação da Península Fildes,além de variações na área da geleira Collins, no período de 1986-2016. As imagens de satélite utilizadas são de 01/03/1986 (Landsat 5) e 19/03/2016 (Landsat 8). A vegetação foi mapeada utilizando a técnica de NDVI, e a geleira, lagos e alagados foram delimitados a partir de vetorização manual. Os perfis de vale foram traçados baseados em um MDE obtido a partir de imagens TANDEM. Os resultados demonstram que a vegetação aumentou de 1,50 para 2,73 km² e o número de lagos aumentou de 19 para 32 e de alagados de 11 para 18, no período 1986-2016.A presença da água líquida proveniente de precipitação ou degelo da geleira Collins provoca maior transporte de sedimentos, que acabam sendo depositados nos vales diminuindo seu entalhamento e formando alagados/lagos que são propícios para o desenvolvimento da vegetação.

Palavras chave: mudanças ambientais, hidrogeomorfologia, Antártica, áreas livres de gelo.

1. Introdução

A Península Antártica (PA) é uma das áreas que apresentou maior aquecimento da temperatura superficial do ar na Terra, na ordem de 3,0 °C entre 1961 e 2000 (STEIG et

al.2009), sendo assim considerada uma região de mudanças drásticas nos sistemas climáticos e glaciais (BRAUN e HOCK, 2004). Da mesma forma, a região da Antártica Marítima tem sofrido alterações em seus ecossistemas terrestres em função das recentes mudanças climáticas (BRAUN e GOßMANN, 2002). Vários estudos evidenciam a retração de geleiras, especificamente na ilha Rei George, relacionada ao aumento da temperatura do ar na região da PA (SIMÕES et al. 1999; BRAUN e GOSSMANN, 2002; ROSA et al. 2009; RÜCKAMP et al. 2011) entre 1948 e a primeira década do século XXI.

O sistema hidrogeomorfológico é extremamente sensível às mudanças de temperatura do ar, ocorrendo mudanças em lagos proglaciais, principalmente devido à retração de geleiras, além de produzir um aumento direto na temperatura da água, gerando aquecimento das rochas e solos da bacia glacial, e por consequência aumentando o derretimento (QUESADA et al. 2006). Como resultado, esse processo pode ocasionar o aumento em área e em quantidade de lagos glaciais (WANG et al. 2011).O aumento de água líquida nas áreas livres de gelo também pode ocasionar maior deposição de sedimentos e erosão nas feições de relevo proglaciais e nos paleovales em U (PETSCH, 2018).

A distribuição da vegetação nas áreas livres de gelo também se caracteriza como uma ferramenta para compreender as mudanças climáticas (POELKING et al. 2011). Amesbury et al. (2017), nesse sentido,ressaltam que ocorre um padrão generalizado de resposta biológica ao aumento de temperatura na PA e com a retração de geleiras nessa área haverá uma transformação da paisagem, além de colonização por plantas macroscópicas, em áreas recentemente expostas (AMESBURY et al. 2017).

Dessa forma, o monitoramento das mudanças ambientais nas áreas livres de gelo é fundamental diante do aumento da temperatura média do ar para a área. Assim, o objetivo dessa pesquisa é apresentar dados de mudanças ambientais quanto a vegetação e hidrogeomorfologia da Península Fildes e mudanças naárea da geleira Collins.

2. Caracterização da área de estudo

A península Fildes (Figura 1), localiza-se na parte sul da ilha Rei George (62°08' e 6°14'S; 59°02' e 58°51'O), é limitada a nordeste por um pequeno domo de gelo, a geleira Collins (Figura 1), com uma área de 12,6 km² e término atual em terra (SIMÕES et al. 2015).

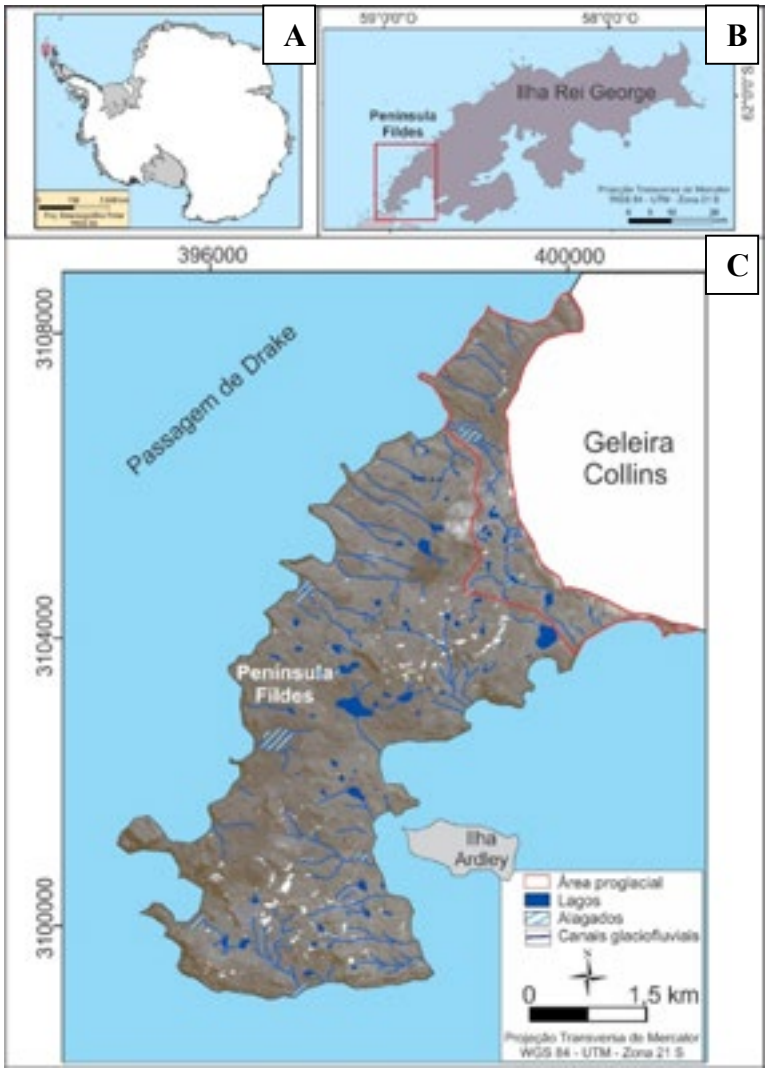


Figura 1: (A) Localização da Antártica com polígono vermelho destacando a ilha Rei George; (B) Ilha Rei George com polígono vermelho em destaque para a península Fildes; (C) Península Fildes e geleira Collins. Fonte: Antarctica Digital Database.

De uma forma geral, Bremer (2008) afirma que as áreas livres de gelo das ilhas Shetland do Sul são compostas por terrenos jovens e drenadas por canais intermitentes e a morfodinâmica está associada a processos físicos e químicos devido ao derretimento da neve e do gelo. De acordo com Michel et al. (2014), os solos da península Fildes são bem desenvolvidos para padrões antárticos, sendo os criossolos dominantes relacionados a crioturbação e processos da camada ativa. Os processos periglaciais são dominantes com elevação acima de 50 m, onde são comuns solos em padrão. Os processos geomorfológicos que ocorrem atualmente na península Fildes são nivação, solifluxão, ablação e erosão e crioturbação (SIMAS et al. 2008). Lopez Martinez et al. (2012) identificaram as seguintes formas na península Fildes: plataformas marinhas soerguidas, vales planos, solos com padrão e lóbulos de gelifluxão.

3. Materiais e métodos

As imagens de satélite utilizadas são de 01 de março de 1986 (Landsat 5) e 19 de março de 2016 (Landsat 8). As imagens foram georreferenciadas com base no mosaico de imagens Landsat da Antártica (LIMA) no *software* QGIS 2.18.9. As bandas foram convertidas de DN (Número digital) para reflectânciano topo da atmosfera.

Geomorfológico: O MDE utilizado foi produzido por Braun et al. (2016), com resolução espacial de 12 m, para toda a ilha Rei George a partir de imagens TanDEM-X, de janeiro de 2012, referenciadas e validadas com base em medidas DGPS. Os dados foram processados utilizando interferometria e um MDE antigo como referência (BRAUN et al. 2016). Os perfis dos vales em "U" foram traçados no *software* QGIS 2.18.9.

Geleira, lagos e alagados: a área da geleira e delimitação dos lagos e alagados foram realizados com uso de técnicas de interpretação visual, e fotografias obtidas nos trabalhos de campo em 2015 e 2016.

Vegetação: O NDVI é baseado na razão entre os comprimentos de onda do vermelho (Red) e infravermelho próximo (NIR) através da fórmula: NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red). Para o Landsat 8 os intervalos do infravermelho próximo e do vermelho representam as bandas 5 e 4, respectivamente, já para o Landsat 5 representam as bandas 4 e 3. Com aaplicação do limiar (maior que 0,05) e a reclassificação do NDVI foi possível obter as áreas com presença de vegetação. Para avaliar os resultados foi utilizada a estatística do índice Kappa, que tem como objetivo avaliar a qualidade de um mapa temático gerado por meio do Sensoriamento Remoto (LANDIS e KOCH, 1977).

4. Resultados e discussões

De forma geral, observa-se que o fluxo de água de derretimento da geleira e precipitação líquida acabam aumentando as condições para intemperização da península Fildes e consequente retrabalhamento do relevo. Com isso, ocorre maior transporte de sedimentos que acabam sendo depositados nos vales diminuindo seu entalhamento e formando alagados que são propícios para o desenvolvimento da vegetação. Além disso, a retração da geleira Collins provoca mudanças ambientais ao criar novas áreas livres de gelo e água de derretimento que alimentará novos alagados.

4.1 Geomorfologia: mudanças no entalhamento dos vales da península Fildes

A maior parte dos paleovales em "U" estão passando por um processo de diminuição do grau de entalhamento. Esses vales estão sendo preenchidos por sedimentos provenientes das paredes das falésias e também transportados por canais glaciofluviais. Se encaixam na baixa dimensão interfluvial e estão evoluindo do grau de entalhamento muito forte (>160 m) para médio (40–80 m) (Figura 2). Os vales encaixados em fraturas geológicas, também estão diminuindo seu grau de entalhamento de muito forte para forte (80–160 m). Isso permite

inferir que a península Fildes é uma área de rápida transição da paisagem proglacial para periglacial com mudança pós deposicional com a retração da geleira Collins.

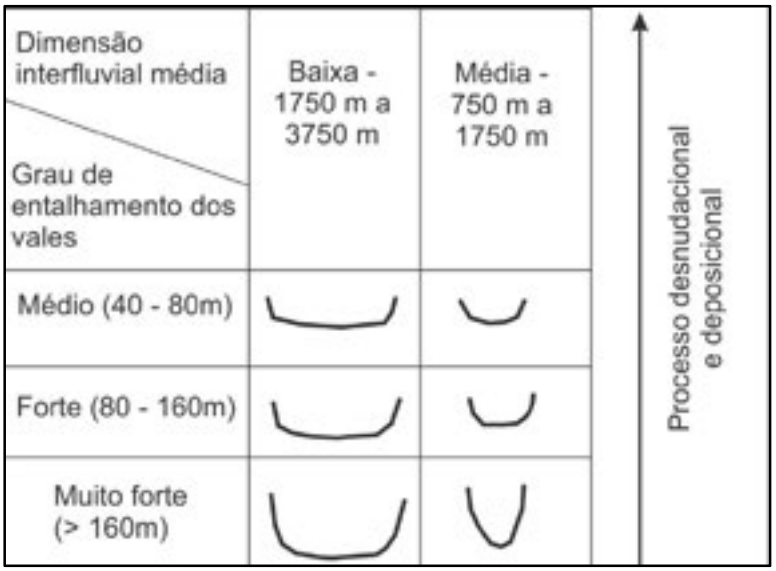


Figura 2: Grau de entalhamento dos vales encontrados na península Fildes. Com o processo de desnudação, os vales passaram a sofrer sedimentação e intemperismo, diminuindo o grau de entalhamento. Adaptado de Ross (1994).

4.2 Hidrologia: aumento dos lagos/alagadosna península Fildes e retração da geleira Collins

A geleira Collins apresentou retração de 0,64 km² (com 13,26 km² em 1986 e 12,62 km² em 2016), num setor onde umaporção rochosa acabou dividindo o fluxo formando uma nova área de lago e alagados. Apesar da geleira não ter apresentado um ritmo de retração tão rápido, estudos indicam que haverá além de perda de área, também de volume (RÜCKAMP et al.2011).

Em 1986 a área possuía 19 lagos e 11 alagados, enquanto em 2016 havia 32 lagos e 18 alagados (Figura 3). Esses dados representam o cenário de mudanças ambientais hidrológicas em toda paisagem da península Fildes relacionado com o aumento de temperatura do ar e

quantidade de água líquida, proveniente do derretimento da geleira (BRAUN et al. 2001) e precipitação líquida (TURNER et al. 1997).

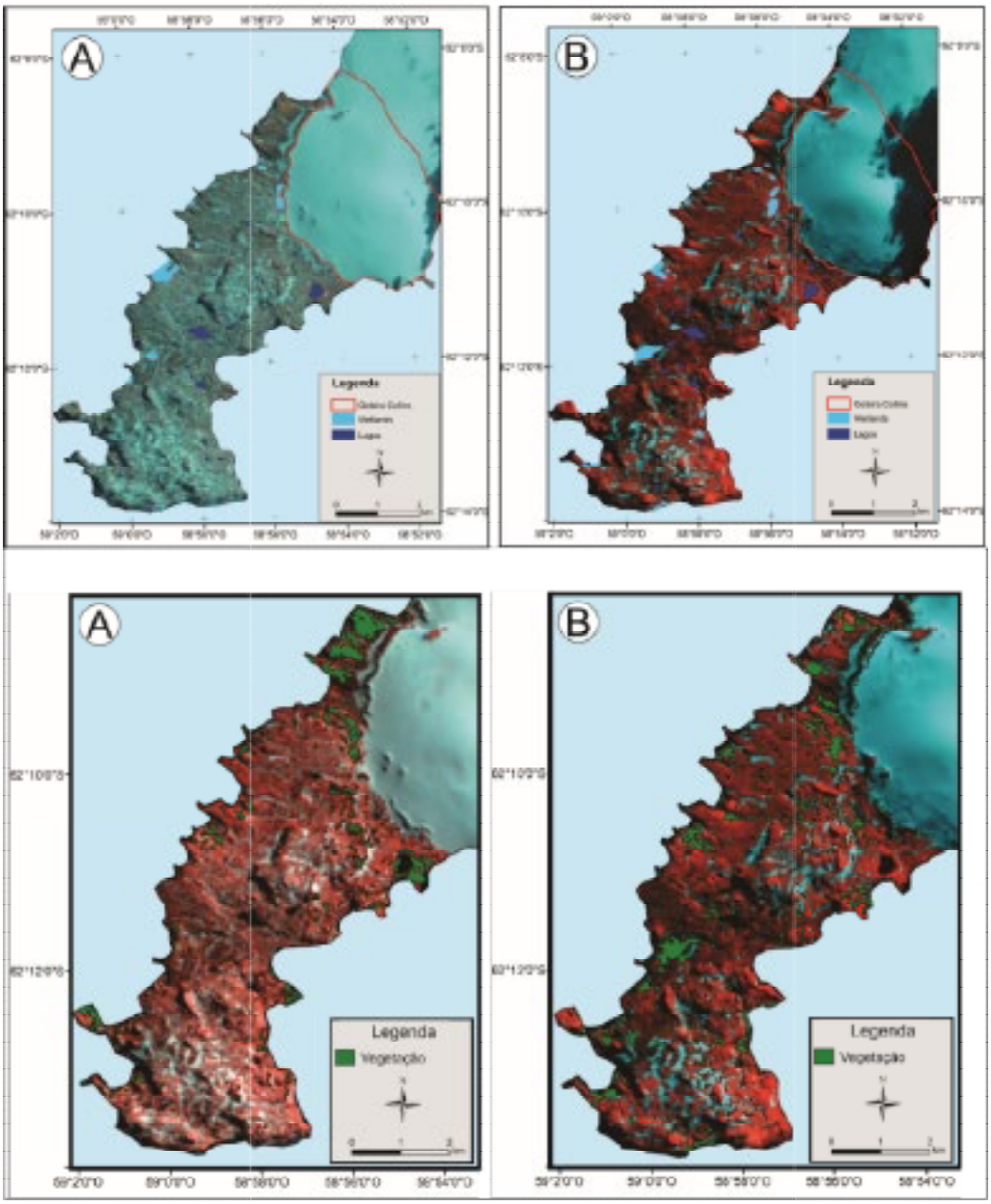


Figura 3: A - representa a imagem de 1986; B - a imagem de 2016. Ocorre aumento de vegetação na porção norte, principalmente. Lago e alagados surgiram em área de retração da geleira Collins.

4.3 – Vegetação: crescimento dos campos de musgos

A área de vegetação aumentou de 1,50 para 2,73 km² no período 1986–2016 (Figura3). A taxa de elevação de área para todo o período foi de 0,041. O índice Kappa para a classificação NDVI variou entre 85 e 91%. Com o aumento da temperatura e da disponibilidade de água nesses sistemas é provável que a vegetação ocupe outras áreas da península Fildes no futuro.

As grandes áreas de vegetação se localizam em zonas classificadas como terraços marinhos ou paleovales em forma de "U", principalmente nas porções mais planas dos vales é comum encontrar alagados que proporcionam a fixação da vegetação. Para o caso da península Fildes, a retração da geleira Collins e a continuidade desse processo para os próximos 50 anos como apontado por Petsch (2018), devem contribuir ainda mais na disponibilidade de água líquida.

5. Considerações finais

Ocorreu um aumento da disponibilidade de água líquida para a área, proveniente da retração da geleira Collins e também do aumento de precipitação líquida, resultado do aumento da temperatura atmosférica média nas últimas décadas. O aumento de água líquida nesse sistema causou duas mudanças ambientais, uma relacionada ao aumento de lagos e alagados na zona periglacial e proglacial que por sua vez contribui para a fixação da vegetação de briófitas, e outra relacionada ao transporte e deposição de sedimentos nos fundos de vale em formato de "U".

Com base no grau de entalhamento dos vales, conclui-se que a maioria está diminuindo o valor de dissecação, pois estão passando por um momento de sedimentação dos fundos, alimentado por canais glaciofluviais e intemperismo das áreas escarpadas. Dessa forma, é possível inferir que a paisagem é de rápida transição de proglacial para periglacial, de mudança pós deposicional com a retração da geleira Collins.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS, à CAPES e ao CNPq pelo financiamento desse estudo.

7. Referências Bibliográficas

AMESBURY, M. J., ROLAND, T. P., ROYLES, J., HODGSON, D. A., CONVEY, P., GRIFFITHS, H. & CHARMAN, D. J. Widespread Biological Response to Rapid Warming on the Antarctic Peninsula, **Current Biology** 27(11), 1616-1622, 2017.

BRAUN, M. H.; BETSCH, T.; SEEHAUS, T. **King George Island TanDEM-X DEM, link to GeoTIFF**. PANGAEA, 2016. Disponível em: <doi.org/10.1594/PANGAEA.863567>. Acesso em 11 de maio de 2017.

BRAUN, M.; GOSSMANN, H. Glacial changes in the area of Admiralty Bay and Potter Cove, King George Island, Antarctica. *In*: BEYER, L.; BÖLTER, M. **Geoecology of Terrestrial Antarctic Oasis**. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag, p. 75–89, 2002.

BRAUN, M.; HOCK, R. Spatially distributed surface energy balance and ablation modelling on the ice cap of King George Island (Antarctica). **Global and Planetary Change**, v. 42, n. 1, p. 45–58, 2004.

BRAUN, M.; SAURER, H.; SIMÕES, J. C.; VOGT, S.; GOSSMANN, H. The influence of large scale atmospheric circulation on surface energy balance and ablation on King George Island, Antarctica. **International Journal of Climatolology**, v. 21, n.1, p. 21–36, 2001.

BREMER, U. F. **Soils and geomorphology of the Eastern Warszawa Peninsula, King George Island, maritime Antarctica.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 136 p., 2008.

LANDIS, J.R; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33(1),159-174, 1977.

LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. SERRANO, E.; SCHMID, T.; MINK, S.; LINÉS, C. Periglacial processes and landforms in the South Shetland Islands (Northern Antarctic Peninsula region). **Geomorphology**, v. 155–156, p. 62–79, 2012.

MICHEL, R. F. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; SIMAS, F. N. B.; HAUS, N. W.; SERRANO, E.; BOCKHEIM, J. G. Soils and landforms from Fildes Peninsula and Ardley Island, Maritime Antarctica. **Geomorphology**, v. 225, p. 76–86, 2014.

PETSCH, C. (2018). **Evolução hidro geomorfológica da zona proglacial da geleira Collins, Ilha Rei George, Antártica** (Tese para obtenção do título de Doutor em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil). Acesso em https://lume.ufrgs.br/handle/10183/178701

POELKING, E. L., ANDRADE, A. M., SCHAEFER, C. E. G. R., SIMAS, F. N. B. & FERNANDES FILHO, E. I. (2011). Vegetation Map of Potter Peninsula, Maritime

Antarctica. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7464–7470.

QUESADA, V.; KAUP, H. L. Landscape control of high latitude lakes in a changing climate. *In:* BERGSTROM, D. M. *et al*. (eds.), **Trends in Antarctic Terrestrial and Limnetic**. Dordrecht: Springer, 2006.

ROSA, K., VIEIRA, R., FERRANDO, F.; SIMÕES, J. Erosional landforms and deposition processes product of the deglaciation evolution at Wanda Glacier, King George Island. **Pesquisas em Geociências**, v. 36, n. 3, p. 315–326, 2009.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, n. 8, p. 64–74, 1994.

RÜCKAMP, M.; BRAUN, M.; SUCKRO, S.; BLINDOW, N. Observed glacial changes on the King George ice cap, Antartica, in the last decade. **Global and Planetary Change**, v.79, p. 99–109, 2011.

SIMAS, F., C.; SCHAEFER, M. F. F; DACOSTA, I. Genesis, properties and classification of cryosols from admiralty Bay, Maritime Antarctica. **Geoderma**, v. 144, n. 1–2, p. 116–122, 2008.

SIMÕES, J. C.; BREMER, U. F.; AQUINO, F. E.; FERRON, F. E. Morphology and variations of glacial drainage basins in King George Island ice field, Antarctica. **Annals of Glaciology**, v. 29, p. 220–224, 1999.

SIMÕES, C. L., ROSA, K. K.,CZAPELA, F., VIEIRA, R. & SIMÕES, J. C. Collins Glacier retreat process and regional climatic variations, King George Island, Antarctica. **Geographical Review** 105, 462–471, 2015.

STEIG, E. J.; SCHNEIDER, D. P.; RUTHERFORD, S. D.; MANN, M. E.; COMISO, J. C.; SHINDELL, D. T. Warming of the Antarctic ice-sheet surface since the 1957 International Geophysical Year. **Nature**, v. 457, p. 459–462, 2009.

TURNER, J., COLWELL, S. R., HARANGOZO, S. A. Variability of precipitation over the coastal western Antarctic Peninsula from synoptic observations. **Journal of Geophysical Research,** 102, 13999–14007, 1997.

WANG, W.; YAO, T.; GAO, Y.; YANG, X.; KATTEL, D. B. A first order method to identify potentially dangerous glacial lakes in a region of the southeastern Tibetan Plateau. **Mountain Research and Development**, v. 31, p. 122–130, 2011.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MUDANÇAS NO USO DA TERRA DE 2005 A 2016 NO CÓRREGO ÁGUA DA ONÇA ANALISADAS COM GEOTECNOLOGIAS[1]

Leonardo Auge Levyman [(a)], Edson Luís Piroli [(b)]

[(a)] Bolsista TT3, Câmpus de Ourinhos, Unesp, leoauge@hotmail.com

[(b)] Prof. Associado, Dr. Câmpus de Ourinhos, Unesp, edson.piroli@unesp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Na Geografia física, as geotecnologias vêm ganhando cada vez mais espaço, se tornando indispensáveis para o monitoramento e estudos de porções territoriais. O presente trabalho busca analisar as transformações ocorridas na área avaliada e entender se a questão do uso e da ocupação da terra a partir de ações antrópicas causam impactos aos recursos naturais. A área de estudo está inserida na cabeceira bacia do médio Paranapanema, importante fonte de água e de recursos hídricos para o sul do Estado de São Paulo. Verificou-se que ocorreram importantes mudanças na área,

Palavras chave: Sensoriamento Remoto, Bacias Hidrográficas, Geoprocessamento, Recursos Hídricos

1. Introdução

Este artigo foi desenvolvido a partir de estudos realizados na pesquisa: Mudanças no uso da terra em microbacias hidrográficas e impactos nos recursos naturais e na população humana financiada pela Fapesp. Surgiu a partir da observação de problemas ambientais sérios ocorrentes na área e da necessidade de avaliar a integração de dados de campo com produtos geotecnológicos para a gestão de espaços como bacias hidrográficas.

[1] Parte do projeto financiado Pela FAPESP, no Processo n. 2017/14979-0, a quem os autores agradecem.

O uso das geotecnologias cresce exponencialmente em todo o globo e isto se dá pelo seu relativo baixo custo de operação e pelas inúmeras aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento. Segundo Silva-Fuzzo (2015) as chamadas geotecnologias, como sensoriamento remoto (SR) e Sistemas de Informação geográfica (SIGs), são métodos que podem ser incorporados, complementando os programas oficiais já estabelecidos, otimizando a estruturação de sistemas mais eficientes e dinâmicos para estimativa da produção agrícola em nível regional, estadual e nacional.

As aplicações das geotecnologias voltadas aos estudos das Bacias Hidrográficas têm sido facilitadas pela utilização de produtos e técnicas do geoprocessamento, pois através dessa ferramenta é possível adquirir possibilidades de uma visão sinóptica de toda a bacia e pela capacidade de integração e cruzamento de dados de diferentes fontes (GOMES, 2011). Os SIGs na área ambiental têm tido sua aplicação ampliada a partir da expansão das fontes de dados e, como resultado, usuários em nível federal, estadual e municipal tem acesso aos dados digitais disponíveis das mais diversificadas áreas do conhecimento (SWEENEY, 1997). Essas ferramentas tornam possível a integração de dados espaciais dispersos em um banco de dados organizado (RAO et al., 2000).

De acordo com Piroli (2013), “A unidade ideal para o trabalho com recursos naturais é a Bacia Hidrográfica, uma vez que esta é definida pela própria natureza a partir dos processos físicos e químicos que moldam o relevo e condicionam as relações entre os componentes bióticos e abióticos existentes na área. O elo entre estes componentes é a água que ao precipitar sobre este espaço é direcionada para regiões determinadas pelo seu ciclo, formando os córregos e rios que escorrem superficialmente ou infiltram nos depósitos subterrâneos, alimentando os aquíferos ou as nascentes que manterão os cursos de água nos períodos entre as precipitações”.

A Bacia Hidrográfica, além de ser um limite natural como tratado acima, também é utilizada como uma unidade físico-territorial de gerenciamento dos recursos hídricos. A Divisão Hidrográfica Nacional, instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos

(CNRH), estabelece as doze grandes Regiões Hidrográficas brasileiras. Essas regiões hidrográficas: bacias, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas próximas, com características naturais, socais e econômicas similares visam orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos em todo o país.

No estado de São Paulo (Lei 7.663/1991) e em alguns outros estados há uma divisão interna que facilita a gestão dos recursos hídricos, tomando os maiores rios do estado como unidades de gestão, formando as UGRHIs (Unidades de Gestão de Recursos Hídricos), que juntas formam o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH) que visa descentralizar o poder tornando-o participativo, onde as decisões ocorrem em comitês para cada grande Bacia. Isto fortalece as identidades regionais. A área de estudo está localizada na Bacia de número 17, a do Médio Paranapanema.

Como as bacias normalmente abrangem áreas de dimensões consideráveis, se faz necessário a utilização de uma alternativa viável, rápida e de baixo custo a fim de chegar a resultados que possam ser utilizados como ferramenta de decisão para os órgãos executivos, caso das técnicas de geoprocessamento.

2. Materiais e Métodos

A Microbacia do Córrego Água da Onça está localizada no estado de São Paulo, entre as coordenadas 710000 e 717000 E e 7445000 e 74452000 S do Fuso 22 S, do Sistema UTM, Sirgas 2000 (Figura 1), no município de Avaré. Apresenta extensão de aproximadamente 2.600 ha e situa-se na porção central do município de Avaré, ao norte da malha urbana do mesmo.

Figura 1 -Localização da microbacia do Córrego Água da Onça no Estado de São Paulo.

A partir das cartas topográficas do IBGE de Avaré (número SF-22-Z-D-II-1) foi delimitada a área da bacia em questão em ambiente SIG com o uso das ferramentas de Georreferenciamento e vetorização. O período analisado foram os anos de 2005 a 2016, totalizando onze anos e os softwares Sig's utilizados nesse estudo foram ArcGis 10.3 e TerrSet.

Para a realização do mapeamento do uso da terra do ano de 2005 foram utilizadas imagens aerofotogramétricas adquiridas com a empresa de levantamentos aerofotogramétricos Base. Já para o ano de 2016 utilizou-se imagem disponível no Google Earth.

Foi utilizado também a malha dos limites municipais fornecidos pelo IBGE em forma vetorial para o Brasil todo. Disponível no link: https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.

3. Resultados e Discussões

A análise do uso da terra do ano de 2005, a partir do levantamento aerofotogramétrico, permitiu a identificação das seguintes categorias (Figura 2): pastagem, açude, café, cultivos agrícolas anuais (cana-de-açúcar, soja e milho), eucalipto, área urbana, solo exposto, floresta e o mais preocupante fato observado na bacia, alguns processos erosivos severos próximos à cabeceira da mesma.

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (1990) vários são os fatores que atuam na origem e aceleração do processo erosivo, quer seja laminar ou linear, quer seja em áreas urbanas ou rurais e que agem de forma heterogênea temporalmente e espacialmente. Dentre eles o solo, a partir de algumas propriedades físicas e químicas, exerce um papel relevante e determina uma maior ou menor susceptibilidade do local à erosão (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990).

Já Silva (2003) mostra que a ocupação humana, possui uma relação com o meio inserido geralmente iniciada pelo desmatamento e seguida pelo cultivo da terra, construção de estradas, criação e expansão de cidades, sobretudo quando efetuada de modo inadequado, exerce um papel destacado na origem e aceleração das erosões (SILVA et al., 2003), como pode ser observado no presente estudo.

Grandes porções da microbacia no ano de 2005 estavam destinadas à produção de soja e cana de açúcar. Na época também foi possível observar que diversos cursos d'água dessa mesma bacia não possuíam mata ciliar cobrindo suas Áreas de Preservação Permanente, e algumas nascentes desprovidas de proteção natural (algumas inseridas em meio de áreas produtivas). A área urbana se consolida na porção sudoeste da bacia, fazendo um "cerco" ao curso d'água, sendo, a partir das constatações nas imagens e nas avaliações in loco, a causa geradora dos processos erosivos (voçorocamentos) ocorrentes nessa porção da bacia.

Figura 2 - Uso da terra no Córrego Água da Onça em 2005

No ano de 2016 (Figura 3), apesar de conter as mesmas classes de uso, foi possível observar uma significativa mudança na proteção aos recursos hídricos, com a ampliação da vegetação de mata ciliar nas APP, porém ainda com alguns trechos de rios e algumas nascentes desprotegidos.

A malha urbana teve crescimento junto com a voçoroca que também se desenvolveu em tamanho. A produção de eucalipto aumentou e a produção de café dentro da bacia quase não mais existe.

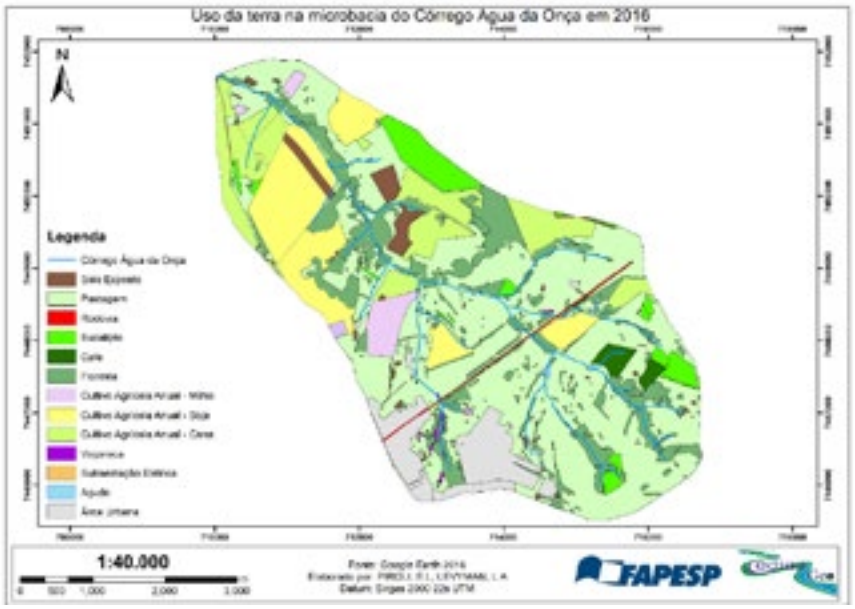


Figura 3 - Uso da terra no Córrego Água da Onça em 2016

Nas Figuras 4, 5 e 6 é possível observar fotografias do processo erosivo obtidas em julho de 2018. Nos trabalhos de campo realizados, foi possível verificar que alguns trechos da voçoroca estavam em obras de contenção, sem, no entanto, ter solucionado o problema, uma vez que verificou-se que as erosões possuíam grandes áreas ainda em crescimento.

Figura 4, 5 e 6 - Voçoroca do Córrego Água da Onça - Julho de 2018 - Fonte: dos autores

4.Considerações Finais

Os resultados obtidos a partir dos materiais e da metodologia utilizados permitem concluir que as geotecnologias podem ser eficientes no mapeamento do uso da terra e na

avaliação das transformações ocorridas em bacias hidrográficas, permitindo desta forma, o acompanhamento das mudanças no ordenamento territorial. Este tipo de dado tem aplicação importante em estudos acadêmicos, mas sobretudo para tomada de decisões pelo poder público em atos de planejamento territorial ou para orientação em medidas emergenciais, como no caso da contenção dos processos erosivos e na recuperação da área impactada.

Deve-se considerar também a importância de observar as mudanças do uso da terra para acompanhar como determinada porção do território está sendo utilizada ou como foi utilizada no passado com a intenção de avaliar todas as mudanças ocorridas na região, que por sua vez estão atreladas às mudanças dos ciclos econômicos, principalmente em áreas rurais, onde as mudanças de produção agrícola são visivelmente consequências de alterações nas políticas agrícolas e/ou nas demandas mundiais pelos produtos.

Referências

BERTONI, J. LOMBARDI NETO F. **Conservação do solo**. Editora Ícone - SP, 335 p, 1990.

SILVA-FUZZO et al. **Modelagem agrometeorológicas para estimativa de produtividade de soja para o vale do Médio Paranapanema-SP**. Irriga Botucatu v. 20, n. 3, p. 490-501, julho - setembro, 2015. Botucatu – SP

SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. Editora Rima, São Carlos-SP, 2003.

GOMES, D. D. M.. **Geoprocessamento Aplicado a Análise da Vulnerabilidade à Erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Jaibaras – Ceará. 2011**. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós Graduação em Geologia) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.

PIROLI, E.L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente dos corpos d´água da bacia hidrográfica do rio pardo**. Tese de Livre docência no conjunto de disciplinas Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. 2013. Unesp Ourinhos; Ourinhos

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Mapeamento do estado da caatinga na bacia do rio Taperoá –PB através de classificação baseada em objeto - GEOBIA.

Phillipe Valente Cardoso(a), Vinicius da Silva Seabra (b), Rafael Albuquerque Xavier(c), Carla Bernadete Madureira Cruz(d)

(a) Departamento de Geografia/Faculdade de Formação de Professores, Universidade Estadual do Rio de Janeiro e Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, phillipevalente@gmail.com

(b) Departamento de Geografia/Faculdade de Formação de Professores, Universidade Estadual do Rio de Janeiro Email: vinigeobr@gmail.com.br

(c) Departamento de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, xavierra@uol.com.br

(d) Departamento de Geografia/Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, carlamad@gmail.com

Eixo: Geotecnologia e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O semiarido nordestino possui uma fragilidade originada de praticas de uso do solo inadequadas. Essa condicionate aliada as condições naturais do bioma, faz com que o processo erosivo e assoreamento de rios e açudes na região se agravem. Desta forma o conhecimento da cobertura da solo torna- se uma variável fundamental dentro de um proposta geossitêmica de monitoralmento e gestão. Sendo assim, o obejtivo do presente pesquisa é a elaboração de um mapa de cobertura da caatinga e o seu estado para a bacia do rio Taperoá através de uma classificação baseada em objeto. Para tal objetivo, foi utilizado imagens Sentivel 2 respeitando a sazonalidade da região além de dados temáticos e trabalho de campo para classificação e validação das classes do mapeamento. Como resultados o mapeamento apresenta uma regionalização nas áreas de caatinga degradada, caatinga arbustiva e caatinga densa, com as duas primeiras concentradas mais ao centro da bacia.

Palavras chave: Seimárido Nordestino, Caatinga, GEOBIA, Bacia do Rio Taperoá

1. Introdução

A região do semiárido nordestino brasileiro abrange vários estados do país, com destaque para o estado da Paraíba, com aproximadamente 86% do seu território inserido nessa realidade. A fragilidade natural dessa região, remete ao seu passado e presente, associados às práticas agrícolas inadequadas, às queimadas e ao desmatamento. Sendo esses os principais fatores que têm contribuído para o avançado processo de erosão e do assoreamento de rios e açudes.

Diante dessa problemática, faz-se necessário a adoção de uma perspectiva moderna de gestão do território, onde toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente. Assim, busca-se a utilização do conceito de geossistemas na análise da paisagem, permitindo a interpretação do espaço geográfico em seu todo complexo e sistêmico, possibilitando o entendimento de suas funções, inter-relações, distribuições, formações, estruturas e funcionamentos (TROLL, 1950).

Segundo Pereira et al. (2001), esse ramo do conhecimento baseia-se no pressuposto de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. Considerando ainda que a capacidade de quantificar a estrutura da paisagem é um pré-requisito para o estudo de sua função e para a detecção de mudanças. Desta forma, a cobertura e uso do solo torna-se um componente fundamental na análises da dinâmica ecológica, como também no monitoramento e manejo do território.

No semiárido nordestino é possível encontrar algumas peculiaridades e dentre elas destaca- se sua vegetação. Dentre suas principais características está a sensibilidade ao regime de chuvas, bastando apenas poucos milímetros cúbicos de chuva para que a vegetação passe de um estado ressecado, com poucas ou nenhuma folha, para uma paisagem contrastada, tendo o verde em suas folhas. Cabe também ressaltar a importância das áreas de fundo de vale e mata ciliar dos rios e açudes, que atuam com retentores de umidade e por isso também apresentam uma dinâmica da vegetação diferenciada na região. Além disso, tem-se a sazonalidade, com as épocas de secas e chuvas, que também precisa ser levada em consideração nos mapeamentos.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Desta forma, o mapeamento do bioma caatinga, está distante de ser simples. Dentre as classificações utilizadas está a do Manual de Técnico de Vegetação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas - IBGE (2012), que é umas das referências de destaque na definição da vegetação dos biomas brasileiros. Observando as classificações já feitas é possível encontrar semelhanças em algumas classes e complementos em relação a outras.

Nesse contexto a classificação baseada em objeto (GEOBIA) torna-se uma ferramenta fundamental na classificação cobertura e uso da terra, onde através dela é possível segmentar o espaço geográfico em objetos, e através de determinados contextos, seguindo critérios espectrais no caso dos produtos de sensoriamento remoto (matrizes) ou mesmo dados temáticos (vetores), é possível classificar de acordo com a especificidade de cada classes. Assim, ao definir os objetos é possível relacioná-los, seguindo critérios espaciais, de tamanho, forma, densidade, índices espectrais, dentre outros.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho está no mapeamento da cobertura vegetal (caatinga) na bacia do rio Taperoá (BHRT) na escala 1:100.000 apresentando sua condição de preservação. Por fim, o presente estudo é elaborado dentro de uma pesquisa de Doutorado no Programa de Pós- Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e conta om o apoio da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) e a Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ).

1.1. Área de Estudo.

Nesse contexto a unidade geográfica escolhida para o trabalho é a Bacia Hidrográfica do Rio Taperoá (BHRT) (Figura 1), localizada no interior do estado da Paraíba, na região semiárida, mais precisamente entre as coordenadas geográficas 35º00’00’’ e 37º15’00’’ de longitude Oeste e 6º50’00’ e 7º35’00’’ de latitude Sul.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 1: Bacia do rio Taperoá

A bacia está integralmente inserida dentro do Bioma da Caatinga e engloba 29 municípios totalizando uma área de aproximadamente 5.882 km², onde 4 municípios estão totalmente e 21 parcialmente inseridos em seu limite. Os municípios de São João do Cariri e Taperoá apesar de estarem parcialmente inseridos, devido a sua extensão territorial, ocupam 19% da área da bacia. Já outros municípios, localizados nos divisores de água ocupam menos de 1% do território da bacia, são eles: Areia de Baraúnas, Barra de Santa Rosa, Boqueirão, Campina Grande, Cubati, Salgadinho, São Domingos do Cariri, São Vicente do Seridó, Sumaré e Teixeira.

O rio principal é o que dá nome a bacia, Taperoá, de regime intermitente, com nascente na Serra do Teixeira desaguando no açude Epitácio Pessoa. Sendo o principal afluente do rio Paraíba é considerado de grande importância estratégica para a gestão de recursos hídricos no Estado da Paraíba. Concluído em 1956, o açude abastece 8 municípios da mesorregião da

ISBN: 978-85-7282-778-2

Borborema e 6 do Agreste Paraibano, incluindo a segunda maior cidade do estado Campina Grande, através das adutoras do Cariri e do Boqueirão. (ALMEIDA, 2012). Tendo capacidade inicial prevista para 534.680.00 m³ de água, esse reservatório vem sofrendo um grave processo de assoreamento em virtude das erosões do solo causadas pelos desmatamentos na região. Britto e Vianna (2006) alertam para a diminuição de sua capacidade máxima que passa a ser de 411.686.287 m³ em 2004. É importante destacar também que o rios da BHRT abastecem 11 reservatórios distribuídos ao longo de toda a bacia.

Almeida (2012) destaca que apesar do grau de importância hídrica dessa bacia, a mesma vem sendo protagonista de uma série de problemas ambientais como desmatamento, poluição atmosférica, hídrica e do solo, erosão, escassez de recursos naturais na região, levando a diversos problemas sociais, e ausência de políticas públicas que visam a mitigação desses problemas. A autora em seu trabalho destaca três pontos chaves de conflito na BHRT: 1) a conservação dos recursos naturais, 2) a subsistência da população pobre, residente na bacia e 3) o crescimento socioeconômico.

2. Materiais e Métodos

A pesquisa foi dividida e 5 etapas: aquisição e pré-processamento dos dados, determinação da legenda de mapeamento, a classificação baseada em objeto, validação e edições finais e análise dos resultados. A primeira etapa consistiu na seleção das imagens do sensor *Sentine*l 2 em períodos sazonais distintos, nesse momento optou-se por imagens com o minimo de nebulosidade possível, já que a região é raramente oferece imagens com ausencia de nuvens para os sensores ópticos. Em seguida foi foram feitas as correções atmosféricas nas imagens através do ténica pixel escuro (DOS) no Quantum Gis 3.2 e também foi gerado os indices espectrais: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) para análise da vegetação; NDWI (Normalized Difference Water Index) e MNDWI (*Modified Normalized Difference Water Index*) para identificação de corpos hídricos e o por último o TGSI (*Top Soil Grain Size Index)*.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Esse último foi elaborado por Xiao et al. (2006) é utilizado para detectar a textura da camada superficial do solo ou o tamanho do grão. Segundo o autor, quanto mais severa a desertificação, mais grosseira é a composição granulométrica do solo. Sendo assim, valores negativos ou próximos a 0 (zero), dados pelo índice representam zonas de vegetação ou corpos d'água e valores próximos a 2 ou acima indicam altos teores de areais fina e possivelmente uma vegetação menos densa na região. O TGSI é calculado no *Sentinel* 2 através da fórmula: $TGSI = \frac{\text{Banda 4 (Vermelho)} - \text{Banda 2(Azul)}}{Banda\ 4 + Banda\ 2 + Banda\ 3\ (Verde)}$.

Na segunda etapa, foram definidas as classes de mapeamento, através da resposta espectral fornecida pela imagem parada com a realidade observada em trabalho de campo. Além da análise da resposta espectral, foram coletados pontos das classes de mapeamento escolhidas para um validação final. Nessa análise foi possível identificar três estágios da vegetação caatinga. O primeiro diz respeito a uma caatinga mais densa (arbóreo-arbustiva), ou seja, uma caatinga preservada que, quando concentrada em regiões mais úmidas, como rios e fundos de vale, se mantém verde quase o ano inteiro. Já em regiões mais secas, encontra-se uma caatinga mais ressecada, porém, sem indícios recentes de desmatamentos ou queimadas, sendo, então, apenas a condição natural da vegetação devido à ausência de água. (Figura 2).

O segundo estágio identificado é a caatinga arbustiva. Nessa classe a presença de arbustos são predominantes, com vegetação menos densa, possuindo uma rebrotação associada diretamente as chuvas, além de ser frequentemente associada a criações de gado. Por último, a classe da caatinga degrada. Predominantemente constituída de gramíneas, com algumas áreas de solo exposto, sendo, também, observado a criação de gado em alguns momentos. Cabe destacar que, dentre as classes, essa é a que mais favorece o assoreamento na região devido a sua pouca vegetação. Essas áreas sofreram impactos antrópicos relacionados aos histórico do uso do solo na região e não conseguem se regenerar podendo entrar em um processo de desertificação se não houver uma intervenção. Essas duas últimas classes de vegetação (Figura

ISBN: 978-85-7282-778-2

4), possuem uma resposta espectral muito semelhante por estarem no estado seco a maior parte do ano, daí a importância no TGSI para diferenciação das mesmas.

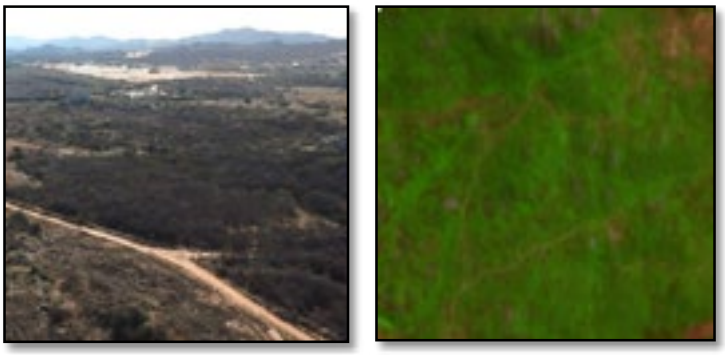


Figura 2: Imagem Aérea de uma região de caatinga densa, comparada com imagem *Sentinel* 2

Figura 3: Aérea de uma região de caatinga arbustiva e área de caatinga degradada respectivamente.

Ainda na definição das classes, tem-se a algaroba, essa vegetação é uma espécie invasora na região, que foi introduzida, principalmente, para a obtenção de lenha. Essa árvore se adaptou bem na região, concentrando-se em regiões de umidade ao longo dos rios e açudes. Essa umidade faz com que as folhas dessa espécie permaneçam verdes ao longo do ano independente das chuvas na região. Encontra-se, também, associada a essa cobertura na BHRT, pequenos cultivos que estão ali pela retenção hídrica, ou seja, pelo mesmo motivo que a espécie invasora. Essa classe é possível de ser identificada na imagem *Sentinel* 2 através da resposta espectral e do contexto espacial de estar próxima a rios e açudes. (Figura 5)

ISBN: 978-85-7282-778-2

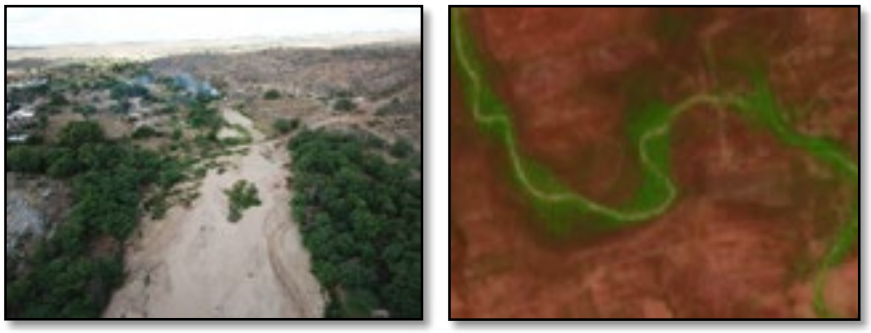


Figura 4: Foto área do rio Taperoá a presença de algaroba em suas margens e a resposta espectral no *Sentinel* 2 respetivamente.

Por fim, a classe açude, que é uma classe presente na região e possível de ser identificada na imagem. E a classe drenagem, que foi utilizada apenas para auxiliar na classificação da algaroba, tendo em vista sua característica intermitente para toda região.

Na Terceira etapa deu-se início a classificação, e como estratégia foi adotado o padrão *botton-up* para auxiliar nos processos de segmentação para as classes de açude e algaroba. Ou seja, na primeira segmentação das imagens *Sentinel 2*, os segmentos serão os menores possíveis para que atendam a essas duas classes, e em seguida, outras segmentação serão feitas a partir dessa, diminuindo o critério de semelhança entre os objetos. Para a classificação orientada o objeto utilizado foi o software *Ecognition* 8.9, sendo criado um projeto com as imagens corrigidas das diferentes datas, com os índices gerados na primeira etapa e o dado temático de drenagem na região obtido na AESA (Agência Executiva de Gestão de Águas da Paraíba).

Após os testes de segmentação, optou-se pela multirresolução estipulando um valor de peso 1 para as bandas 2,3,4 e 8 de ambos os períodos, peso 1 para NDWI e MNDWI e peso 0 para as demais. Quanto ao parâmetro de escala (tamanho do objeto), *compactness* (compactação do objeto) e *shape* (forma e resposta espectral do objeto), exigidos pelo algoritmo de segmentação, foram selecionados 25, 0.1 e 0.7 respectivamente, nesse processo, os objetos contemplaram os açudes na bacia. Em seguida, foi feita uma estatística de bandas e a classe açude foi associada a média do brilho de todas as bandas ≤ 1700 e a média do NDWI ≥ 0.43. Foi inserida, também, o dado temático de drenagem que auxiliou na delimitação das áreas de

algaroba. Para a diferenciação da algaroba e caatinga densa, optou-se por uma nova segmentação a partir do primeiro nível, considerando as bandas 3,4,8 de ambos os períodos e os índices NDVI e SAVI, também, de ambos os períodos. Quanto aos parâmetros de escala, *shape* e *compactness* foram selecionados 200, 0.1 e 0.5 respectivamente.

Por fim, para a classificação das classes caatinga arbustiva e caatinga degradada, utilizou-se o descritor TGSI. Os valores entre dois e três foram classificados como caatinga arbustiva e os valores acima de três foram classificados como caatinga degrada. Cabe destacar que, quanto maior o número do descritor, maior a possibilidade da área está sujeita a desertificação com pouca ou nenhuma vegetação (solo exposto). A partir da classe caatinga degradada foi retirada a classe, outros, que contém os demais usos na região como solo exposto, áreas construídas, afloramentos, etc. Para isso, foi utilizado o valor de NDBI entre 0.09 e 0.24.

A etapa de validação e edição final, deu-se utilizando duzentos pontos de campo, além de imagens e vídeos pontuais utilizando imagens de Drone e imagens Google Earth em áreas de dúvida. As edições e refino do mapeamento foram feitas tanto nos *softwares* Ecognition, quanto no Arcgis 10.4. Após esse processo foram feitas as análises no mapeamento apresentado através dos layout, gráficos e tabelas.

3. Resultados

Como resultado da pesquisa tem-se o mapeamento de cobertura do solo, apresentado na Figura 6. Nele pode –se observar uma predominância da classe caatinga densa (em verde) ao norte, leste e oeste da bacia, ocupando 45,41% da BHRT. As classes caatinga arbustiva (em vermelho) apresenta no mapa 25,41% de ocupação, apesar de aparece em praticamente toda a bacia, concentra-se, principalmente, na região central da bacia. Cabe reafirmar que essa classe geralmente possui um uso atribuído, seja relacionado ao pasto ou ao desmatamento para lenha. A caatinga degradada, com 13,06%, estão concentradas próximo a região centro-sul da bacia, presentes, também, em algumas regiões a leste. É importante destacar que essas regiões demandam mais cuidados quanto a recuperação vegetal, pois, sua vegetação

ISBN: 978-85-7282-778-2

predominantemente de gramínea com a presença de solo exposto, é a que mais contribui para lixiviação e consequentemente o assoreamento de rios e açudes na região.

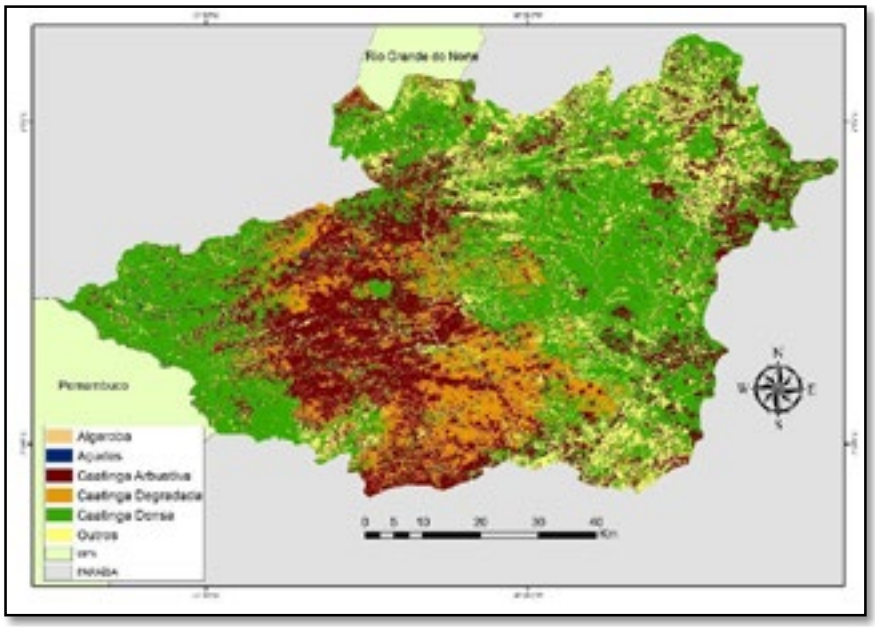


Figura 5: Mapeamento de cobertura e uso do solo da BHRT.

Já a classe Algaroba ocupa 0,55% da região e os açudes, possíveis de serem identificados na imagem, 0.13%. Em relação a quantidade de açudes mapeados, a bacia apresenta 796, no qual grande parte fica concentrada a Oeste, nas proximidades do alto curso do rio Taperoá e seus afluentes. Quanto a presença de Algaroba, a região possui 3.293 fragmentos acima de 100 m² a 1 km², todos próximos a rios e açudes. Já a caatinga densa apresenta 22.969 fragmentos, sendo a maior parte encontrado ao norte e ao centro da bacia, mesclando justamente com as classes caatinga arbustivas e caatinga degradada, que apresentam 34.700 e 15.660 fragmentos respectivamente.

Quanto a divisão de classes por município, destaca-se os municípios de Serra Branca, São João do Cariri e Parari, com grande parte dos seus territórios compostos por caatinga arbustiva e caatinga degradada como é apresentado na Tabela 1.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela 1: Municípios com menor cobertura vegetal preservada.

MUNICÍPIO	CAATINGA DENSA (KM²)	CAATINGA ARBUSTIVA (KM²)	CAATINGA DEGRADADA (KM²)	ALGAROBA (KM²)	AÇUDES (Nº)	OUTROS (KM²)	AREA TOTAL
SÃO JOAO DO CARIRI	137.88	102.01	181.66	1.02	27	73.02	495.59
SERRA BRANCA	52.47	175.45	152.84	0.05	17	35.71	416.52
PARARI	20.12	124.68	46.24	0.11	11	16.61	207.76

Já a tabela 2 apresenta os municípios Soledade, Gurjão e Desterro com a maior porcentagem de área composta por caatinga densa no território que abrange a BRHT. Com destaque para o município de Desterro, apresentando 188 açudes mapeados. As tabelas apresentam os dois extremos dentro da bacia.

Tabela 2: Municípios com maior cobertura vegetal preservada (caatinga densa)

MUNICÍPIO	CAATINGA DENSA (KM²)	CAATINGA ARBUSTIVA (KM²)	CAATINGA DEGRADADA (KM²)	ALGAROBA (KM²)	AÇUDES (Nº)	OUTROS (KM²)	AREA TOTAL
SOLEDADE	383.44	63.01	10.85	10.21	29	92.8	477.72
GURJÃO	230.91	32.53	27.65	6.52	14	28.87	326.48
DESTERRO	148.27	11.87	3.37	0.05	188	11.83	175.39

3. Considerações Finais

A presente pesquisa reafirma a dificuldade nos mapeamentos de cobertura e uso do solo na região semiárida nordestina. A vegetação sensível a água e a sazonalidade, aliada a alta nebulosidade na região são os primeiros desafios a serem superados. Quanto ao mapeamento, o GEOBIA demonstra ser uma ferramenta fundamental na modelagem do conhecimento para a vegetação de caatinga.

Ao transpor através da lógica matemáticas, as observações feitas em campo, para um software, torna-se possível utilizar o contexto espacial e temático facilitadores no mapeamento, como foi no caso da classe Algaroba. O índices espectrais também foram de grande importância na divisão de classes e subclasses, dando destaque para o TGSI, que mesmo precisando de

alguns ajustes de edição conseguiu separar classes com respostas espectrais bastante semelhantes.

Cabe ressaltar que o objetivo da pesquisa não é uma divisão da fitofisionomia das espécies de caatinga, e sim, apresentar o seu estado de preservação junto a características apresentadas pelas classes estipuladas. Desse modo, o campo foi fundamental, uma vez que cada classe de cobertura na bacia geralmente está associada ao um uso, como é o caso da caatinga arbustiva e caatinga degradada, sendo a caatinga densa a classe de maior preservação dentro da bacia. Por fim é possível concluir que a bacia possui regionalizações quanto ao estado de preservação da vegetação, sendo fundamental uma política de preservação e conservação, tendo em vista o grande problema com as erosões e assoreamentos na região.

4. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, N V. **Ordenamento territorial geoambiental da bacia hidrográfica do rio Taperoá, semiárido paraibano** – Niterói : [s.n.], 2012. 238 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, 2012.

BRITO, F. B. de; VIANNA, P.C.G. **Conflito pelo uso da água do açude Epitácio Pessoa – PB.** In: Anais do Seminário Luso-Brasileiro-Caboverdiano – agricultura familiar em regiões de certificação, João Pessoa, UFPB, v. Único. P. 86 -100, 2006.

PEREIRA, J.L.G.; BATISTA, G.T.; THALÊS, M.C.; ROBERTS, D.A.; VENTURIERI, A. V. **Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da amazônia***. Geografia, v. 26, n. 1, p. 59–90, 2001.

TROLL**. A paisagem geográfica**. Stadium Generale, v. 2, p. 163–181, 1950.

XIAO, J., SHEN, Y., TATEISHI, R., BAYAER, W. **Development of topsoil grain size index for monitoring desertification in arid land using remote sensing.** International Journal of Remote Sensing Vol. 27, No. 12, p. 2411–2422, 2006

IBGE, **Manual técnico da vegetação brasileira**, 2ª edição, 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MORFOLOGIA DAS LAGOAS DO INTERFLÚVIO TOCANTINS/MANUEL ALVES, CENTRO-SUL DO ESTADO DO TOCANTINS

Péricles Souza Lima [(a)], Fernando Morais [(b)], Daniel Araújo Ramos dos Santos [(c)]

[(a)] LGA – Laboratório de Análises Geo-Ambientais / UFT – Universidade Federal doTocantins, Email: periclessouzalima@uft.edu.br

[(b)] LGA – Laboratório de Análises Geo-Ambientais / UFT – Universidade Federal do Tocantins, Email: morais@uft.edu.br

[(c)] IESA – Instituto de Estudos Socioambientais / UFG – Universidade Federal de Goiás, Email: daniel.a.sants@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho visou a caracterização morfométrica e classificação morfológica das lagoas do interflúvio dos rios Tocantins/Manuel Alves, estado do Tocantins. Com uso de técnicas e produtos de sensoriamento remoto e trabalhos de campo, foram delimitadas 179 feições, com o levantamento dos parâmetros: Área, Perímetro, Comprimento máximo e Largura máxima, e o cálculo dos índices de Vizinho mais próximo, Circularidade e razão Comprimento/Largura. Os resultados evidenciaram boa correlação entre os parâmetros índice de circularidade e razão Comprimento/Largura. Também foi possível notar uma agregação das feições na unidade geomorfológica Depressão do Alto Tocantins. As lagoas apresentaram seis padrões de formas, com destaque para as alongadas, seguidas das formas ovais e redondas. As observações de campo evidenciaram interferências antrópicas no interior e entorno de várias lagoas, com destaque para desmatamento e aprofundamento para capitação de água (cisternas e barragens).

Palavras chave: Lagoas, Sensoriamento Remoto, Análise Morfométrica, Tocantins.

1. Introdução

Os sistemas lacustres possuem importância paisagística e paleoclimática, carecendo, cada vez mais, de estudos acerca da sua gênese e dinâmica. Ademais, esses ambientes constituem habitat de variadas formas de vida, muitas vezes configurando-se como ecossistemas diferenciados, hospedando espécies endêmicas (ESTEVES, 1998). A formação desses sistemas depende de distintas condições climáticas e litológicas, podendo esses serem divididos em lagoas cársticas, lagos de planícies aluviais (COSTA et al., 2007), lagos de altas montanhas, lagunas costeiras (ARAÚJO, 2015) entre outros.

Os corpos lênticos, a despeito de uma relação com os fatores meteorológicos e litológicos, também possuem aspectos que possibilitam classificações a partir de sua gênese. Nessa perspectiva, Tundisi e Matsumura Tundisi (2008) pontuam onze tipos de corpos lênticos, contemplando lagos com origem tectônica (o Baikal na Sibéria), vulcânica (Lago Kivu na África central), glacial (Lago Ontário na América do norte) e fluvial, que são caracterizados pelos lagos de ferradura (*oxbow lakes*), comuns em rios meandrantes, com significativa ocorrência na planície do rio Amazonas (COSTA et al., 2007).

Sternberg (1950) analisou a relação dos rios e as morfologias dos lagos na bacia do rio Amazonas e inferiu que a gênese das feições lacustres está ligada aos processos endógenos, explicitados pelo controle geológico estrutural regional. Na região sudeste do Brasil, no médio vale do rio Doce, estado de Minas Gerais, destaca-se a contribuição de Pflug (1969) que, interpretando fotografias aéreas, realizou uma descrição da evolução do rio Doce e a formação de lagos a ele associados. Barbosa e Kohler (1981) também realizaram expressivo estudo sobre os lagos dessa mesma região, com levantamento e análise bibliográfica a respeito da gênese dessas depressões, além de descrições dos processos de colmatagem que atingem uma parcela daquelas feições. No Pantanal da Baixa Nhecolândia, no Mato-Grosso do Sul, Sakamoto et al. (2004) buscaram apresentar uma forma de abordagem voltada para a dinâmica dos sistemas lacustres, com uso de monitoramento do

ISBN: 978-85-7282-778-2

lençol freático. Almeida et al. (2006) avaliaram a distribuição espacial das lagoas salinas e hipossalinas dessa região, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, destacando a peculiaridade local e a complexidade na definição da gênese desses corpos d'água.

O comportamento, organização e distribuição dos lagos têm sido de grande importância para a compreensão da evolução do relevo. Assim, no que tange às lagoas como objeto de estudo, são poucos os trabalhos em geomorfologia lacustre no estado do Tocantins. Destaca-se o trabalho de Noronha (2009), a respeito das lagoas sobre substratos lateríticos da região de Palmeirópolis – TO. Entretanto, esse autor aborda mais a relação dos impactos sobre os elementos fitológicos das feições, com pouco aprofundamento nas discussões geomorfológicas. Pereira (2016) apresenta importante estudo sobre geomorfologia lacustre, trazendo contribuições sobre a gênese e evolução da Lagoa da Confusão, tornando-se um recente e relevante trabalho para a geomorfologia do Tocantins. No mais, a produção científica sobre a gênese e dinâmica dos lagos e lagoas se manifesta necessária, tendo em vista o contexto da expansão agropastoril e crescimento da demanda de recursos hídricos nos centros urbanos, nas últimas décadas no estado do Tocantins.

Nessa perspectiva, o objetivo deste estudo foi realizar a caracterização morfométrica e a classificação morfológica das lagoas distribuídas no interflúvio dos rios Tocantins/Manuel Alves, na porção centro-sul do estado do Tocantins. Ademais, buscou-se tecer considerações sobre sua distribuição e morfologia, além da caracterização das principais intervenções antrópicas nas lagoas mapeadas.

2. Materiais e Métodos

A pesquisa iniciou-se com o levantamento bibliográfico sobre sistemas lacustres, para orientação dos procedimentos metodológicos e interpretativos. Foram utilizadas cartas topográficas da Diretoria de Serviços Geográficos do Exército (DSG), na escala de 1:100.000, para a identificação da área de estudo, com a delimitação de um retângulo envolvente no

ISBN: 978-85-7282-778-2

software Google Earth Pro, entre os paralelos 11º 58' 56"/11º 17' 52" Sul e meridianos 48º 40' 30"/48º 10' 02" Oeste.

Para a caracterização litoestrutural e geomorfológica, foram utilizadas bases vetoriais do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que compõe o mapeamento sistemático da Amazônia Legal, ambos na escala de 1:250.000, além dos relatórios do Projeto RadamBrasil (BRASIL, 1981; IBGE, 2007; FRASCA et al., 2010). Para a análise dos aspectos pedológicos, climáticos e de uso e cobertura da terra, utilizou-se as bases vetoriais da Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins (SEPLAN, 2012). A análise topográfica do relevo foi feita a partir da interpretação do Modelo Digital de Elevação (MDE), elaborado e disponibilizado gratuitamente pela Agência *Alaska Satellite Facility.*

O *software* Qgis 2.18.16 foi utilizado no processamento e delimitação das formas lacustres, a partir da interpretação de imagens de satélite do *Bing Maps*, acessadas através da ferramenta *Open Layer Plugin* desse programa. Com o software Global Mapper 11.1 (licenciado pelo Laboratório de Análises Geo-Ambientais) foi realizado o levantamento dos parâmetros morfométricos primários, como Área (A), Perímetro (P), Largura máxima (L_{max}) e Comprimento (C_{max}) (MORAIS; SORIANO, 2017; PEREIRA, 2016; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Os valores encontrados foram organizados em uma tabela de atributos, facilitando a determinação das variáveis relacionadas ao cálculo do Índice de Circularidade (doravante Ic) das feições estudadas e na análise da Razão Comprimento/argura.

A classificação morfológica foi feita com base em Fuentes-Pérez et al. (2015), com pequenas adaptações, de maneira a obter uma classificação satisfatória, diminuído a quantidade de tipologias propostas, e fazendo considerações pertinentes à área estudada. Destarte, as tipologias selecionadas para analisar as formas das lagoas foram: Alongada; Lobulada; Oval; Redonda; Reniforme; Meia Lua (Figura 1). Utilizou-se a metodologia de aproximação até a feição lacustre, através da ferramenta *Toque de Zoom e Pam*, do Qgis

ISBN: 978-85-7282-778-2

2.18.16, tendo as imagens do *Bing Maps* e as do Google Earth Pro como camada máscara, além de imagens do satélite Sentinel 2, sensor MSI, como auxiliar na interpretação das feições.

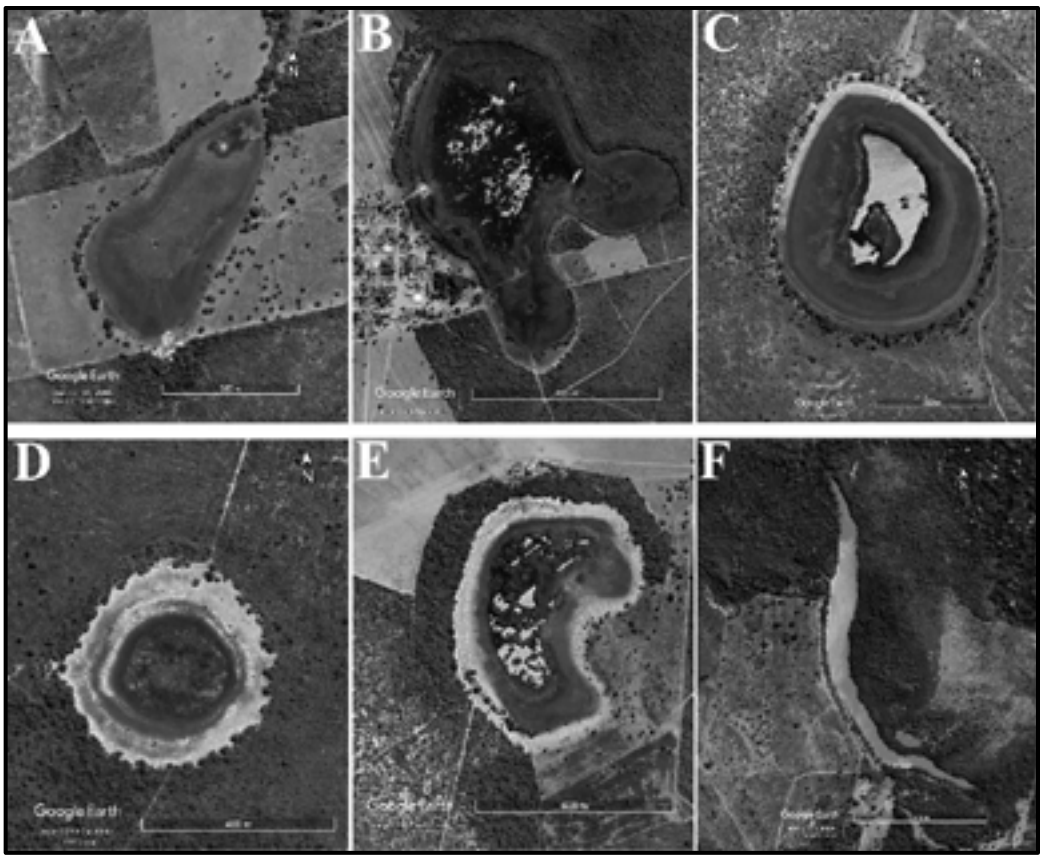


Figura 1 – Tipologias morfológicas das lagoas estudadas. Adaptado de Fuentes-Pérez et al. (2015): (A) Alongada; (B) Lobulada; (C) Oval; (D) Redonda; (E) Reniforme; (F) Meia Lua.

2.1. Caracterização da Área

Este estudo foi realizado na porção centro-meridional do estado do Tocantins, tendo como recorte espacial o interflúvio dos rios Tocantins/Manuel Alves (Figura 2). A área em questão abarca sete munícipios, a saber: Aliança do Tocantins, Brejinho de Nazaré, Chapada da Natividade, Gurupi, Peixe, São Valério da Natividade e Santa Rosa do Tocantins. Entretanto, as lagoas analisadas concentram-se nos municípios de Peixe e São Valério da

Natividade. A soja é o principal produto da região, e no ano de 2017 as cidades de Peixe e São Valério superaram 193.000 toneladas, mostrando forte participação da agricultura.

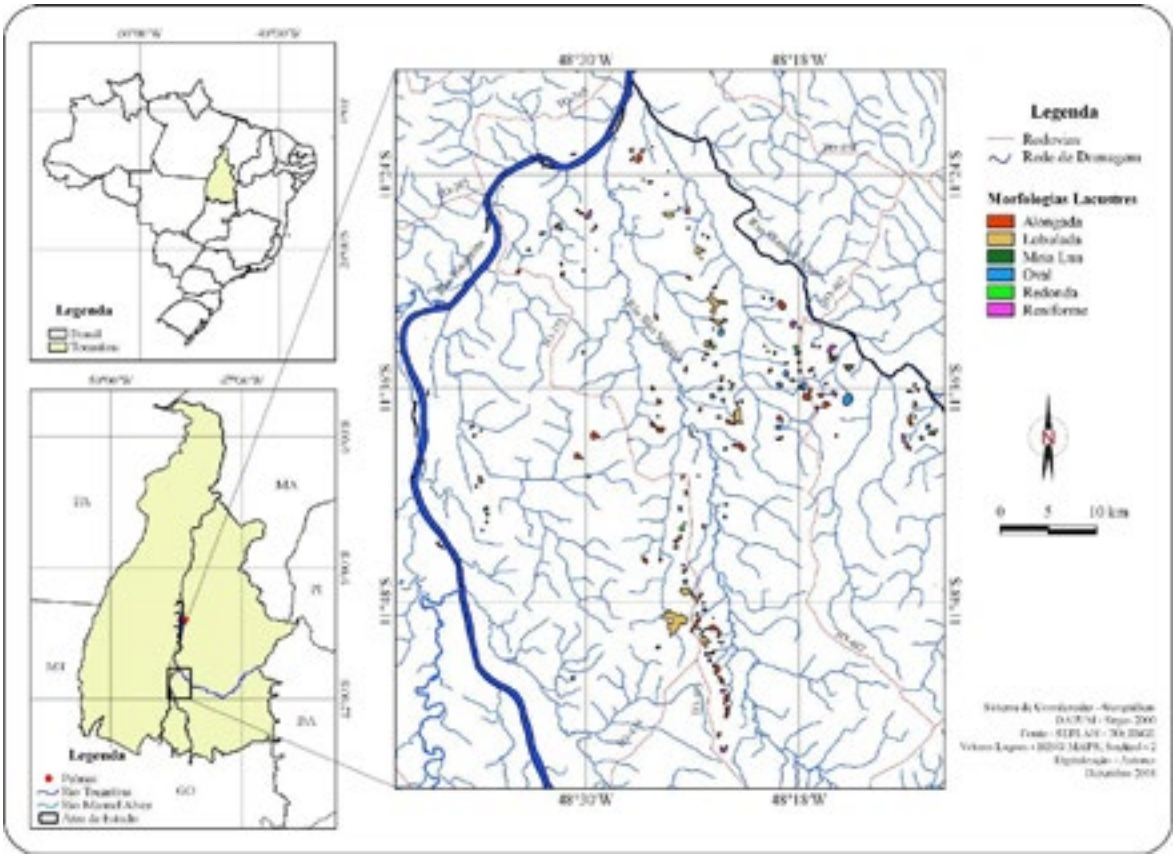


Figura 2 – Mapa de localização e tipologias morfológicas das lagoas estudadas.

A respeito dos fatores climáticos, a região está enquadrada na categoria C2w A ‘a”, apresentando clima úmido subúmido com moderada deficiência hídrica. A temperatura média anual é de 25 ºC, e a precipitação varia de 1.500 a 1.600 mm anuais (SEPLAN, 2012).

Quanto à geologia, a área não apresenta mapas de detalhe, sendo aqui utilizadas as informações da Folha SC.22-Z-D (Gurupi), do Serviço Geológico do Brasil – CPRM, além de outros trabalhos acadêmicos. A área está situada no Domínio Almas-Cavalcante, porção setentrional do Sistema Orogênico Tocantins (HASUI, 2012), onde, segundo esse mesmo autor, o embasamento é composto por gnaisses e granitos, com intrusões em forma de suítes

(São José Pequeno e Mata Azul). A parcela da área onde ocorre o maior número de lagoas mapeadas apresenta geologia dominada por Depósitos Detrito-Lateríticos, compostos por formações superficiais neógenas, além de depósitos aluvionares (FRASCA et al., 2010).

No que se refere à geomorfologia, a área está quase totalmente inserida nos domínios da Depressão Interplanáltica do Alto Tocantins, correspondentes à superfície pediplanada e com processos erosivos cortando o Complexo Almas-Cavalcante. Além de uma pequena porção apresentando terraços e planícies fluviais adjacentes aos rios Tocantins, São Valério e Manuel Alves (IBGE, 2007), caracterizando formas agradacionais periodicamente alagáveis, com ocorrência localizada de terraços fluviais. No limite noroeste da área, destacam-se ainda as Serras de Santo Antônio e João Damião, com topos tabulares, ambas relacionadas à geotectônica dos Cinturões Móveis Neoproterozóicos do Transbrasiliano. Assim como as informações de geologia, a geomorfologia da área também carece de mapas mais detalhados, estando as poucas informações disponíveis apenas em escala de semi-detalhe (1:250.000).

3. Resultados e Discussões

Foram cartografadas 179 lagoas. Para avaliar a distribuição dessas feições na área de estudo, aplicou-se o Índice de Distância ao Vizinho Mais Próximo (R_n), que indica uma relação entre a distância média calculada de cada feição até o vizinho mais próximo e a distância média esperada entre os pontos (FERREIRA, 2014). O índice de R_n encontrado foi 0,54, indicando uma considerável agregação das lagoas. A partir da análise do mapa geomorfológico, foi possível notar que existe uma maior concentração das feições na Depressão do Alto Tocantins, mormente ao longo da margem esquerda do rio São Valério, e entre este e o baixo curso do rio Manuel Alves.

Do total de lagoas analisadas, 48% possuem área (A) entre 9.600 m^2 e 97.000 m^2; 28% entre 100.000 m^2 e 200.000 m^2; de 0,2 km^2 a 0,4 km^2 apresentaram 16% do total; 5% estão entre 0,4 km^2 e 0,8 km^2. Quatro lagoas apresentaram área maior que 1,0 km^2, sendo que a Lagoa da Várzea possui 3,07 km^2. 34% das lagoas apresentaram perímetro (P) de 0 a 1 km;

ISBN: 978-85-7282-778-2

43% de 1 km a 2 km, sendo esta a classe com maior frequência. 25% das lagoas têm entre 2 km e 3 km de perímetro, com destaque para a Lagoa da Várzea, que apresenta 10,2 km.

O conjunto de feições analisadas apresenta comprimentos máximos (C_{max}) entre 125 e 2.776 m e largura máxima (L_{max}) entre 100 e 2.255 m. A partir desses dois parâmetros, calculou-se a razão Comprimento/Largura (MORAIS E SORIANO, 2017), visando compreender seus padrões de alongamento e possíveis controles estruturais. Os valores encontrados variam de 1,0 a 8,5 e apresentam uma distribuição assimétrica com concentração dos dados entre 100 e 500m, com 74% das lagoas (134) com valores de razão C_{max}/L_{max} entre 1-2. A partir da observação do gráfico de dispersão, o coeficiente (R2) aponta que existe uma relação positiva entre as variáveis, com forte aproximação dos valores de comprimento/largura para a linha de tendência respectivamente entre 100 e 1.000m. O valor do coeficiente encontrado foi de $R^2 = 0,65$, indicando que 45% das lagoas não podem ser explicadas apenas em função da relação comprimento/largura.

O Ic apresenta inversão na relação com a razão Comprimento/Largura, aonde à medida que o valor se aproxima de 1,0, a feição avaliada pode apresentar-se mais circular. Os valores levantados indicam predomínio do Ic das lagoas entre 0,8 e 1,0, correspondendo a 59% do total, o que contabiliza 105 feições, indicando uma correlação com os valores da razão Comprimento/Largura, e predomínio da forma circular.

No que diz respeito à morfologia (Figura 2), das 179 lagoas, 41% possuem forma Alongada, o que contabiliza 74 feições; 29% do total (52) são Ovais; 15% (27) são Redondas; 9% (17) Lobuladas, 4% (8) de padrão Reniforme e apenas uma lagoa apresenta tipologia em forma de Meia Lua. Esta última feição, em função de sua relação com o canal fluvial, pode ser caracterizada como *oxbow lake*. Ademais, tendo analisado os tipos de intervenções antrópicas ocorrentes nas lagoas e seu entorno, foi possível constatar que 77% delas não apresentam grandes alterações. Um tipo de intervenção que ficou evidente em 13% das lagoas foi a perfuração ou escavação em sua área, visando exploração do lençol freático (cisternas e

ISBN: 978-85-7282-778-2

cacimbas). Quanto às intervenções significativas, ou até mesmo irreversíveis, notou-se que 9% das lagoas (17 feições) apresentam estradas transpassando sua área.

Com objetivo de pôr de manifesto possíveis controles estruturais nos formatos das lagoas, foi feita uma roseta de direções dos eixos longitudinais. Os valores expuseram uma maior frequência na direção SE-NW, apontando para o nível de base regional (rio Tocantins), e secundariamente, pode-se notar um controle SW-NE, coincidindo com o padrão estrutural regional (Faixa Tocantins e Lineamento Transbrasiliano).

Sobre o posicionamento das lagoas, é possível avaliar que quase sua totalidade está situada nas áreas mais deprimidas, em altitudes variando entre 220 e 260 m, com declividades não ultrapassando 20%. Contudo, ao contrário de Palmquist (1979), não foi notada clara correlação entre a declividade do terreno e a proximidade dos cursos d'água com o índice de circularidade das feições, o que poderia evidenciar um controle do gradiente topográfico na forma das lagoas. Essa falta de articulação com a rede de drenagem atual havia sido aventada por Brasil (1981), ainda que em trabalhos de campo, foi possível notar que algumas destas feições constituem zonas de exfiltração, dando origem às nascentes com veredas.

As informações mostram que várias das hipóteses corriqueiramente pensadas para gênese e evolução de sistemas cársticos não se adequaram à realidade da área investigada, justificando trabalhos mais aprofundados de mapeamento, talvez com uso de métodos geofísicos (caminhamentos elétricos) e sondagens de campo, tipo SPT.

4. Considerações Finais

Com uso de técnicas de sensoriamento remoto e observações de campo, o presente trabalho visou a caracterização morfométrica e classificação morfológica das lagoas do interflúvio dos rios Tocantins/Manuel Alves. As informações levantadas permitiram considerar que:

As feições estudadas apresentam relativo índice de agregação, sobretudo nas porções relativas à Depressão do Alto Tocantins, onde o padrão de distribuição das lagoas e os índices

ISBN: 978-85-7282-778-2

levantados permitem inferir um controle do nível de base regional (rio Tocantins) e, secundariamente, uma correlação com as estruturas tectônicas regionais (Lineamento Transbrasiliano e Faixa Tocantins).

A ação antrópica sobre as lagoas e seu entorno foi evidenciada, em campo, com a observação de aprofundamento de algumas feições para aproveitamento como barragem para dessedentação de animais, além de desmatamentos das bordas para expansão da agricultura.

Por fim, a área de estudo carece de abordagem em diversas vertentes, seja geomorfológica, palinológica etc. Principalmente por ser uma região com elevada atividade agropastoril e com problemas de escassez hídrica.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, T. I. R. de.; FERNANDES, E.; MENDES, D.; SÍGOLO, J. B. Distribuição espacial de diferentes classes de lagoas no Pantanal da Nhecolândia, MS: uma contribuição ao estudo de sua compartimentação e gênese. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal. n. 1, 2006, Campo Grande - MS. **Anais do 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal.** Campo Grande: EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA/INPE, 2006. p. 155-164. Disponível em: <http://mtc-m16b.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.12.11.13>. Acesso: 25/01/2019.

ARAÚJO, W. S. **Caracterização morfológica do sistema flúvio-lagunar lagamar de Porto do Mangue (RN).** 2015. 95f. Monografia (Bacharel em Geografia) – Centro de Ensino Superior do Seridó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Caicó – RN, 2015.

BARBOSA, G. V.; KOHLER, H. C. O sistema lagunar do parque estadual do rio Doce (MG). **Sociedade Brasileira de Geologia.** Belo Horizonte – MG. n. 2, p. 37-44, 1981. Disponível em: <http://sbg-mg.org.br/novosite/wp-content/uploads/2017/11/boletim-2.pdf>. Acesso em: 15/08/2018.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: Folha SC.22 Tocantins: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL. Série: Levantamento de recursos naturais. Rio de Janeiro, v. 22, 520 p., 1981.

COSTA, M. L. da.; MENESES, M.E. N. da S.; CARVALHO, L. C. F.; COSTA, J. A. V. Produções bibliográficas sobre ambientes lacustres no Brasil. **Acta Geográfica.** Boa Vista – RR, v. 1, n. 1, p. 113-122, 2007. Disponível em: <https://revista.ufrr.br/actageo/issue/view/32/showToc>. Acesso em: 15/08/2018.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.

FERREIRA, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. Rio Claro: Ed. UNESP, 2014. 343 p.

FRASCA, A. A. S.; LIMA, H. A. F; MORAES, L. L.; RIBEIRO, P. S. E. **Projeto sudeste do Tocantins: Geologia e Recursos Minerais da Folha Gurupi - SC.22-Z-D, escala 1:250.000**. Nota Explicativa. Org.: FRASCA, A. A. S. CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Goiânia: 2010.

FUENTES-PÉREZ, J. F.; NAVARRO HEVIA, J.; RUIZ LEGAZPI, J.; GARCÍA-VEGA, A. Inventario y caracterización morfológica de lagos y lagunas de alta montaña en las provincias de Palencia y León (España). **Pirineos – Revista de Ecología de Montaña.** Huesca – Espanha, v.170, 2015. Disponível em: <http://pirineos.revistas.csic.es/index.php/pirineos/article/view/260/292>. Acesso em: 25/01/2019.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Tocantins. In: HASUI, Y; CARNEIRO, C. D. R; BARTORELLI, A; ALMEIDA, F. F. M. (Org.). **Geologia do Brasil**. 1 ed. São Paulo: Beca, 2012, p. 289-325.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Geológico do Tocantins**. Coordenação de Recursos naturais e Estudos Ambientais, 1. ed. Rio de Janeiro, IBGE, 2007. Escala: 1.000.000.

MORAIS, F.; SORIANO, M. A. Análisis morfométrico de dolinas y parámetros geofísicos aplicados al estudio de los flujos de agua subterránea en la cuenca del Ebro, Zaragoza, España. **Geociências,** São Paulo, v. 36, n. 2, p. 221-232, 2017.

NORONHA, S. E. de. **Caracterização dos ecossistemas lacustres sobre substrato laterítico na região de Palmeirópolis – TO.** 2009. 89 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) – Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2009.

PALMQUIST, R. Geologic controls on doline characteristics in mantled karst. **Zeitschrift für Geomorphologie Suppl**., v. 32, p. 90-106, 1979.

PEREIRA, G. C. **Contribuições à geomorfologia da Lagoa da Confusão – TO**. 2016. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional – TO, 2016.

PFLUG, R. Quaternary lakes of eastern Brazil. **Photogrammetria,** Amsterdam – Holanda. v.24, p. 29-35, 1969.

SAKAMOTO, A. I.; SAKAMOTO, L. L. S.; QUEIROZ NETO, J. P. de.; BARBIERO, L. Abordagem metodológica para o estudo de lagoas e salinas do Pantanal da Nhecolândia, MS: fazenda São Miguel do Firme. In: Simpósio Sobre Recursos Naturais e Socio-econômicos do Pantanal. n. 4, 2004, Corumbá – MS. **Anais do 4º Simpósio Sobre Recursos Naturais Socio-econômicos do Pantanal.** Corumbá: EMBRAPA-CPAP: UFMS – CEUC, 2004. Disponível em:<https://www.cpap.embrapa.br/agencia/simpan/sumario/artigos/asperctos/pdf/abioticos/408RA-SAKAMOTO_%20OK1Visto.PDF>. Acesso em: 25/01/2019.

SEPLAN – **Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública, Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico -** DZE**.** 6ª ed. Palmas: Seplan, 2012.

STERNBERG, H. O. R. Vales tectônicos na planície amazônica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 12, n. 4, p. 513-533, 1950.

STEVAUX, J. C.; LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia Fluvial.** São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 336 p.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 632 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MUDANÇAS NA COBERTURA E NO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE OURINHOS-SP NOS ANOS DE 1984 E 2018

Anderson Oliveira de Araújo [(a)], Edson Luís Piroli [(b)] e Daniela Fernanda da Silva-Fuzzo [(c)]

[(a)] Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Ourinhos, e-mail: anderson.oliveira7@live.com

[(b)] Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Ourinhos, e-mail: edson.piroli@unesp.br

[(c)] Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Ourinhos, e-mail: silva.danielaf@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O levantamento do uso e da cobertura da terra é fundamental para analisar as mudanças ocorridas em um local num determinado intervalo de tempo, ocasionados de forma natural ou antrópica. Este trabalho trouxe resultados de um período de 34 anos. As imagens de satélite do Landsat 5/TM e 8/OLI e as vinte fotografias aéreas datadas de 1984 auxiliaram na vetorização das classes de uso de cada período. A partir do mapeamento, as principais mudanças observadas foram o aumento da cultura canavieira, um pequeno avanço da área florestal e o crescimento da urbanização. As Áreas de Preservação Permanente (APP) localizadas no município de Ourinhos não são devidamente preservadas, sendo ocupadas em vários locais por campos, pela cultura canavieira e pela silvicultura.

Palavras-chave: uso e cobertura da terra, área de preservação permanente, geoprocessamento, sistema de informação geográfica.

1. Introdução

O uso da terra é definido por Novo (1989) como uma utilização "cultural" da terra, enquanto a cobertura da terra refere-se a seu revestimento. A autora cita as áreas florestais como um exemplo desta diferenciação por serem vistas apenas como uma cobertura, mas também podem ter diferentes usos como lazer, exploração de madeiras e reservas biológicas. O levantamento destes "indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre" (IBGE, 2013, p. 37) e "(...) é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão" (IBGE, 2013, p. 38).

O geoprocessamento é um instrumento de processamento de dados rápido e eficiente, que tem sido utilizado cada vez mais nas análises ambientais, possibilitando o acompanhamento de fenômenos naturais dinâmicos da natureza, como também o desenvolvimento de fenômenos antrópicos em tempo real. Também colabora na investigação da adequação do uso da terra, principalmente nas Áreas de Preservação Permanente (APP) que são importantes para a preservação da biodiversidade (PIROLI, 2013).

O presente artigo objetiva analisar as mudanças ocorridas no uso e na cobertura da terra entre os anos de 1984 e 2018 em Ourinhos-SP verificando a presença das culturas temporárias e da mata ciliar nas APP, utilizando técnicas de geoprocessamento.

2. Materiais e métodos

2.1. Área de estudo

O município de Ourinhos (Figura 1) se localiza no interior do estado de São Paulo. Ocupa uma área de 295,818 km² e tem uma população estimada de 112.711 habitantes, havendo assim, uma densidade demográfica de 380,43 habitantes/km² (IBGE, 2018). De acordo com a Classificação Climática de Köppen, o clima do local é caracterizado como Am - tropical chuvoso com inverno seco (CEPAGRI, 2017 adaptado por ARAÚJO; PIROLI; SILVA-FUZZO, 2017). Situa-se na Bacia Sedimentar do Paraná, tem uma altitude média de 492 metros representada por colinas amplas e baixas e a sua formação geológica é a Serra Geral (JKsg) do Grupo São Bento (IPT, 1981 adaptado por

ARAÚJO; PIROLI; SILVA-FUZZO, 2017). Possui três tipos de solos: gleissolos háplicos – GX11, latossolos vermelhos - LV1, LV22 e LV45 e nitossolos vermelhos - NV1 (ROSSI, 2017).

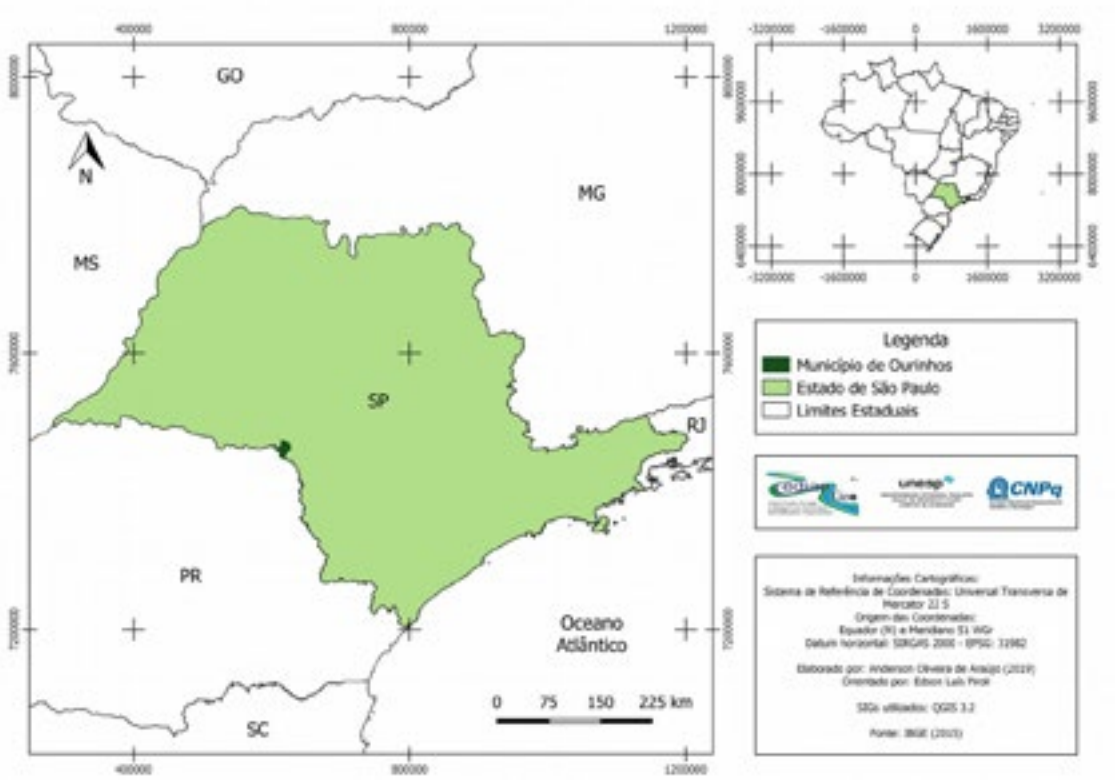


Figura 1 – Localização do município de Ourinhos.
Elaborado por: Anderson Oliveira de Araújo (2019).

2.2. Obtenção de dados e construção dos mapas no SIG

Os materiais utilizados na presente pesquisa foram uma imagem do satélite *Landsat* 5/TM (01/10/1984) e outra do *Landsat* 8/OLI (22/04/2018), um arquivo *shapefile* do limite do município de Ourinhos delimitado por Piroli & Oliveira (2013) e os sistemas de informação geográfica (SIG) ArcGis 10.3 e o QGIS 3.2 para a elaboração dos mapas. Primeiramente, a imagem do *Landsat* 5 foi georreferenciada. Em seguida, foram feitas duas composições falsa-cor RGB 543 (*Landsat* 5) e 654 (*Landsat* 8). As cartas topográficas do IBGE, folhas Ourinhos (SF-22-Z-A-VI-3) e Jacarezinho (SF-22-Z-C-III-1) na escala 1:50.000, foram úteis para a vetorização inicial dos córregos. As classes de uso e cobertura da terra identificadas foram: área urbanizada, campestre, corpo d'água continental, cultura

temporária, florestal, pastagem e silvicultura, conforme estabelecido pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013). As classes adaptadas neste trabalho foram: cana-de-açúcar, chácara e sede rural, córregos, estradas, usina hidrelétrica e usina sucroalcooleira. Em busca de uma maior precisão na vetorização das classes do ano de 1984, foram utilizadas 20 fotografias aéreas do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC) datadas de setembro, da região de Marília, faixas 18 (imagens 42 a 49), 19 a (imagens 13 a 19) e 20 (imagens 5 a 9) na escala 1:35.000. O cálculo das classes (em hectare e metros) foi feito por meio da "Calculadora de Campo" (presente na "Tabela de Atributos" do *shapefile*), existente no software QGIS.

3. Resultados e discussões

A Figura 2 mostra a distribuição dos usos e das coberturas da terra no ano de 1984. Nela é possível observar que a cultura temporária se destacava em Ourinhos naquele ano.

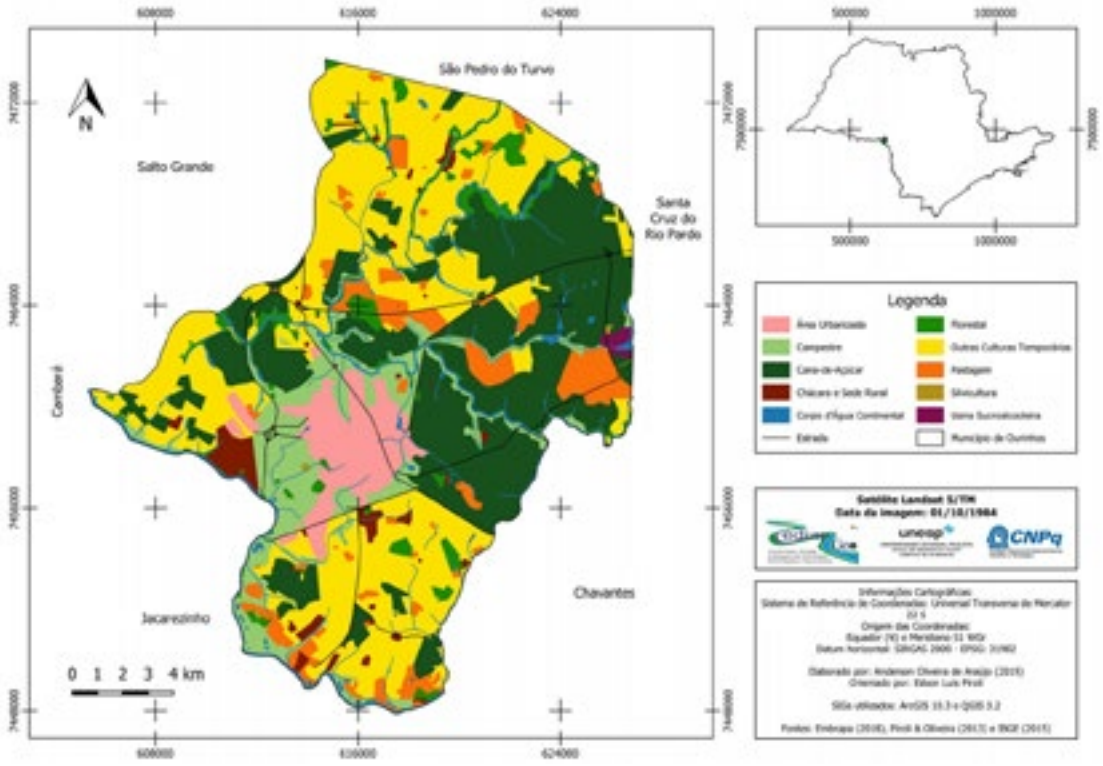


Figura 2 – Uso e cobertura da terra do município de Ourinhos em 1984.
Elaborado por: Anderson Oliveira de Araújo (2019).

A Figura 3 mostra a distribuição dos usos e das coberturas da terra no ano de 2018. Nela é possível observar que a cana-de-açúcar passou a predominar no município. A área urbanizada se ampliou devido ao aumento da população, à industrialização e à especulação imobiliária que vem implantando vários conjuntos habitacionais e condomínios em Ourinhos. A ampliação da área de cana-de-açúcar fez com que as culturas temporárias, que predominavam em 1984 graças ao plantio feito pelos pequenos agricultores, sofressem importante redução em sua extensão.

Outro uso da terra que teve a sua área expandida foi a silvicultura, uma floresta para fins comerciais. A área florestal que era praticamente nula em Ourinhos, aumentou devido à pressão da legislação ambiental e ao aumento da consciência sobre a importância da preservação da natureza. Mesmo assim, são poucos os cursos d'água que tem mata ciliar completa. As nascentes dos córregos estão normalmente cercadas pelo campo e pela cultura canavieira. Em alguns lugares há presença de mata em torno dos rios que chega a superar o que é estabelecido pela legislação, porém, é a área campestre que predomina nas margens destes cursos d'água.

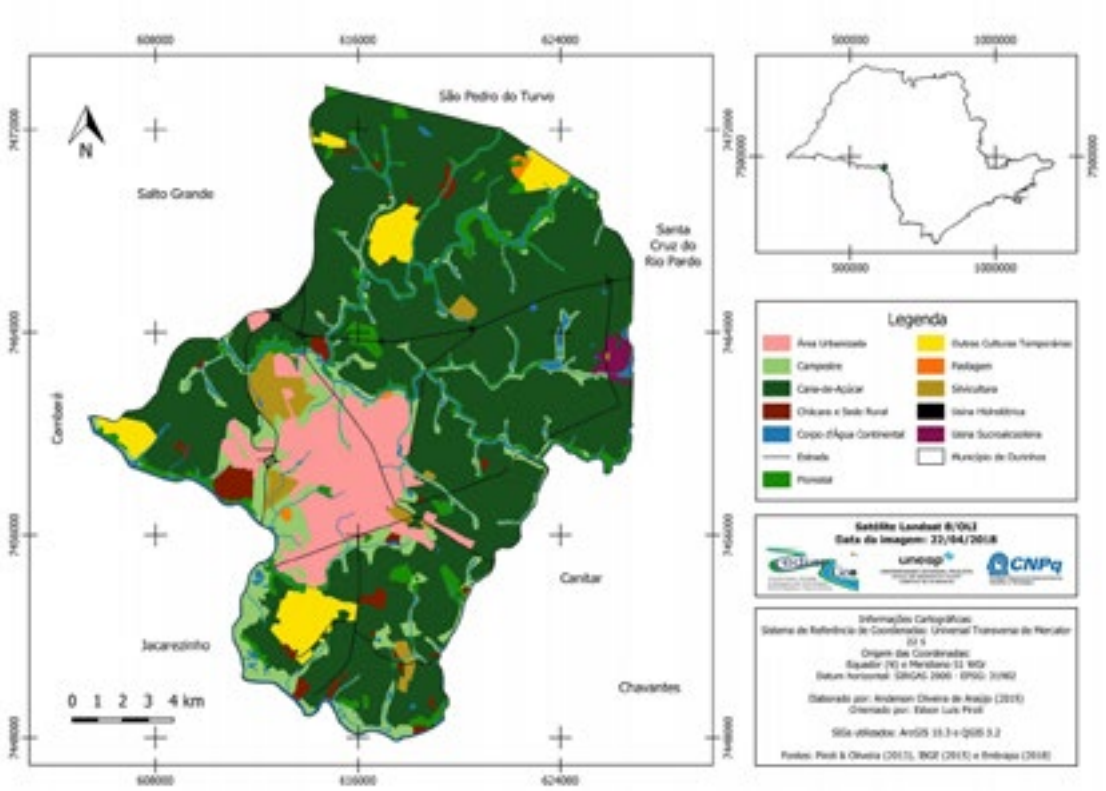


Figura 3 – Uso e cobertura da terra do município de Ourinhos em 2018.
Elaborado por: Anderson Oliveira de Araújo (2019).

O Quadro 1 mostra as mudanças ocorridas nas áreas de cada categoria de uso e cobertura. Os rios Paranapanema, Pardo e Turvo foram separados da classe "Corpo d'água continental" para ver se houve um período de cheia.

Quadro I - Área em hectares das classes de uso e cobertura da terra e porcentagem de ganho e perda em 1984 e 2018.
Elaborado por: Anderson Oliveira de Araújo (2019).

Classes	**1984 (ha)**	**2018 (ha)**	**Porcentagem (%)**
Área urbanizada	1771,63	2945,77	66,27
Campestre	3126,95	3612,81	15,54
Cana-de-açúcar	10019,73	18005,61	87,69
Chácara e sede rural	620,46	496,36	-20
Corpo d'água continental	159,93	202,87	26,85
Cultura temporária	10288,34	1262,43	-87,73
Florestal	1089,08	1661,27	52,54
Pastagem	1914,08	65,11	-96,6
Rio Paranapanema	173,85	179,85	3,45
Rio Pardo	117,02	113,76	-2,79
Rio Turvo	123,21	107,32	-12,9
Silvicultura	13,46	689,63	5123,55
Usina hidrelétrica	0	2,2	-
Usina sucroalcooleira	86,73	159,48	83,88
Total	**29504,47**	**29504,47**	**-**

Quadro II - Área em metros das classes de uso e cobertura da terra e porcentagem de ganho e perda em 1984 e 2018.
Elaborado por: Anderson Oliveira de Araújo (2019).

Classes	**1984 (m)**	**2018 (m)**	**Porcentagem (%)**
Córregos	137594,83	125953,05	-8,46
Estradas	92990,93	96839,2	4,14

4. Considerações finais

As geotecnologias utilizadas foram fundamentais para a análise das mudanças ocorridas no espaço temporal estudado. Observou-se que o aumento da área de cultura da cana-de-açúcar reduziu drasticamente as áreas de outras culturas temporárias onde o plantio era realizado pelos pequenos agricultores. A área urbanizada cresceu devido ao aumento populacional, à vinda das indústrias e à especulação imobiliária. A área florestal se ampliou, sem, no entanto, atender a todas as necessidades. As APP não estão completamente protegidas por matas ciliares.

Agradecimentos

Agradecemos à CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo auxílio financeiro que nos ajudou na realização deste trabalho.

5. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, Anderson Oliveira de; PIROLI, Edson Luís; SILVA-FUZZO, Daniela Fernanda da. **Análise da Evolução Temporal do NDVI/MODIS em Área de Cana-de-Açúcar no Município de Ourinhos nos anos de 2014 e 2015**. In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta, Rio de Janeiro-RJ, 2017. Anais… Rio de Janeiro-RJ: Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, 2017, p. 698-701.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Brasil / São Paulo / Ourinhos**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ourinhos/panorama. Acesso em: 21 jan. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**, 3ª ed., IBGE, Rio de Janeiro, 2013, 172 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Catálogo de Imagens**. Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/CDSR/. Acesso em: 22 mai. 2018.

NOVO, Evlyn Márcia Leão de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2ª ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1992, 308 p.

PIROLI, Edson Luís. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das Áreas de Preservação Permanente dos corpos d'água da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**. Tese

(Livre-Docência no Conjunto de Disciplinas Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento) – Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Ourinhos, Ourinhos, p. 15, 2013.

ROSSI, Marcio. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo:** revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal. 2017, v. 1. 118 p. (inclui mapas).

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O AUXÍLIO DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO MONITORAMENTO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DA MINERAÇÃO: O USO DO GOOGLE EARTH NO MONITORAMENTO DA EXTRAÇÃO DE SEIXO NO MUNICÍPIO DE OURÉM - PA

Paula Gabriela Travasso Araujo [(a)], Luis Felipe da Silva Lima[(b)], Daniel Araújo Sombra Soares [(c).]

[(a)] Graduanda em Licenciatura Plena em Geografia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus Universitário de Castanhal (Campus XX), gabrielapaula.pg@gmail.com
[(b)] Graduando em Licenciatura Plena em Geografia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus Universitario de Castanhal (Campus XX), luizfsilvalima@gmail.com
[(c)] Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará(PPGEO-UFPA). Geógrafo do Nucleo de Meio Ambiente da Universidade Federal do Pará (NUMA-UFPA), dsombra@ufpa.br

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Aplicada aos Estudos Ambientais

Resumo

O objetivo deste trabalho é mostrar como o uso das geotecnologias pode auxiliar no monitoramento e fiscalização da extração de minério, especificamente, Agregados da Construção Civil (seixo), no município de Ourém, este, localizado no interior do Estado do Pará. Para isso, propõe-se a utilização da ferramenta Google Earth, como instrumento de fiscalização, por possibilitar produtos cartográficos que serão fundamentais no processo de gestão e fiscalização da atividade na região.

Palavras chave: Ourém, Agregados da Constução Civil, Google Earth, Fiscalização e Monitoramento.

1. Introdução

O uso das Geotecnologias tem possibilitado muitos estudos acerca das dinâmicas do planeta terra, principalmente aquelas provocadas pela ação do homem sobre os recursos naturais (mineral vegetal e animal). A apropriação dessas novas Geotecnologias tem proporcionado uma análise mais precisa dos usos atribuidos a estes recursos, possibilitando uma série de dados e produtos cartográficos para fins de monitotamento, fiscalização e prevenção.

O Google Earth esta entre essas novas Geotecnologias que tem contribuido para o processo acima citado, por se tratar segundo Miranda (2006, p.21) de um "Sistema sofisticado para navegação em qualquer parte do globo terrestre [...] criando mosaicos de imagens de satélites, cobrindo todas as regiões da terra". Mesmo sendo recente, o Google Earth tem tido bastante relevância nas produções acadêmicas, tendo em vista, a sua eficácia em termos de praticidade em seu manuseio.

A utilização do Google Earth como método de monitoramento e fiscalização, frente à mineração, especificamente a extração de Agregados da Construção Civil, possibilita uma ação mais direta sobre esta atividade, haja vista, que a ferramenta permite uma visualização em tempo real, das áreas de extração deste minério, facilitando a gestão sobre este recurso, e também, possíveis diagnósticos dos problemas socioambientais acarretados pelo mesmo.

A mineração de Agregados (areia, cascalho) para a Construção Civil, está entre os mais consumidos do mundo. Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), estima-se que o consumo deste tipo de minério, chegue a 1,12 bilhões de tonaledas no ano de 2022, dado esse, que se sustenta, diante da demanda do setor imobiliário nos últimos anos. Porém, este tipo de atividade, causa muitos impactos socioambientais, como observados no municipio de Ourém-Pa.

O municipio de Ourém localiza-se no interior do Estado do Pará, distante 182 km da capital, Belém, e segundo a nova regionalização do IBGE (2017), pertence à Região Imediata de Castanhal e à Região Imediata de Capitão – Poço. A população estimada do município é de 17.721 habitantes, distribuidos em uma área territórial de 562,387 km², com densidade demográfica de 29 hab/km².

A região destaca-se na produção de Agregados para Cosntrução Civil, sendo este, uma das principais fontes de renda da população, e segunda maior geradora de emprego. Em consequência desta atividade, o município tem apresentado uma serie de impactos ambientais, que poderiam ser evitados ou amenizados caso houvesse uma fiscalização eficaz. Nesse sentido, o Google Earth, possibiltaria uma gestão, rápida e eficaz sobre o recurso citado.

ISBN: 978-85-7282-778-2

O objetivo deste trabalho é reunir informaçãoes para possibilitar o entendimento dos aspectos ligados à mineração de agregados e principalmente, mostrar como a geotecnologia, representada pelo Google Earth, pode auxiliar de forma simples e eficaz no processo de monitoramento e fiscalização dos impactos gerados por essa atividade, para assim, evita-los ou minimiza-los.

2. Metodologia

Para elaboração da pesquisa, foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito da inportância das Geotecnologais para a sociedade, e principalmente no que se refere a sua utilização para fins de monitoramento e fiscalização do meio ambiente. Além de pesquisas acerca da mineração, em especial, a extração de Agregados da Construção Civil no Municipio de Ourém – PA.

Foi utilizado o Google Earth Pro versão 7.3.2.5776, que é um programa desenvolvido pela empresa estadunidense Google, como instrumento para verificação das áreas de extração de minério, a partir de um conhecimento prévio da área, a fim de obter produtos cartográficos precisos desta atividade no município.

3. Resultados e discussões

Como resultado da aplicação metodológica, foi possível identicar em primeiro momento, a importância socioeconomica da mineração para o município, onde, parte significativa do que é produzido, destina-se a capital Belém e sua região metropolitana (SOUZA *et al,* 2016). Entretanto, mesmo diante de uma atividade de grande importância, constatou-se que há falhas da gestão municipal em relação a sua responsabilidade de fiscalizar e monitorar as atividades que comprometem o meio ambiente local.

Com o auxílio da ferramenta Google Earth, foi possível constatar as áreas impactadas pela mineração e observar a dimensão desta atividade no município, observando-se o que podemos chamar de “corredor da mineração” e também, demarcar as áreas de extração, apontando a localização das mineradoras conforme ilustra a figura 1, delimitada apartir do Google Earth.

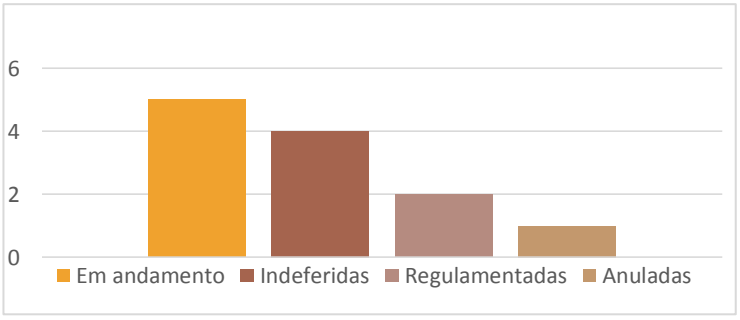
ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 1: Delimitação do "Corredor da Mineração"

Fonte: Google Earth, mar/2019; adaptado pelos autores.

A partir do conhecimento prévio da área de estudo foi possível apontar a ação de cerca de quinze mineradoras na região, conforme verificado no “corredor da mineração” da figura 1. No entanto, segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), há o registro de apenas doze mineradoras ativas, onde, dentre essas, algumas encontam-se inregulares, conforme verificado na tabela abaixo.

Tabela 1: Situação Documental de Licenciamento das Mineradoras.



Fonte: DNPM, mar/2019; adaptado pelos autores.

Apesar de se constatar que exitem inregularades documental para o funcionamento das mineradoras, as mesmas continuam em plena atividade, expandindo suas áreas de cavas de seixo de forma ilegal, Desta maneira, impactando diretamente o meo ambiente, que sofre com a perda de área de vegetação, compactação do solo entre outros danos, que poderiam ser evitados caso houvesse uma intervensão da gestão municipal.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

A mineração no município de Ourém exerce um papel socioeconômico fundamental, mas, é importante levar em consideração os impactos gerados por esse tipo de atividade, a redução destes danos, depende de uma fiscalização eficiente do poder público, sendo de interesse maior deste, devido o retorno monetário que esta atividade, deveria dar ao município.

Portanto, para isso há uma necessidade da utilização de novas tecnologias para assim minimizar os impactos socioeconômicos que a mineração ocasiona nesse sentido a ferramenta Google Earth é um meio de alcançar esse objetivo, já que a mesma disponibilizou como resultado, produtos cartográficos precisos das áreas de impactos dessa mineração no município, além da localização das mineradoras, facilitando o trabalho da gestão, ao aderi-la como uma ferramenta de auxílio neste processo.

Referências Bibliográficas

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL-DNPM. **Processos Minerários do Município de Ourém – Pará.** Disponível em: https://sistemas.dnpm.gov.br/SCM/site/admin/pesquisarProcessos.aspx. Acesso em: 08 de fev. 2019

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTASTISTICA - IBGE. Ourém-PA. 2017. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/ourem/panorama. Acesso em: 08 de fev. de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM. **Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira.** 7°. ed. IBRAM. dez. de 2012. Disponível em: http://www.ibram.org.br . Acesso em 11 de fev. 2019.

MIRANDA, José Iquelmar. **Usando o Google Earth para publicação de dados proprietários**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2006

SOUZA, J. T. M; PENA, H. W. A; SILVA, B. E. B. **Análise espacial das atividades de mineração: expansão das áreas de Cavas de seixo e areia no município de Ourém, PA.** Revista Observatório de la Economía Latinoamericana, Brasil. 2016.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O CONCEITO DE GEOMORPHONS E SUA APLICABILIDADE NO MUNICÍPIO DE CAPÃO DO CIPÓ/RS

Marizete Palhano Chaves [(a)], Marinéli Moraes Gaberti [(b)], Marizane Palhano Chaves[(c)], Romario Trentin[(d)]

[(a)] Departamento de Geografia /Bolsista PROBIC/ Universidade Federal de Santa Maria, dmldl82@hotmail.com
[(b)]Departamento de Geografia /Bolsista PIBIC/ Universidade Federal de Santa Maria, marinelemorais @hotmail.com
[(c)] Departamento de Geografia / Universidade Federal de Santa Maria, chavesmarizane@hotmail.com
[(d)] Departamento de Geociências / Universidade Federal de Santa Maria, romario.trentin@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Desde o princípio das tecnologias se utiliza softwares para mostrar a aplicabilidade de dados topográficos, principalmente na utilização de ferramentas de SIG (Sistemas de Informações Geográficas). Neste trabalho foi utilizado da análise de relevo para a classificação das unidades de relevo que ocorrem no município de Capão do Cipó/RS. Portanto de acordo com os dados apresentados no estudo, foi possível fazer a identificação de 10 elementos, sendo eles: 1.(Áreas Planas) 2.(Pico) 3.(Aresta) 4.(Ressalto) 5.(Crista Secundária) 6.(Encosta) 7.(Escavado) 8.(Base da Encosta) 9.(Vale) 10.(Fosso).

Palavras chave: SIG (Sistemas de Informações Geográficas), Geomorphons, Unidades de Relevo.

1. Introdução

No decorrer das últimas décadas tornou-se cada vez mais necessário, a introdução de geotecnologias para avaliar locais, ver o comportamento e as características do meio físico, com isso, autores como Schmidt e Dikau (1999) discutem diferentes aspectos sobre as informações de relevo são de extrema importância para se fazer uma classificação de paisagem. Os elementos do relevo identificados na área de estudo está localizada na região Centro-Oeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo limitada pelas Coordenadas Geográficas 28° 75' 00'' e 29° 20' 00" de latitude Sul e 54° 42' 00" e 54° 78' 00" de longitude Oeste (Figura 1).

2. Materiais e Métodos

Utilizou-se a definição de geomorphons que é baseada na proposta de de Jasiewicz & Stepinski, (2013), onde os autores analisam a similaridade textural do MDE, que apresenta a variação dos níveis de cinza entre células vizinhas considerando um nível específico e transfere os valores de elevação do terreno, onde a maioria é "1", menor é "-1" e igual é " 0. A aplicação exige um conjunto de dados raster e dois valores escalares, livres, como parâmetros. O arquivo de entrada para a varredura é uma MDE,os dois parâmetros livres são lookup "L" (distância em metros ou célula unidades) e thresholdt (nivelamento em graus). Para os parâmetros livres, aplicou-se valor de "L" igual a 20 pixels (1800 metros) e graus "t" igual a 2º.Após o processamento dos MDEs em ambiente online foi definido as 10 classes de *geomorphons* no programa ArcMap10.4.1 para a realização do layout final.

3. Resultados e Discussões

Sendo assim os elementos do relevo foram identificados em 10 formas, sendo eles: 1.(Áreas Planas) 2.(Pico) 3.(Aresta) 4.(Ressalto) 5.(Crista Secundária) 6.(Encosta) 7.(Escavado) 8.(Base da Encosta) 9.(Vale) 10.(Fosso), conforme mostra Figura 2.Com relação a distribuição espacial associada no município de Capão do Cipó/RS, os elementos de relevo que mais se destacaram foi o vale com 233,89km^2 sendo representado por 23,18% da área total do município, posteriormente o elemento encosta identificado com 232,74km^{2,} sendo 23,07% , a crista secundária com 188,88 km^2 e com 18,71%,

o que reflete na criação de colinas onduladas. devidamente seguido pelo elemento crista com 174,65km^2 e 17,31% da área. O elemento escavado tem cerca de 136,06km^2 sendo 13,48% da área em estudo, e estão diretamente relacionados aos elementos de pico. As áreas Planas ocorrem somente em 1,2 km^2 e se caracterizam por formas sem elevações acentuadas, por ter apenas 0,12% da área, essa pequena parte ocupada pelas áreas planas se dá pelo município não ter a presença rios de grande ordem. Já os ressaltos ocupam 4,46 km^2 sendo 0,44% da área e a base da encosta com 7,49km e 0,74% da área total do município. Todas as características apresentadas durante a confecção dessa base de dados, juntamente com as formas da encosta, foram validadas com saídas de campo no município.

4. Considerações Finais

Com o aumento da utilização das geotecnologias e seu constante desenvolvimento, a utilização de geomorphons no município de Capão do Cipó/RS nos revelou características que futuramente poderão dar auxílio nas mais diversas análises das formas de relevo que essa região possui, entre elas a interpretação total dos modelos digitais de elevação. A utilização do geomorphons, se mostrou uma técnica bastante eficiente na delimitação de diferentes compartimentos de relevo.

Agradecimentos

Ao professor e orientador Romário Trentin, por seus ensinamentos e incentivo; Aos meus pais Eronita Palhano e Antonio Chaves e especialmente a minha irmã Marizane Palhano Chaves pelo incentivo, apoio e por nunca deixar eu perder o amor pelos estudos; Aos colegas do Laboratório de Geologia Ambiental;Agradeço também a FAPERGS pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malhas Digitais: Municípios 2010.** Disponível em: Acesso em: 10 jan. 2019.

ROBAINA, L.E.S; TRENTIN, R.; LAURENT, F. **Compartimentação do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada**. Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.17, n.2, p.287-298, 2016.

CARVALHO, T.M.; BAYER, M. **Utilização dos produtos da "Shuttle Radar Topography Mission" (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 9, p. 35-41, 2008.

SUMMERFIELD, M.A. **Global Geomorphology an introduction to the study of landforms.** England: British Library Cataloguing in Publication Data, 1997. p. 535.

Figuras e Tabelas

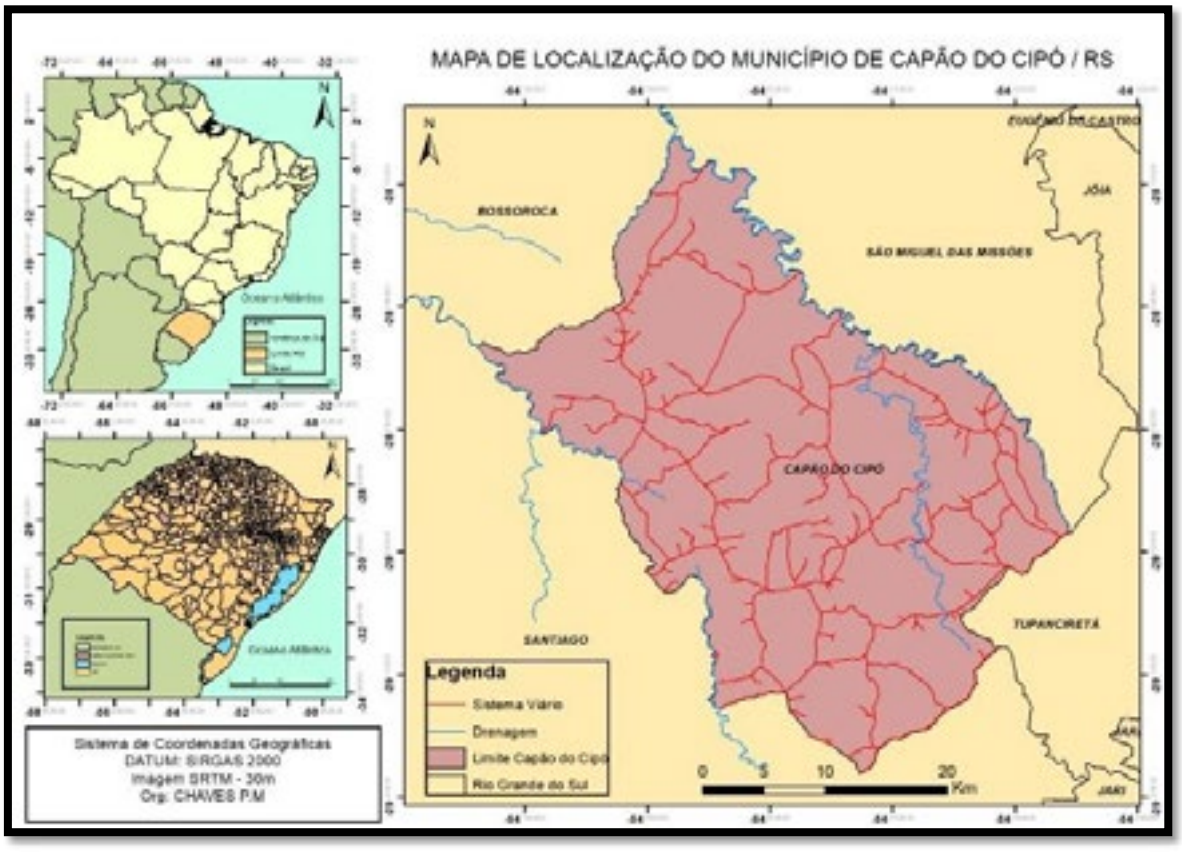


Figura 1. Mapa de localização do município de Capão do Cipó/RS. Org.: Os autores

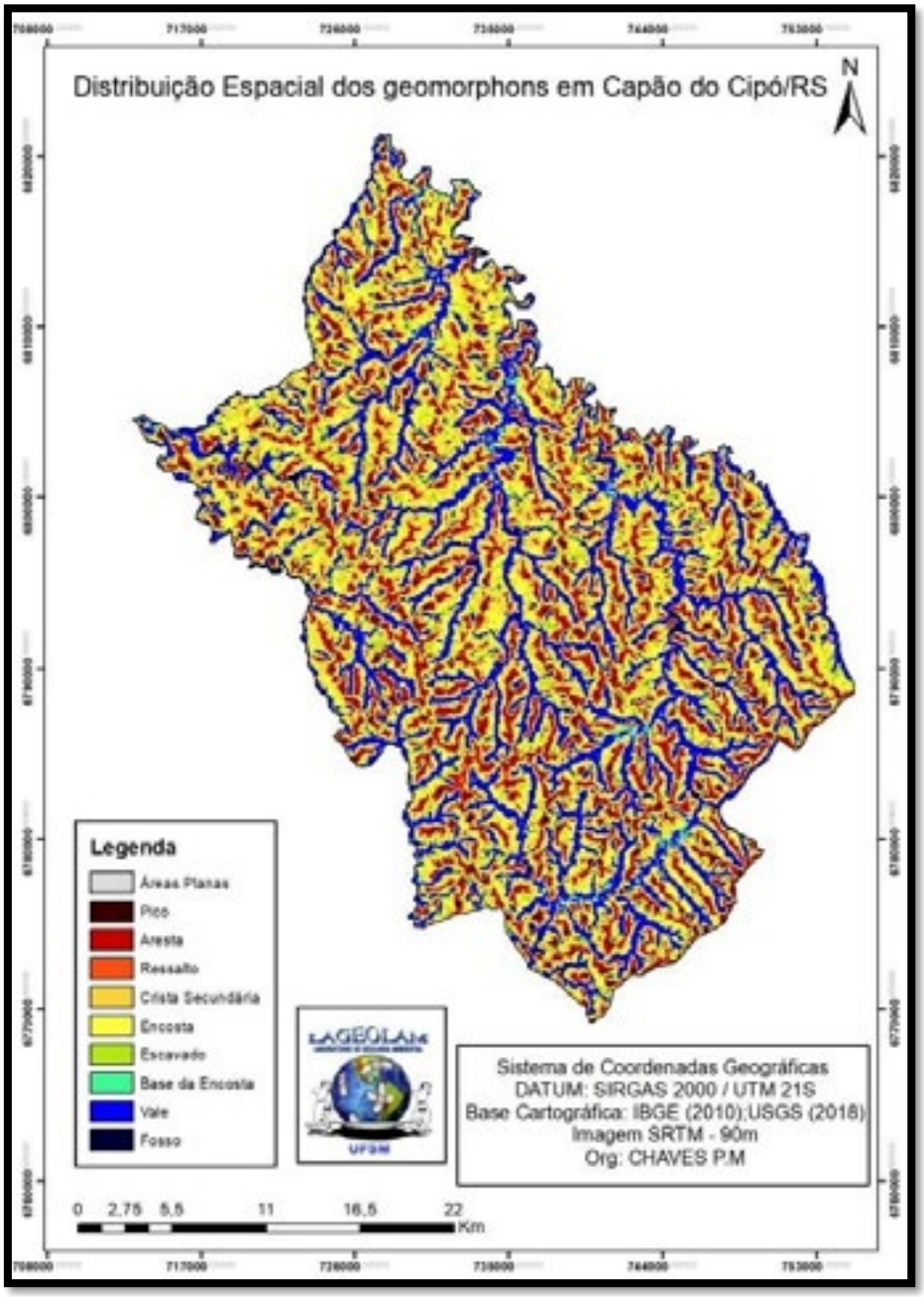


Figura 2 Distribuição Espacial de Geomorphons no município de Capão do Cipó/RS. Org.: Os autores

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O USO DE FERRAMENTAS DO *SOFTWARE* QGIS PARA O MONITORAMENTO DO CICLONE EXTRATROPICAL DE OUTUBRO DE 2016 EM RIO GRANDE/RS

Bruna Cavalcanti Gautério[(a)] e Éder Leandro Bayer Maier[(b)]

[(a)]Universidade Federal do Rio Grande, gauteriobruna@gmail.com

[(b)]Universidade Federal do Rio Grande, edermaier@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O trabalho analisou através do *software* QGIS o ciclone extratropical ocorrido entre os dias 24/10/2016 e 29/10/2016 em Rio Grande/RS. Os impactos gerados pelo evento extremo objetivaram o estabelecimento espacialmente de como esse fenômeno atingiu o município. As análises abrangeram duas escalas espaciais, uma continental (América do Sul) e outra regional (extremo sul do Brasil). A evolução do sistema frontal foi identificada através imagens do satélite GOES e vetorizada no QGIS. Assim como também foram processados, através do método *Size* e do complemento *Vector Field Renderer,* dados meteorológicos do INMET. Os resultados mostraram o SIG como uma ferramenta eficaz para o monitoramento de ciclones extratropicais. Os mapeamentos finais foram satisfatórios para compreender o processo evolutivo do ciclone que atingiu Rio Grande. As coleções de ferramentas dispostas em *softwares* SIG são capazes de solucionar problemas práticos através de suas diferentes resoluções espaciais e temporais.

Palavras chave: Geotecnologias. Geoprocessamento. Eventos Extremos. Clima Subtropical. Ciclone Extratropical.

1. Introdução

A dinâmica natural do planeta Terra mais os impactos ambientais negativos das atividades antrópicas estão alterando os climas globais (IPCC, 2007). Consequentemente, os climas brasileiros e os sistemas ambientais brasileiros também sofrem alterações como, por exemplo, aumento das temperaturas, secas e enchentes intensas e prolongadas, eventos extremos e entre outros (MARENGO et al., 2006, p.19).

As mudanças ambientais e climáticas têm aumentado a vulnerabilidade e diminuído a resiliência socioambiental, porque progressivamente é diminuída a capacidade de suporte do sistema. Adicionalmente, no Brasil há carência de um planejamento ambiental mais eficaz, que vise à mitigação dos riscos, vulnerabilidade e maior eficiência da compensação frente a eventos extremos.

Nesse contexto, a investigação da dinâmica atmosférica dos eventos extremos pode contribuir para compreensão da formação e evolução dos fenômenos, especialmente os ciclones extratropicais. A partir da compreensão do sistema atmosférico é possível inferir subsídios que vise a diminuição dos riscos ambientais, a compensação dos impactos dos eventos extremos e a adaptação dos usos dos recursos naturais de acordo com seus ciclos.

O município vivencia dentro de um espaço de tempo episódios de enchentes, ocorrência de granizos, ciclones extratropicais e entre outros fenômenos que comprometem a sua capacidade de resiliência socioambiental. Frente esse cenário as geotecnologias através dos métodos de análise espacial dão suporte para que esses eventos sejam premeditados. O SIG sendo uma geotecnologia pode ser considerado “como um mecanismo para analisar dados e revelar novas perspectivas” (LONGLEY, et al., 2013, p.21).

O presente trabalho tem por objetivo aplicar ferramentas de SIG do *sowftware* QGIS para o monitoramento do evento extremo ocorrido em outubro de 2016 resultante da passagem de um ciclone extratropical no município do Rio Grande/RS. Com isso, possuí o

ISBN: 978-85-7282-778-2

intuito de apresentar resultados satisfatórios que culminam no monitoramento eficaz da passagem de sistemas frontais. E através disso, entender a distribuição espacial dos atributos das condições atmosféricas que necessitam de amplas preescrições de estratégias visando um planejamento eficiente e pró-ativo.

2. Referencial Teórico

2.1. Formação de ciclones extratropicais

A formação e intensificação de ciclones na atmosfera se referem à ciclogênese, enquanto a ciclólise apresenta a maneira como esse sistema circulatório de baixa pressão, disposto em baixos níveis na superfície, se dissipa (REBOITA, 2008, p.8). Frequentemente, a costa entre o Uruguai e o sudeste do Brasil são afetados por esses sistemas que causam ventos fortes, precipitação e redução de temperatura e sendo consideradas áreas ciclogênicas. As frentes e ciclones nessas áreas se formam em uma região chamada de frente polar, através do choque de duas massas de ar com propriedades térmicas distintas (REBOITA, et al., 2012, p.36).

As porções continentais e costeiras no extremo sul do Brasil situam-se em médias latitudes, em uma área considerada de forte atividade ciclogenética (REBOITA, et al., 2012, p.39) e foram atingidas pelo ciclone de outubro de 2016. A Planície Costeira do Rio Grande do Sul é banhada pelo Oceano Atlântico e sofre influência da dinâmica compreendida entre o Anticiclone Subtropical Atlântico, as passagens de massas polares e a depressão barométrica (FAVERA, et al., 2012, p.41).

O favorecimento para a formação de frentes e de ciclones extratropicais ocorre na frente polar com o choque entre duas massas de ar. Com isso, frequentemente, a costa sul/sudeste do Brasil e outra entre o Uruguai e o extremo sul do Brasil é afetada por esses sistemas que causam ventos fortes, precipitação e redução de temperatura (REBOITA. et al., 2012, p.44).

ISBN: 978-85-7282-778-2

2.2. O Sistema de Informações Geográficas como ferramenta de monitoramento, análise e suporte na tomada de decisão

O SIG possui a capacidade de estabelecer um modelo de dados para cada fenômeno que será estudado. Sendo assim, todas as circunstâncias complexas da realidade geográfica podem ser monitoradas em SIG mostrando como os objetivos de estudo podem ser dispostos através de dados digitais em um ambiente computacional como esse (LONGLEY, et al., 2013, p.208).

Segundo Longley, et al. (2013, p.226), os objetivos traçados em um determinado estudo regem o modelo de dados geográficos que será utilizado ao longo do trabalho. Com isso, é necessário que seja estabelecido um eficiente banco de dados para que a análise geográfica seja fidedigna. A modelagem de dados geográficos necessita da compreensão do estado e comportamento das variáveis que serão analisadas. Abrangendo então diversos modelos de dados específicos para cada propósito projetado ao longo do processo metodológico.

A Ciência, em especial a Geográfica, dá forma às decisões e boas decisões são acompanhadas de muitas informações geográficas (IG's). O SIG atrelado as IG's são fundamentais para a resolução de problemas do mundo real (LONGLEY, et al., 2013, p.44). O processo decisório vincula-se com uma série de variáveis de análise que exigem o emprego de metodologias multicritério. Através da manipulação simultânea dos critérios os SIG's tornam-se uma ferramenta para a busca de soluções. Seus sofisticados programas e complementos possuem operações específicas para atender os objetivos propostos (FITZ, 2008, p.140).

3. Materiais e Métodos

ISBN: 978-85-7282-778-2

O trabalho foi realizado considerando duas escalas, a primeira compreende as latitudes do sul da América Sul e a segunda escala, mais regional, abrangendo o extremo sul do Brasil e o Uruguai (Figura 1). As figuras do satélite GOES (*Geostationary Operational Environmental Satellite*) do sensor da banda 4 realçada, que foram adquiridas no site do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), se referem à América do Sul.

Através dessas figuras foi possível traçar a evolução do sistema frontal e do ciclone extratropical na janela temporal do dia 24 de outubro de 2016 até o dia 29 de outubro de 2016. As figuras foram extraídas em um período de 4 em 4 horas, sendo correspondentes a 00:00 horas, 04:00 horas, 08:00 horas, 12:00 horas, 16:00 horas e 20:00 horas, totalizando 6 imagens por dia. A vetorização da evolução dos sistemas sinóticos foi realizada com as imagens obtidas às 20 horas.

Para a aquisição dos dados meteorológicos que correspondem a precipitação, direção, velocidade e ângulo do vento foi necessário acessar o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Se realizou o *download* dos dados de 14 estações meteorológicas que compreendem os municípios de Bagé, Caçapava do Sul, Camaquã, Canguçu, Dom Pedrito, Jaguarão, Mostardas, Porto Alegre, Rio Grande, Rio Pardo, Santa Maria, Barra do Chuí em Santa Vitória do Palmar, São Gabriel e no município de Rocha, no Uruguai. As variáveis meteorológicas foram coletadas de hora em hora, e correspondem ao período entre 24 e 29 de outubro de 2016.

O processamento dos dados e *layout* das produções cartográficas foi realizado no software QGIS 2.18.16. Os dados de precipitação foram salvos sem extensão CSV (*Comma-Separated Values*), que possibilitou gerar um arquivo vetorial shp (*shapefile*) do tipo pontos. Esse shp de informações pontuais permitiu que o estilo do vetor, denominado de Graduado, no QGIS, fosse aplicado. Dentro dessa graduação que somente pode ser realizada com dados numéricos, foi aplicado o método *size*.

A classificação por esse método foi padrão do software, com os limites de classes (5) e modo de representação (intervalos iguais) apresentados automaticamente pelo programa.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com isso, se gerou um produto cartográfico que indica a simbologia do ponto proporcional ao seu valor atribuído, tendo uma melhor visualização espacial da intensidade do evento ocorrida em cada estação meteorológica.

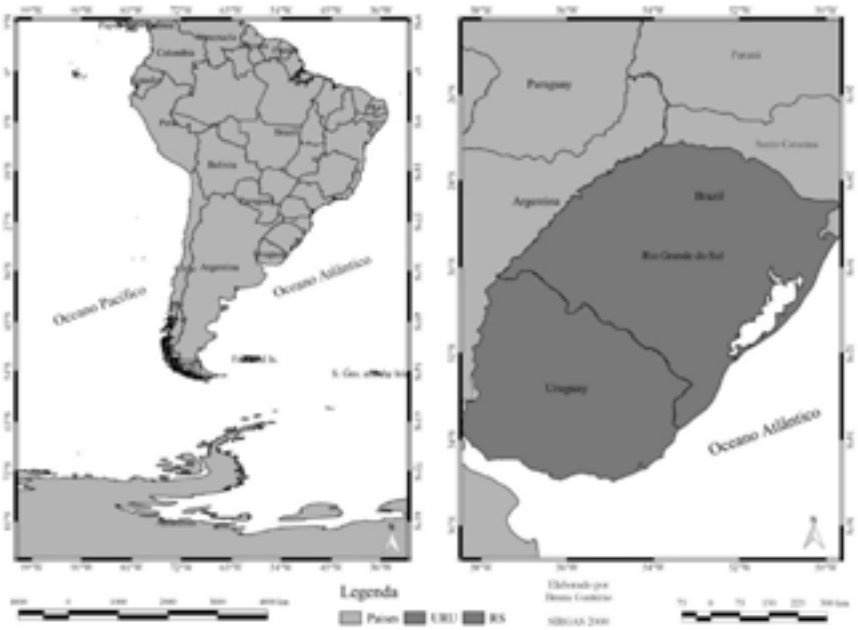


Figura 1 – Área de estudo. Fonte: própria da autora, 2018.

Os dados de vento (direção e intensidade) foram convertidos em componentes meridionais e zonais do vento usando funções seno e cosseno do ângulo do vento multiplicado pela intensidade, conforme mostra a Figura 2. Posteriormente, foi identificada a máxima intensidade da rajada do vento para cada dia do período entre 24 e 29 de outubro. Os dados foram importados para o QGIS, em extensão csv e transformada em arquivo vetorial pontual. O uso do complemento denominado de *Vector Field Renderer* permitiu a visualização dos vetores do vento.

A escala dos vetores foi configurada usando a intensidade de 2 m/s. Com isso, se obteve mapas do dia 24/10/2016 até o dia 29/10/2016 com as informações de velocidade média do vento e rajada máxima diária sobrepostas para todas as estações.

ISBN: 978-85-7282-778-2

As imagens GOES adquiridas estavam dispostas em extensões jpg. (*Joint Photographics Experts Group*) e foram transformadas para a extensão tiff. (*Tagged Image File Format*). Após realizou-se o georreferenciamento das 36 imagens tiff. a fim de vetorizar o desenvolvimento,intensificação e dissipação da frente fria e do ciclone extratropical. Esse processo de vetorização ocorreu em todas as imagens correspondente as 20 horas de cada dia.

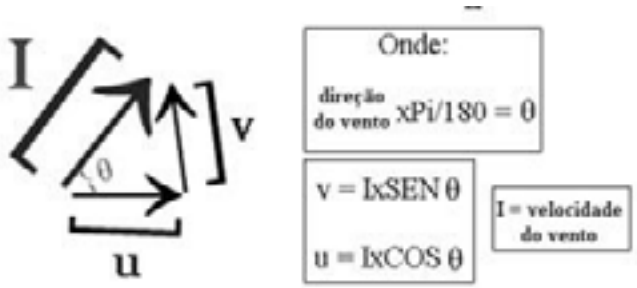


Figura 2: Fórmula utilizada para obter os vetores de vento. Fonte: KRUSCHE, et al., 2002, p.30.

Os vetores de linhas foram criados para cada dia do evento, exceto para o dia 29/10/2016, pois a vetorização se deu através da dedução, sendo assim impossível identificar com precisão nas últimas 24 horas onde exatamente o ciclone se encontraria na imagem. Com isso, se obteve vetorização da frente fria do dia 24/10/2016 ao dia 28/10/2016, a vetorização do vórtice ciclônico no dia 27/10/2016 e a dissipação do mesmo no dia 28/10/2016.

3. Resultados e discussões

O monitoramento da evolução do sistema frontal, no qual teve formação no sul da Argentina e sudeste do Chile e dissipação no sul do Oceano Atlântico, foi traçado através do reconhecimento visual da frente fria que avançou os diferentes países da América do Sul. Obteve-se vetorizações classificadas com de geometria de linha ao longo de cada dia da janela temporal. As linhas vetorizadas obtiveram um deslocamento de 400 a 500km, segundo a escala do mapa, devido ao avanço do sistema frontal a cada 24 horas, conforme mostra a Figura 3.

ISBN: 978-85-7282-778-2

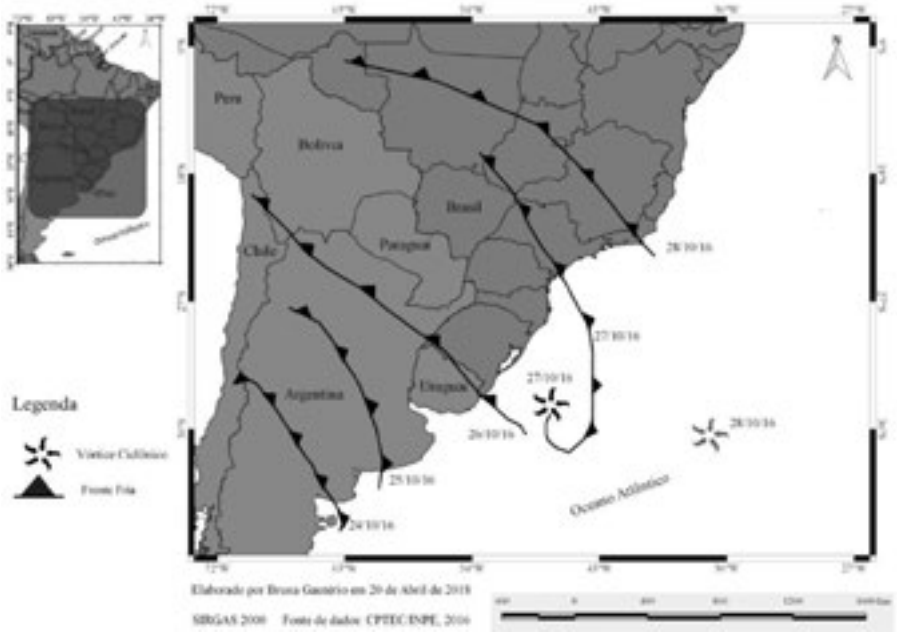


Figura 3: Evolução do sistema frontal e formação do ciclone extratropical. Fonte: própria do autor, 2018

O vórtice ciclônico de baixa pressão foi identificado como o "olho do ciclone extratropical". Ele foi estabelecido tanto no dia 27 quanto no dia 28 de outubro de 2016, pois foram os dias de maior intensidade do ciclone na costa do Rio Grande do Sul, mesmo com o deslocamento para leste no dia 28/10/16. O vórtice foi mapeado como uma camada de informação vetorial do tipo ponto e sua simbologia foi modificada para setas que indicassem o sentido do giro do ciclone (Figura 3).

A espacialização da precipitação acumulada resultou em pontos proporcionais ao valor do índice pluviométrico dentro dos 6 dias de análise do trabalho (Figura 4). Através disso, pode-se compreender a quantidade de precipitação de maneira rápida apenas com a visualização dos pontos proporcionais e para um melhor entendimento, em relação aos valores, pode-se consultar a legenda do mapa que dispõe o intervalo, em milímetros, precipitados em cada estação meteorológica.

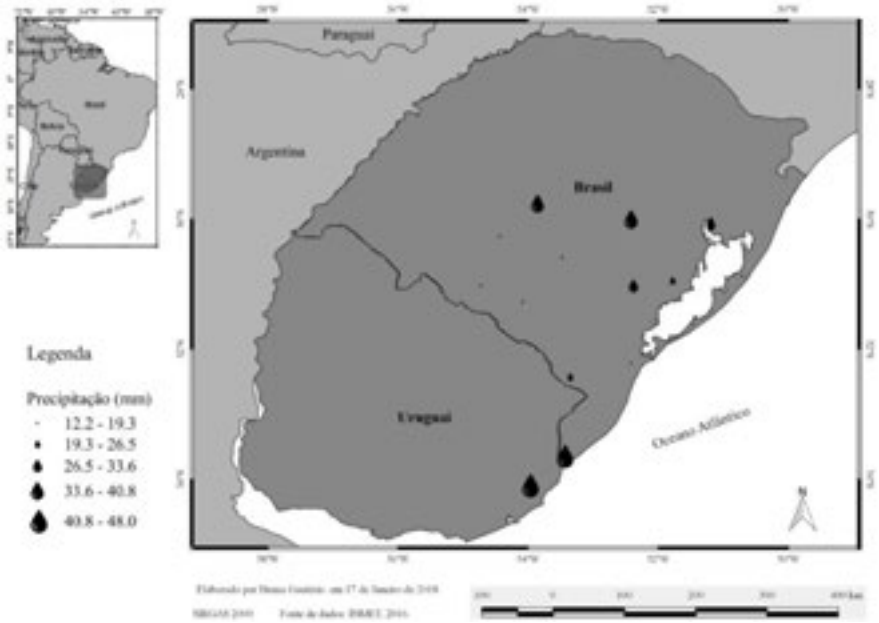


Figura 4: Precipitação acumulada referente aos 6 dias de análise. Fonte: INMET, 2016; própria do autor, 2018.

Com o intuito de compreender o regime de ventos associado ao sistema frontal e ao ciclone extratropical, gerou-se cenários para cada dia de análise (Figura 5). Com isso, os 6 mapas vetoriais mostram a intensidade e direção do vento. As componentes meridionais e zonais indicaram uma forte mudança do vento no dia 27/10/16 (Figura 5D), ela ocorreu pelo o estabelecimento do ciclone extratropical em latitudes médias, estabelecendo ventos com giro horário. Adicionalmente, é mostrado a rajada máxima diária.

O cenário do regime de ventos possibilitou o reconhecimento visual do estabelecimento de um ciclone extratropical na costa riograndina, pois o vento predominante atuando no município do Rio Grande é de sentido nordeste. A medida em que o vento assumiu um quadrante de sul/sudeste (dia 27/10/26 e 28/10/26) nota-se que uma fuga do padrão está ocorrendo. Normalmente, a causa da fuga desse padrão está associada a passagens de sistemas frontais, que eventualmente eclodem em ciclones extratropicais. Os mesmos possuem caracteristicas de um centro de baixa pressão associado com o giro horário no qual coincide com o mapa apresentado (Figura 5D e Figura 5E).

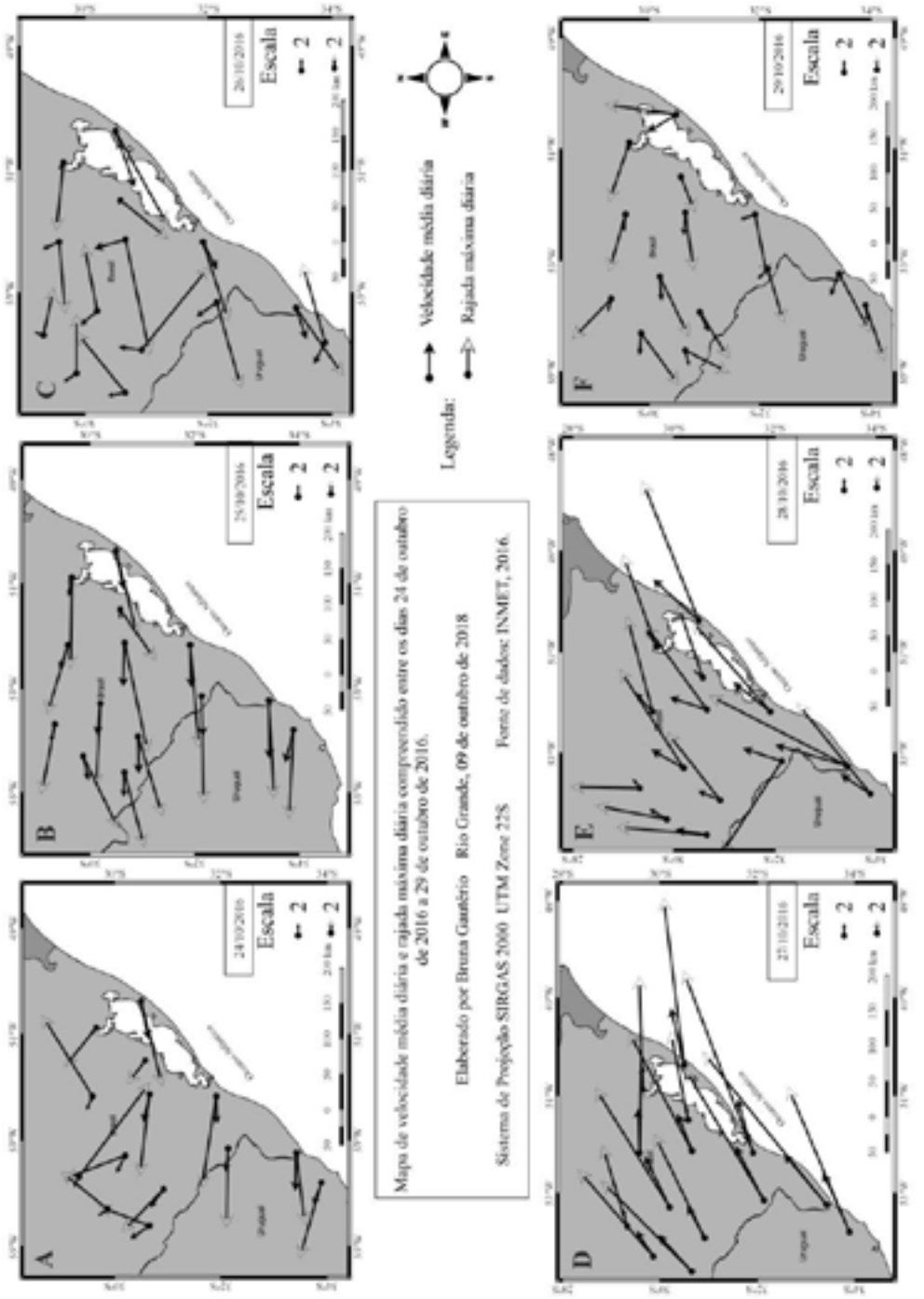


Figura 5: Cenário do regime de ventos do dia 24/10/2016 ao dia 29/10/2016 com a velocidade média do dia e a rajada máxima diária. Fonte: INMET 2016; própria do autor, 2018.

3. Considerações finais

A formação do ciclone extratropical no dia 27/10/2016 ocorreu em latitudes médias (32º S e 52º O) na costa do Rio Grande do Sul. Esse gerou intensos ventos de aproximadamente 40 km/h, fortes rajadas de até 108 km/h e precipitações de ≅ 12 mm de precipitação para o município de Rio Grande. Essas variáveis quantitativas aqui dispostas foram espacializadas através do processamento, com as ferramentas do QGIS, dos dados coletados. A análise dos dados brutos poderia ter sido feita de forma separada, mas somente o SIG consegue integrar diversos dados e possibilita a análise em conjunto.

O SIG através de suas diferentes ferramentas foi satisfatório para atingir um resultado de monitoramento do avanço do sistema frontal e também para mapear as ocorrências de precipitações associadas ao evento extremo e identificar o regime de ventos responsável por destelhar casas, derrubar árvores e danificar o sistema de energia elétrica publica. Através dos mapeamentos apresentados em ambiente SIG é possível estabelecer tomadas de decisões para futuras ocorrências semelhantes a passagem desse evento extremo no litoral do Rio Grande do Sul.

Agradecimentos

Os agradecimentos são direcionados a FAPERGS, pelo recurso destinado à elaboração da pesquisa, ao Laboratório de Climatologia e Cartografia (LACCA) da FURG, ao INMET pela disponibilização gratuita dos dados meteorológicos, ao CPTEC pela disponibilização gratuita das figuras do satélite GOES e aos responsáveis por gerir e atualizar as ferramentas do *software* QGIS.

Referências Bibliográficas

FAVERA, A. C. D., et al. **Potencial Eólico no Rio Grande do Sul – Distribuição Estatística dos Ventos na Região Central do Estado**. Revista de Geografia Acadêmica, v. 6, n. 1, p. 38-51, 2012.

FITZ, P.**Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 160p.

IPCC. **ClimateChange 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007, 104 p.

KRUSCHE. N. *et all*. **Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS. Rio Grande**, editora da UFSM, 2002, 75p.

LONGLEY, P. A., *et al*. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3 ed. – Porto Alegre: Bookman, 2013, 540 p.

MARENGO, J. A. **Mudanças Climáticas Globais e Regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro**. Revista Brasileira de Meteorologia, São Paulo, v.16, n.1, 2001. 18 p.

REBOITA, M. S. **Ciclones Extratropicais Sobre o Atlântico Sul: Simulação Climática e Experimentos de Sensibilidade**. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008, 294 p.

REBOITA, M. S., *et al*. **Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul**. Revista Terra e Didática, vol. 8, n. 1, p. 34-50, 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O USO E OCUPAÇÃO DA SUPERFÍCIE NO MUNICÍPIO DE FREI MARTINHO/PB: SENSORIAMENTO REMOTO COMO TÉCNICA DE ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL

Yuri Gomes de Souza [(1)], Janaína Barbosa da Silva[(2)], José Antônio Vilar Pereira[(3)], Iluliane Maria Gadelha Correia[(4)], Cauê Souto Vieira[(5)], Gabryelle de Farias Souza[(6)]

[(1)] Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Campina Grande – yurigomes.s28@gmail.com; [(2)] Professora Dra. do Departamento de Geografia, Universidade Federal de Campina Grande - janaina.barbosa@ufcg.edu.br; [(3)] Mestrando em Geografia, Universidade Federal da Paraíba - joseantoniovilar36@gmail.com; [(4)] Graduada em Geografia pela Universidade Federal de Campina Grande - iluliane.correia@gmail.com; [(5)] Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Campina Grande - cauesouto@hotmail.com; [(6)] Graduanda em Geografia pela Universidade Federal de Campina Grande - gabryellesousa1205@gmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Há tempos o ser humano tem se apropriado dos recursos naturais para fins sociais e econômicos. O Bioma Caatinga tem sido alvo devido ao uso intensivo dos seus remanescentes, sobretudo, sua cobertura vegetal. A presente pesquisa objetivou realizar com auxílio do Sensoriamento Remoto a caracterização do relevo do município de Frei Martinho/PB e analisar espaço-temporalmente o uso e ocupação da sua superfície entre os anos 2008 e 2018. O trabalho foi alicerçado por levantamento bibliográfico; processamento digital das imagens e estudo de campo. Constatou-se que as altitudes do município variam de 346 a 700m acima do nível do mar e os percentuais de declividade de 0 a 95%. De acordo com o Índice de Vegetação (SAVI) identificou-se a distribuição do uso e ocupação da superfície em cinco classes. Concluiu-se que tais resultados sinalizam que este ambiente vem sendo alvo dos impactos provenientes dos eventos climáticos e, sobretudo, das ações humanas.

Palavras chave: Caatinga; Recursos Naturais; Impactos Ambientais.

1. Introdução

A Paraíba possui uma área de domínio do clima semiárido que corresponde à vegetação de Caatinga, nas porções do Sertão, Cariri, Curimataú, Seridó, recobrindo em 65% seu território. Esse com características vegetativas xerófilas, cactáceas, caducifólias e aciculifoliadas. Ademais, aborda também que essa vegetação foi degradada ao longo do tempo para a ocupação do solo com o algodão, milho e ainda com o pasto, para a criação do gado, principal atividade econômica (MIN, 2011).

Nesse sentido, o processo de intervenção antrópica vem sujeitando o então bioma as mais diversas finalidades em escalas e tempos distintos. Leal; Tabarelli e Silva (2003) ressaltam que a Caatinga continua passando por um extenso processo de alteração e deterioração ambiental provocado pelo uso insustentável dos seus recursos naturais. Resultante de tais fatores, este Bioma está alocado como o terceiro mais degradado do Brasil com 80% da vegetação completamente modificada, perdendo apenas para a Mata Atlântica e o Cerrado (SOUZA; ARTIGAS e LIMA, 2015).

Além disso, a exploração na região semiárida se dá de forma predatória através do manejo inadequado e rudimentar da utilização da terra, afetando diretamente a cobertura vegetal. Essas alterações segundo Nascimento e Fernandes (2017) resultam em processos de erosão intensa, impermeabilização do solo, perda de biodiversidade, assoreamentos dos reservatórios e cursos d'água.

Nessa perspectiva, justifica-se a importância da manutenção e do monitoramento dessa vegetação para o equilíbrio do ambiente. Desse modo, destaca-se o uso de geotecnologias, sobretudo os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o sensoriamento remoto para realizar o mapeamento dessas áreas. Morais et al. (2011) ratifica que essas tecnologias permitem o monitoramento dos recursos naturais, além de possibilitar a identificação do uso e cobertura do solo, e sua variação ao longo do tempo com as transformações ocorridas na paisagem.

Logo, esse trabalho objetivou realizar sob o aporte de técnicas do Sensoriamento Remoto, a caracterização do relevo do município de Frei Martinho/PB e analisar espaço-temporalmente o uso e ocupação da sua superfície entre os anos de 2008 e 2018.

2. Materiais e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

O município de Frei Martinho dispõe de uma área territorial de 246,10 km², está localizado na porção central-norte do Estado da Paraíba, na Região Geográfica Imediata de Cuité-Nova Floresta e está inserido na Região Metropolitana de Barra de Santa Rosa (IBGE,

2017). Limita-se ao Norte com o município de Currais Novos/RN, Leste com Picuí/PB, Sul com Carnaúba dos Dantas/RN e a Oeste com Acari/RN, conforme a Figura 01.

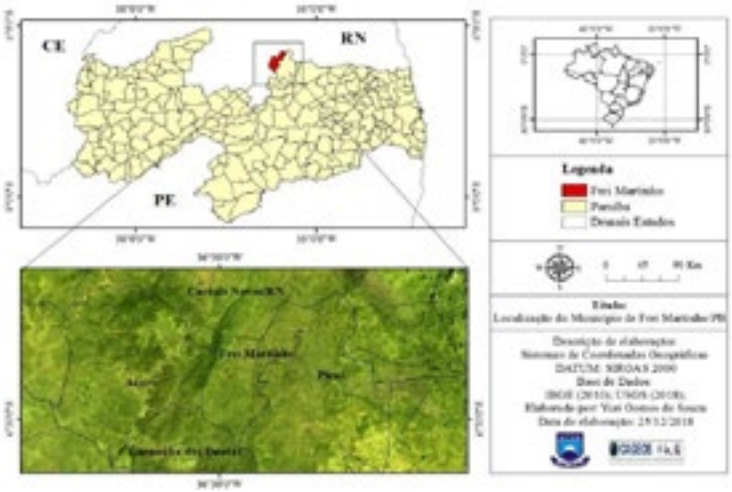


Figura 01 – Localização do Municipio de Frei Martinho/PB

Segundo o Ministério da Integração Nacional - MIN (2005) essa localização geográfica tem como critérios ambientais o índice de aridez e o risco de seca. O clima predominante no Município é segundo a classificação de Köppen do tipo Bsh, semiárido quente e seco, com chuvas de verão e médias pluviométrica de 500 mm anuais (MIN, 2011; FRANCISCO *et al*, 2015). Quanto ao substrato do Bioma Caatinga, Leal; Tabarelli e Silva (2003) apontam que os solos são pedregosos e rasos, com a rocha-mãe escassamente decomposta a profundidades exíguas e muitos afloramentos de rochas maciças, origem - rochas pré-cambrianas cristalinas e setores sedimentares localizados. Os autores ainda citam que a Caatinga pode ser caracterizada como floresta arbóreo ou arbustiva, compreendendo principalmente árvores e arbustos baixos muitos dos quais apresentam espinhos, microfilia e características xerofíticas.

2.2. Procedimentos metodológicos

De acordo com os objetivos estabelecidos, o desenvolvimento da pesquisa consistiu em 1) Levantamento bibliográfico; 2) Aquisição e seleção das imagens de satélite; 3) Processamento digital das imagens; e 4) Estudo de Campo.

2.3. Processamento digital das imagens de satélite

A produção de material cartográfico e a manipulação dos dados de declividade, hipsometria e de uso e ocupação da superfície foi realizado com o auxílio dos softwares *Erdas Imagine* 10 *e ArcGis* 10, ambos licenciados para os cursos de Pós-graduação do Centro de Humanidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

As cartas temáticas de hipsometria e declividade foram elaboradas a partir dos dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Para tanto, utilizou-se uma imagem com resolução espacial de 30m correspondente a órbita/ponto 215/64, disponibilizada pelo *United States Geological Survey* (USGS). A classificação do relevo de acordo com a declividade foi realizada com base na metodologia adotada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2007), conforme o Quatro 01.

Classificação do relevo	Classificação da Declividade (%)
Plano	0-3
Suave-ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte-ondulado	20-45
Montanhoso	45-75
Forte-montanhoso	>75

Quadro 01: Classificação de relevo de acordo com a declividade

O mapeamento do uso e ocupação da superfície foi obtido a partir da análise de imagens dos satélites Landsat 5 e 8, correspondentes as datas 19/06/2008 e 14/05/2018 respectivamente, também disponibilizadas pelo *United States Geological Survey* (USGS). A partir do *software ERDAS* 10 realizou-se os procedimentos a seguir:

Empilhamento

Etapa de unir as bandas espectrais para tornar a interpretação das imagens inteligíveis. Foram empilhadas as bandas do Landsat 5 (1,2,3,4,5 e 7) e Landsat 8 (2,3,4,5,6,7).

Landsat 5 (TM)

Calibração Radiométrica: a calibração radiométrica foi adquirida segundo a equação formulada por Markham & Baker (1987):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND$$

Onde, ai e bi são as radiâncias espectrais mínima e máxima; ND (Numero Digital – 0 a 255) é a intensidade do pixel; e i representa as bandas (1, 2, 3, 4, 5 e 7).

Cálculo da Reflectância: segundo Allen et al., (2002) o cômputo da reflectância determinará a razão de como o fluxo da radiação solar refletida e o fluxo de radiação solar incidente são adquiridas. Tendo a utilização da seguinte equação:

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi . L_{\lambda i}}{k_{\lambda i} . \cos Z . d_r}$$

De acordo com o cômputo da reflectância, $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral de cada banda, $k_{\lambda i}$ é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera, Z é o ângulo zenital solar e é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol (ro) e a distância Terra-Sol (r) em dado dia do ano (DSA).

Landsat 8 (OLI)

Cálculo da reflectância: Segundo Araújo (2014) para o cálculo da reflectância do Landsat 8 é necessária a utilização dos elementos fornecidos no arquivo metadados disponível na imagem utilizada. A reflectância é obtida através da equação:

$$\rho\lambda' = \frac{(M\rho * Q\,cal + A\rho)}{CosZ}$$

Onde: ρλ' é igual a refletância planetária, sem correção para o ângulo solar; Mρ é o fator multiplicativo (disponível no arquivo metadados); Aρ é o fator aditivo (no metadados) e Qcal corresponde aos valores de pixel calibrados do produto padrão Quantized (DN).

Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - IVAS

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) foi utilizado por possuir um fator de ajuste (L) às características do solo da área imageada, evitando possíveis interferências da energia eletromagnética refletida por esse, além de considerar a estrutura dos dosséis e morfologia das plantas (PONZONI & SHIMABUKURO, 2007). Assim, a sua equação é proposta por Huete (1988):

$$IVAS = (1 + L) * \frac{\rho iv - \rho v}{L + \rho iv + \rho v}$$

Onde, L é um fator de função da densidade da vegetação e sua determinação requer um conhecimento a *priori* da quantidade de vegetação, ρiv é a banda do infravermelho e ρv a banda do vermelho.

2.4. Estudo de campo

Realizado com o intuito de corroborar a eficiência do mapeamento. Para captura de imagens foi utilizado câmera fotográfica, e quanto a coleta de coordenadas geográficas utilizou-se o receptor de sinal GPS (*Global Position System*) (Garmin). Além do controle de campo, o *Google Earth* foi usado como um facilitador para analisar áreas de difícil acesso.

3. Resultados e Discussões

3.1. Caracterização do relevo

A identificação dos dados hipsométricos e de declividades possibilitam a análise do relevo de um dado espaço de forma mais integrada e aprofundada. Quando da análise da altimetria com a declividade em consonância com os parâmetros visuais de campo, percebeu-se que a configuração do relevo apresenta desde áreas aplainadas a superfícies escarpadas.

Assim, foi possível constatar as cotas altimétricas do município que variam de 346 a 700m acima do nível do mar (Figura 02). Os valores de declividade apontam que o espaço geográfico do município dispõe de todas as classificações estruturais citadas na metodologia (Quadro 01). Logo, os percentuais encontrados foram de 0 a 95% que considera o relevo em: plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e forte montanhoso (Figura 02). Identificou-se que os valores de 0 a 19% teve uma maior expressividade visual no recorte, ocupando áreas centrais e a nordeste, já as porções oeste, sul e norte apresentaram os maiores dados percentuais de declive no terreno, significando de 19 a 95% (Figuras 02).

Essa resposta define a predominância de relevo plano, suave ondulado e ondulado em grande parte do município; assim como as áreas de borda do recorte trazem a topografia com fisionomia forte-ondulada, montanhosa e forte-montanhosa.

Com isso, pôde-se verificar que as áreas de maiores altitudes e com maiores declividades correspondem a regiões serranas, que se encontram a partir de 476 m de elevação e acima de 19% de declive. Estas áreas podem dificultar o uso e ocupação humano e isso, muitas vezes, mantém preservados os remanescentes vegetais. Por outro lado, as regiões de baixa altitude e de declividade inferior a ocupação antrópica tende a ser mais presente.

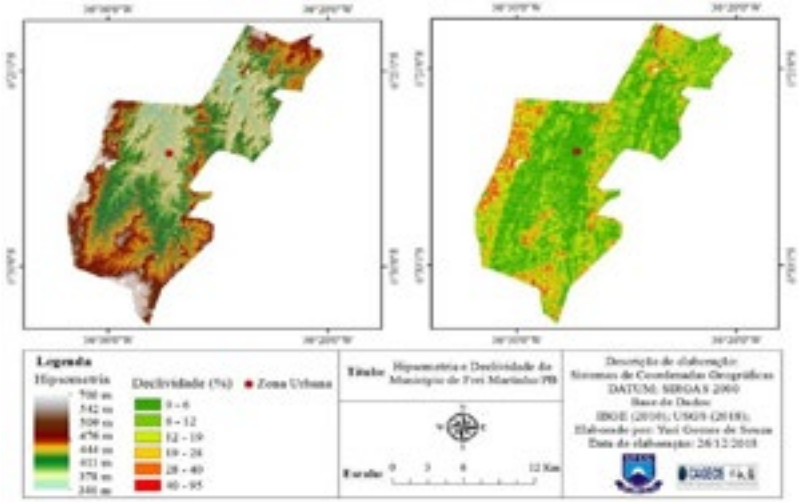


Figura 02 – Hipsometria e declividade do município de Frei Martinho/PB

3.2. Análise espaço-temporal de uso e ocupação da terra

Após a escolha do Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (IVAS) realizou-se a classificação das imagens de satélite dos anos de 2008 e 2018, identificando-se as classes de uso e ocupação do Município: Água, Solo Exposto/Área Urbana, Vegetação Herbácea, Vegetação Arbustiva e Vegetação Arbórea, totalizando uma área de 243,96km² (Tabela 01).

	2008	2008	2018	2018
Classe	**Área (km²)**	**Área (%)**	**Área (km²)**	**Área (%)**
Água	1,80	0,73	0,74	0,30
Solo Exposto/Área Urbana	7,96	3,3	12,5	5,14
Vegetação Herbácea	115,0	47,14	141,0	57,8
Vegetação Arbustiva	108,0	44,23	79,6	32,62
Vegetação Arbórea	11,2	4,60	10,1	4,14
Total	**243,96**	**100**	**243,96**	**100**

Tabela 01: Classes de uso e ocupação da superfície dos anos de 2008 e 2018.

Com base nos dados da Tabela 01, para o ano de 2008 constatou-se que a presença da classe Vegetação Herbácea ocupou a maior área territorial, dispondo de 115km² (47,14%); a

classe Vegetação Arbustiva apresentou 108km² (44,23%); a Vegetação Arbórea teve ocupação de 11,2km² (4,6%); já a classe Solo Exposto/Área Urbana dispôs de 7,96km² (3,3%); e Água com a menor área, 1,80km² (0,73%) (Figura 03).

No ano de 2018 observou-se a maior ocupação da superfície na classe Vegetação Herbácea ocupando 141km² (57,8%); já a classe Vegetação Arbustiva teve 79,6km² (32,62%); a Vegetação Arbórea ocupou 10,1km² (4,14%); a classe Solo Exposto/Área Urbana aparece com 12,5km² (5,14%); e a Água com o menor valor de ocupação de 0,74km² (0,3%) (Figura 03).

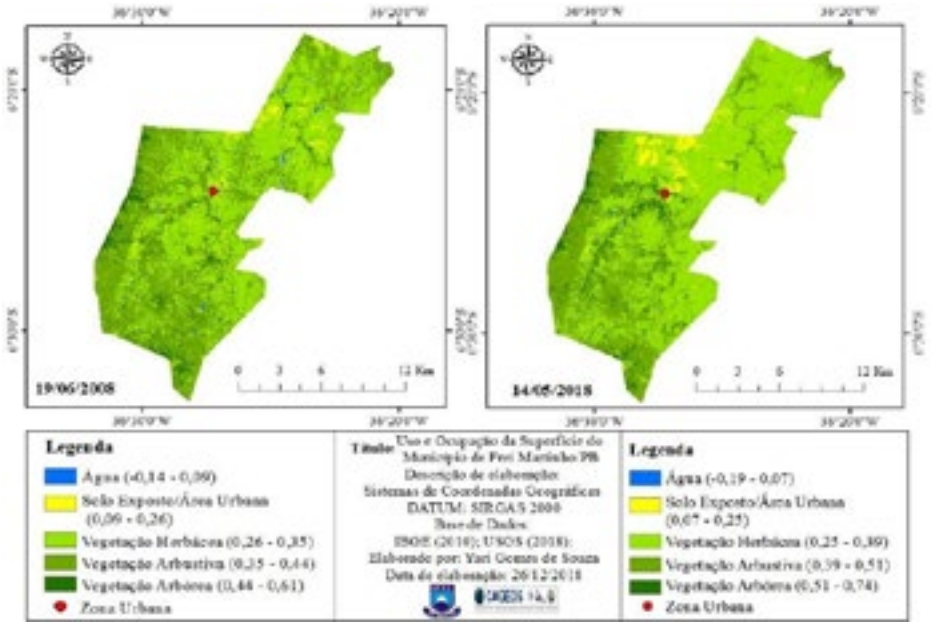


Figura 03: Uso e ocupação do município de Frei Martinho/PB

Observou-se que as categorias Vegetação Arbustiva e Vegetação Arbórea apresentaram redução de 28,4km² e 1,1km², respectivamente. Já a classe Vegetação Herbácea teve um aumento de 26km². Logo, essa resposta sinaliza a substituição de áreas de vegetação arbórea-arbustiva por áreas de pastagens (vegetação herbácea). A classe Solo Exposto/Área Urbana passou a ocupar novas áreas, com crescimento de 4,6km² de solo desnudo e área urbanizada. Assim, os resultados das classes mapeadas foram validados sob o amparo da realização do trabalho de campo, conforme aponta a Figura 04.

Figura 04: Classes mapeadas: (a)Água; (b)Solo Exposto; (c)Vegetação Herbácea; (d)Vegetação Arbustiva; (e)Vegetação Arbórea. Fonte: Arquivo pessoal (2018)

Acredita-se que a redução das áreas de vegetação arbórea-arbustiva e aumento das áreas de solo exposto no município no período analisado estão associados às atividades econômicas averiguadas em campo, como o corte da vegetação natural para produção de lenha, agricultura de subsistência, pecuária e expansão urbana.

Dentre as atividades econômicas identificadas, a pecuária foi um fator importante e que mais contribuiu para degradação na área de estudo. Dados do Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) apontam que houve um aumento de 3865 cabeças entre bovinos e ovinos nos anos de 2008 a 2017 no município. Segundo Alves, Araújo e Nascimento (2008) tal prática tem modificado a composição florística não só do estrato herbáceo, mas, sobretudo, do extrato arbóreo-arbustivo, pela pressão do pastejo.

Como também pelas próprias características naturais da região semiárida, visto que a mesma estava sob influência do fenômeno climatológico *El Niño* que provoca longos períodos de estiagem. Min (2011) apresenta este município como um dos afetados pelos eventos de estiagem e seca. Além disso, devido ao baixo regime de chuvas entre os anos de 2012 e 2017 foi decretado através da portaria nº 298, de 19 de outubro de 2018 estado de emergência em 176 municípios no estado da Paraíba sendo um deles Frei Martinho (BRASIL, 2017; MIN, 2018). Logo, a redução da classe Água (Tabela 01) confirma essa resposta.

Portanto, pode-se associar as próprias características ambientais da área às práticas humanas degradantes como condicionantes no processo de desequilíbrio ambiental e na consequente diminuição da cobertura vegetal, degradação dos recursos hídricos e dos solos do município.

Sabendo da importância e diversidade que o Bioma Caatinga dispõe, deve-se, destarte, buscar mitigar o processo de exploração de seus recursos naturais, bem como analisar estratégias sustentáveis para os serviços fundamentais da população e demais agentes que se utiliza de seu espaço geográfico, pois a sua conservação contribui para a manutenção dos seus recursos para as atuais e futuras gerações (GARIGLIO et al., 2010).

4. Considerações finais

Verificou-se as características de relevo do município com cotas altimétricas de 346 a 700m acima do nível do mar, assim como os níveis de declividade com percentuais de 0 a 95%, que expressam fisionomias topográficas plana, suave-ondulada, ondulada, forte-ondulada, montanhosa e forte-montanha constatando predominância dos três primeiros em grande parte do recorte municipal. Assim, a configuração do relevo apresenta desde áreas aplainadas a superfícies escarpadas.

Identificou-se o uso e ocupação da sua superfície no intervalo de 10 anos. As categorias de Vegetação Arbustiva e Vegetação Arbórea apresentaram as maiores reduções, sendo primeira a de maior ocupação passando de 108km² para 79,6km², diminuindo em 28,4km²; e a segunda passou de 11,2km² para 10,1km², reduzindo em 1,1km². Já a classe Vegetação Herbácea ocupou áreas de porte arbóreo-arbustivo e acresceu em 26km² devido ao aumento do pastejo. Além disso, a classe Solo Exposto/Área Urbana aumentou em 4,6km².

Dessa forma, os resultados encontrados apontam que os recursos naturais do município vêm sendo utilizados sem nenhuma medida mitigadora, sobretudo a cobertura vegetal que apresenta processo de deterioração. Para isso, entende-se a necessidade do uso adequado dos seus recursos com base nos três princípios fundamentais: uso ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo.

5. Referências bibliográficas

ALLEN, R. G.; TREZZA, R; TASUMI, M., 2002. **Surface energy balance algorithms for land**, 1ª ed. Advance training and users manual.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. de; NASCIMENTO, S. S. do. **Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica.** Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 9, n. 27, p.143-155, jul. 2008.

ARAÚJO, E. D. S. **Sensoriamento Remoto Na Análise Das Mudanças Ambientais Na Cidade De Campina Grande-PP**. TCC (Graduação). Campina Grande/PB, Universidade Federal de Campina Grande, 2015.

BATISTA, A. B. dos S. **Caracterização geoambiental urbana da bacia hidrográfica do riacho das piabas em Campina Grande-PB.** 2012. 46 f. Monografia (TCC) - Curso de Geografia, Uepb, Campina Grande, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Monitoramento da Evolução do Quadro de Seca e Estiagem - Mudança climática.** 2017. Disponível em: <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/outubro/02/2.%20a%20-%20SECA_Vigidesastres_27-09-2017.pdf>. Acesso em: 08 mar. 2019.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Preservação e uso da Caatinga / Embrapa Informação Tecnológica / Embrapa Semiárido**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. 39 p.

FRANCISCO, P. R. M. et al. **Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba**. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, p.1006-1016, 2015.

GARIGLIO, M. A. et al (Org.). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga.** Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368 p.

HUETE, A. R, 1998. **Adjusting vegetation índices for sail influences**. International Agrophysics 4, 367-376.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. **Censo Agropecuário - Pecuária**. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/frei-martinho/pesquisa/18/16459?ano=2017 >. Acesso 24 dez. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**. 2017. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C da. **Ecologia e Conservação da Caatinga.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822p.

MARKHAM, B.L., BARKER, L. L., 1987. Thematic Mapper Bandpass Solar Exoatmospherical irradiances. International Journal of Remote Sensing 8, 517-523.

MIN – Ministério da Integração Nacional. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Paraíba**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011. 57 p.

MIN- Ministério da Integração Nacional. **Portaria nº 298, de 19 de outubro de 2018.** 2018. Disponível em: <http://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/46673004>. Acesso em: 07 mar. 2019.

MIN - Ministério da Integração Nacional. **Relatório final do grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas**. 2005. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB1839.pdf>. Acesso 24 dez. 2018.

MORAIS, Y. C. B. et al. **Análise espaço-temporal e detecção de mudanças da cobertura vegetal no município de Floresta/PE – Brasil, utilizando o NDVI**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.2128.

NASCIMENTO, T. V. do; FERNANDES, L. L. **Mapeamento de uso e ocupação do solo em uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia**. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 39, n. 1, p.170-178, jan./abr. 2017.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E., 2007. **Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da vegetação**, 1. ed., Parêntese, São José dos Campos.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. de. **The Caatinga and desertification**. Mercator, [s.l.], v. 14, n. 01, p.131-150, 26 abr. 2015. Mercator - Revista de Geografia da UFC. http://dx.doi.org/10.4215/rm2015.1401.0009.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O USO DE MDE (MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO) NO MONITORAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A INUNDAÇÃO NO MUNICÍPIO DE CAICÓ - RN

Thiago Douglas Silva de Medeiros[(a)], Betânia Queiroz da Silva[(b)], Flávia Luana Dantas[(c)], Saulo Roberto de Oliveira Vital[(d)]

[(a)] Estudante do Departamento de Geografia/ CERES/ UFRN, thiagodsmedeiros@outlook.com

[(b)] Professora da Escola de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia/ UNIFG, betania.silva@unifg.edu.br

[(c)] Estudante do Departamento de Geografia/ CERES/ UFRN, flaviadantasgeo@gmail.com

[(d)] Professor do Departamento de Geografia/ CERES/ UFRN, srovital@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

Desastres ambientais se repetem anualmente no território brasileiro. Dentre esses, a população vem sofrendo com os riscos de inundações, até mesmo na região semiárida. Neste contexto, neste trabalho foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), e processamento digital de imagens e dados vetoriais para entender a dinâmica hídrica da área estudada e assim poder prevenir possíveis desastres em áreas de risco no município.

Palavras chave: MDE, Fluxo Hidrológico, Risco a Inundação.

1. Introdução

Nos últimos cinco anos toda a população brasileira vem sofrendo com a estiagem (RIBEIRO, 2018). Na região nordeste o agravante é o tipo de clima, que é semiárido. O clima da região apresenta pouca variação em relação à temperatura, com exceção da Borborema e da Diamantina, mas a pluviometria regional é bastante irregular, pois apresenta curtos períodos chuvosos e longos períodos de estiagem.

O desenvolvimento dos espaços urbanos em Áreas de Preservação Permanente (APP), para suprirem as necessidades de falta água, traz impacto direto à população ribeirinha, pois quando chegam os períodos chuvosos essas construções que se encontram,

muitas vezes, nas margens superiores ou, até mesmo, nas inferiores do canal fluvial, passam a enfrentar problemas com inundações recorrentes.

Segundo estudos realizados pela ANA (Agência Nacional de Águas), junto ao Ministério do Meio Ambiente, o estado do Rio Grande do Norte possui 22 municípios (9%) com alta vulnerabilidade à ocorrência de inundações, 63 (26%) com média, e 160 (65%) com baixa (ANA, 2012). A importância de quantificar as pessoas que estão em áreas de risco é de extrema importância para nortear ações de prevenção.

O geógrafo enquanto profissional integrador do homem e do meio ambiente pode atuar de várias formas sob essa problemática, buscando soluções para a má apropriação das áreas. Uma dessas formas é trabalhar com o mapeamento geomorfológico, no intuito de compreender como a ocupação de determinadas parcelas do relevo pode potencializar a ocorrência de inundações.

Os estudos e produções de mapas a partir de MDE permitem uma variedade de análises espaciais, dentre elas, há a possibilidade de realizar modelos hidrológicos em bacias hidrográficas.

Nessa perspectiva, o presente trabalho visa apresentar, a partir de processamento de dados matriciais, uma análise de uma microbacia da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, que corta o município de Caicó-RN. Isso, portanto, dará suporte para solucionar problemas em áreas vulneráveis à inundação na área abordada.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Analisar o fluxo hidrológico na microbacia hidrográfica da bacia Piranhas-Açu para identificar áreas de risco à inundação na área urbana do município de Caicó.

2.2 Objetivos Específicos

- Mapear a declividade, direção de fluxo, área de contribuição e acumulação microbacia hidrográfica;

ISBN: 978-85-7282-778-2

- Sobrepor informações em ambiente SIG, para análise integrada e validação dos dados no intuito de identificar áreas de riscos a inundação na área urbana, no município de Caicó-RN;

3. Caracterização da Área

O município de Caicó encontra-se localizado entre as coordenadas 6°27'35" sul e 37º5'56" oeste, o qual é banhado por duas microbacias da bacia Hidrográfica Piranhas-Açu; são elas: a microbacia do Rio Barra Nova e a microbacias do Rio Seridó (Figura 01). Apresenta o clima semiárido, onde, segundo dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil), ocorre precipitação média anual 750 a 900mm, sendo o período chuvoso de janeiro a junho. Vale ressaltar que o município sofre com secas cíclicas, semelhante a que ocorre nos últimos 8 anos, com chuvas abaixo de 700mm/ano.

O relevo apresenta uma altimetria que varia de 137 a 689 m e uma declividade de 0 a 96 graus, com unidades geomorfológicas constituídas por plainos aluvias, pedimentos detríticos e maciços residuais, a exemplo da Serra de São Bernardo.

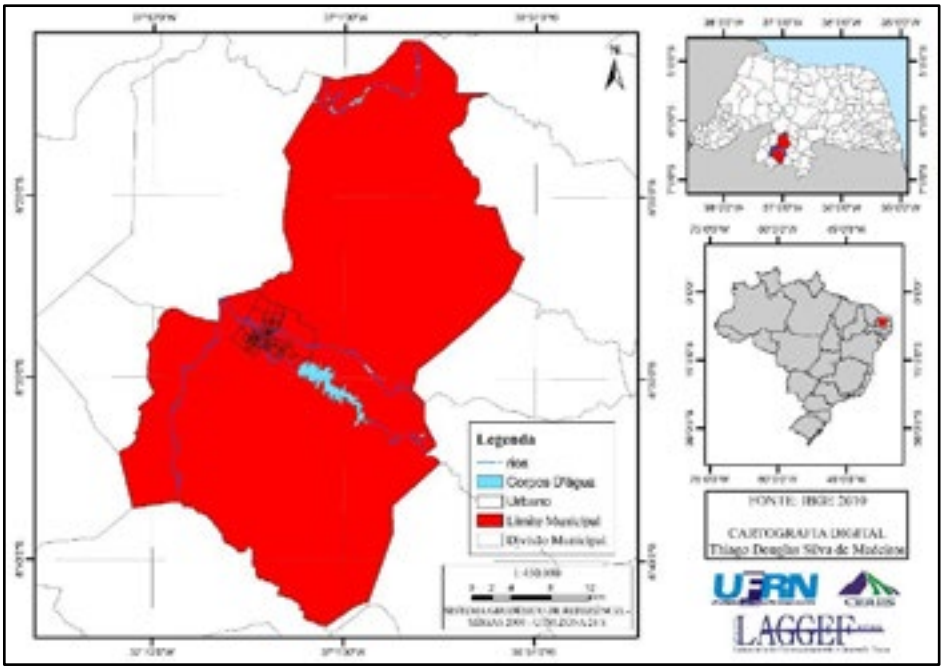


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo; município de Caicó-RN. Fonte: Acervo do autor.

4. Processos de Inundação

Segundo o Ministério da Integração Nacional (2017) risco de desastre é o potencial de ocorrência de ameaça de desastre em um cenário socioeconômico e ambiental vulnerável.

"Inundações e enchentes são eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d'águas, frequentemente por chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração" (Amaral e Ribeiro, p. 41, 2009).

As inundações e enchentes tem provocado grande impactos nos centros urbanos devido modificações antrópicas, alterações em cursos de água e solos sem permeabilização são algumas delas. Amaral e Ribeiro (2009) dizem que: "Além de inundações e enchentes existem também os conceitos de alagamentos e enxurradas, usualmente empregados em áreas urbanas".

Para que o processo de inundação aconteça há condicionantes que devem ser levados em consideração; são eles: formas do relevo; características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; intensidade, quantidade, distribuição e frequência das chuvas; características do solo e o teor de umidade; e presença ou ausência da cobertura vegetal. Conhecê-los permite entender o processo de escoamento das bacias hidrográficas, ou seja, sua vazão.

Dessa forma pensando além dos condicionantes, as modificações antrópicas e o número populacional dessas áreas, esse tipo de evento pode se tornar uma catástrofe.

5. Materiais e Métodos

Para desenvolver este trabalho foram utilizadas ferramentas do programa ArcGIS, versão 10.1, licença gratuita temporária, para processamentos dos arquivos em formato vetorial, disponíveis no site do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), além de imagens do SRTM (Missão Topográfica Radar Shuttle) adquiridas no site TOPODATA. Após juntar todos os arquivos necessários foi criada uma base de dados (geodatabase) no programa para o melhor gerenciamento dos mesmos.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A partir do MDE foi extraída a declividade da área. Em seguida para o processamento dos dados hidrológicos foi utilizada a ferramenta fill (correção dos vazios). Com o arquivo corrigido foi extraído a direção de fluxo (flow direction), e fluxo acumulado (flow accumulation). Essas ferramentas se fizeram necessárias por possibilitar a produção de mapas de natureza hidrológica.

Outros produtos elaborados apresentam de forma mais clara o fluxo hidrológico da área de estudo, tendo em vista que a rugosidade do relevo é indispensável para o funcionamento de uma drenagem (Rennó et. al. (2008) *apud* Souza et. al. (2013) *apud*. Novais et. al. (2015)).

O mapa de direção de fluxo, que, segundo Novais (2015), "dar-se-á pela determinação da direção de maior declividade do terreno, onde cada célula (pixel) segue seu vizinho mais íngreme, a partir da aplicação do código de direção (...)" (Figura 2); representa um grau de direção e inclinação do relevo, formando os campos de drenagem.

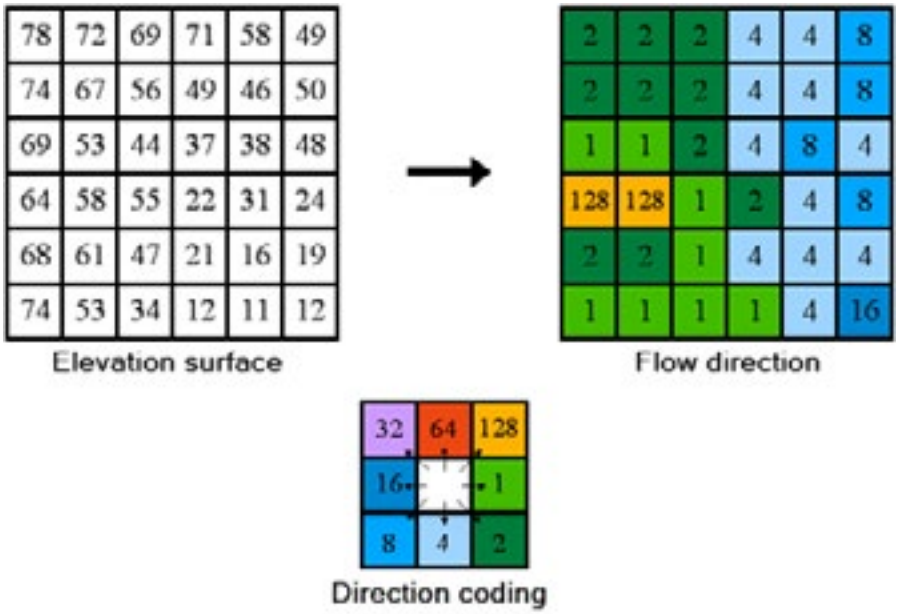


Figura 2 - Codificação do Flow direction. Fonte: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-flow-direction-works.htm

6. Resultados e Discussões

O mapa altimétrico (Figura 3) e de declividade (Figura 4) apresentam informações importantes acerca das características do relevo de Caicó, o que facilita a identificação das áreas de concentração hídrica.

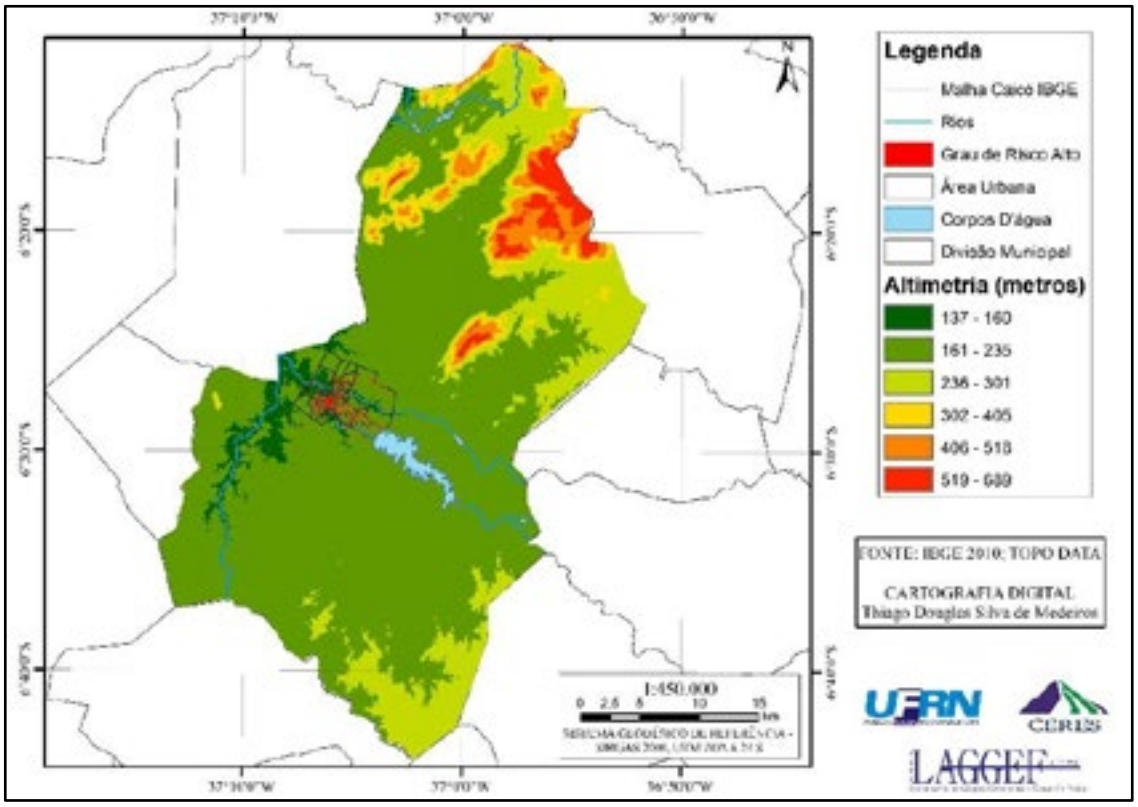


Figura 3 – Mapa Altimétrico do município de Caicó-RN. Fonte: Acervo do autor.

Nota-se que as áreas tidas como as mais baixas, com altitude entre 137 e 160 m, abrange também uma menor declividade (0 a 3), representadas pelos planos aluviais e planícies de inundação e concentra um maior número populacional por ser a área urbana do município.

ISBN: 978-85-7282-778-2

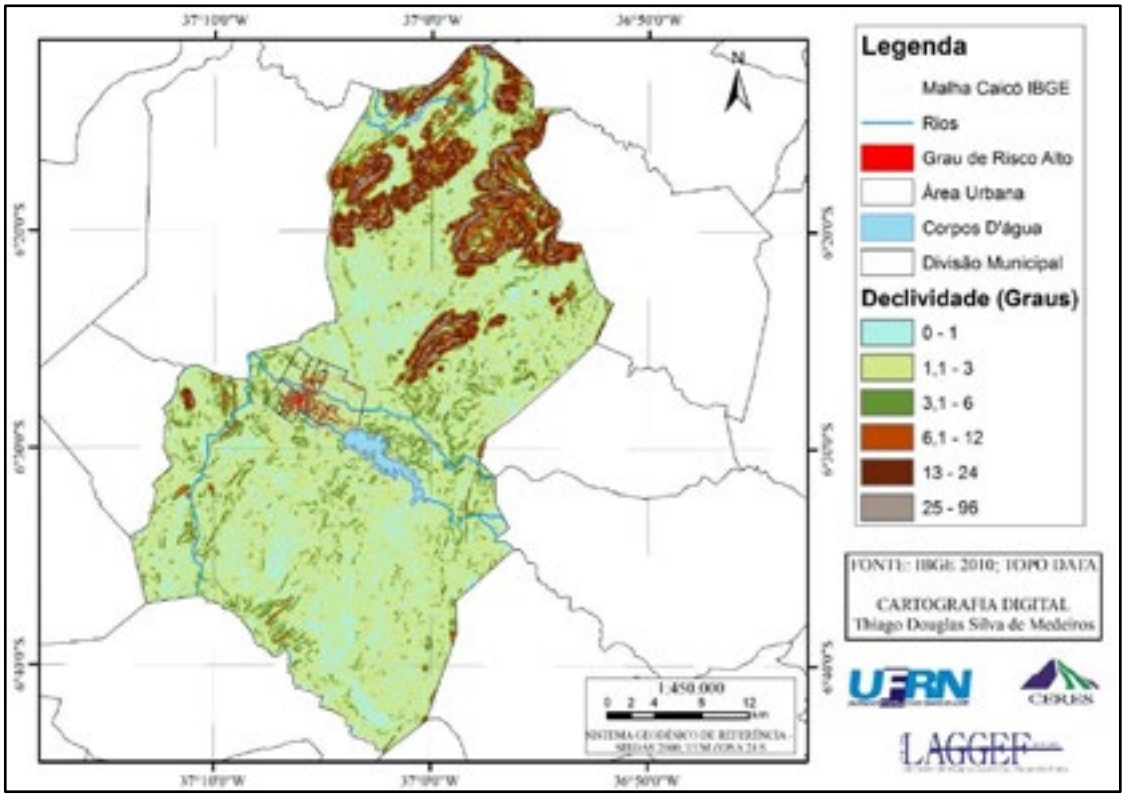


Figura 4 – Mapa de Declividade do município de Caicó-RN. Fonte: Acervo do autor.

A figura 5 demonstra que o fluxo é direcionado para o local de ocupação da população de Caicó, justamente porque a cidade se encontra nos terrenos mais baixos da área municipal. Além dessa questão, soma-se o fato que, grande parte dessa população está ocupando as margens de diversos canais fluviais, desde o leito maior até o leito menor.

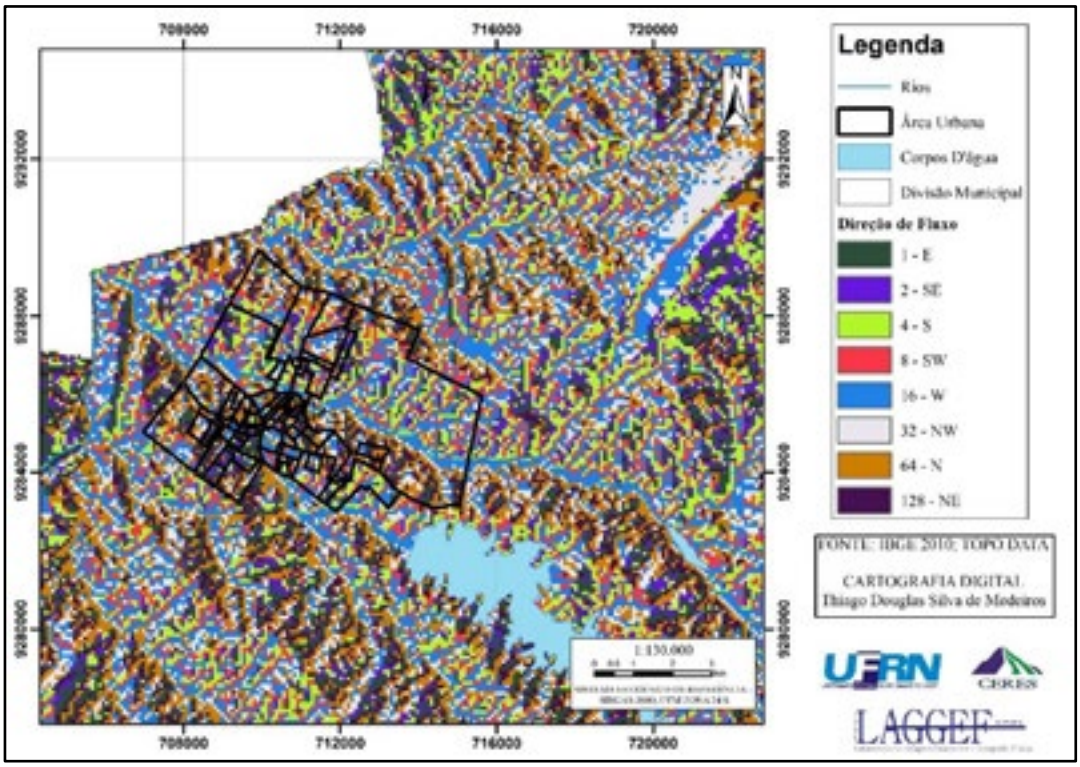


Figura 5 – Mapa de Direção de Fluxo do município de Caicó-RN. Fonte: Acervo do autor.

O mesmo caso observa-se no mapa de fluxo acumulado (Figura 6), nele pode-se observar o talvegue principal, onde se concentra as águas das vertentes. Para Novais (2015), "o cálculo do acumulo do escoamento superficial é baseado na grade regular de direção do fluxo, através da soma da área das células (quantidade de células) na direção do fluxo (ou escoamento), ou seja uma célula com valor 28 indica que 28 outras células contribuem para o seu fluxo superficial (...)". Logo, o mesmo apresenta o fluxo de acumulação hídrica, ficando visível que a maior concentração encontra-se passando por dentro da área urbana, e, principalmente, em uma das microbacias que se encontra na área de estudo. Percebe-se, claramente, que a malha urbana está sobre as áreas de concentração do fluxo, havendo diversos lotes que invadem essa área.

ISBN: 978-85-7282-778-2

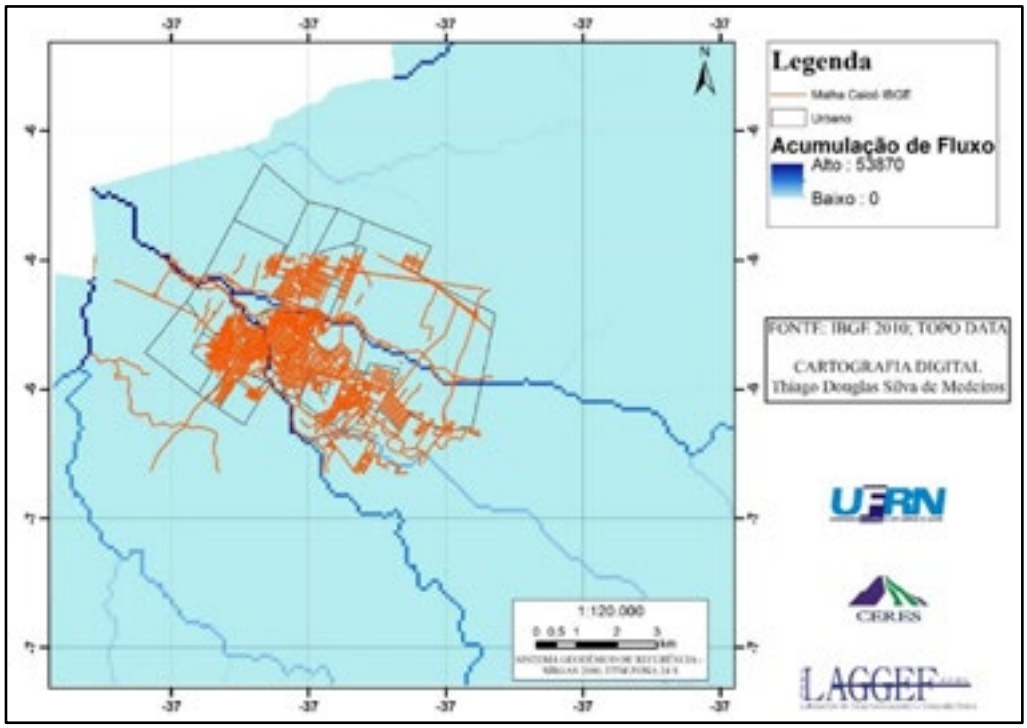


Figura 6 – Mapa de Acumulação de Fluxo do município de Caicó-RN. Fonte: Acervo do autor.

Por fim, o mapa (Figura 7) da área de estudo representa a área de alto risco a inundação encontrada na microbacia do rio Barra Nova, dentro da área urbana, obtido no mapeamento de risco da CPRM. No entanto, esta pesquisa demonstra que as condições naturais do relevo da área requerem uma atualização do mapeamento das áreas de risco, tendo em vista que não semente a população do bairro de Barra Nova está exposta, mas as que estão distribuídas nas margens do rio Seridó, também.

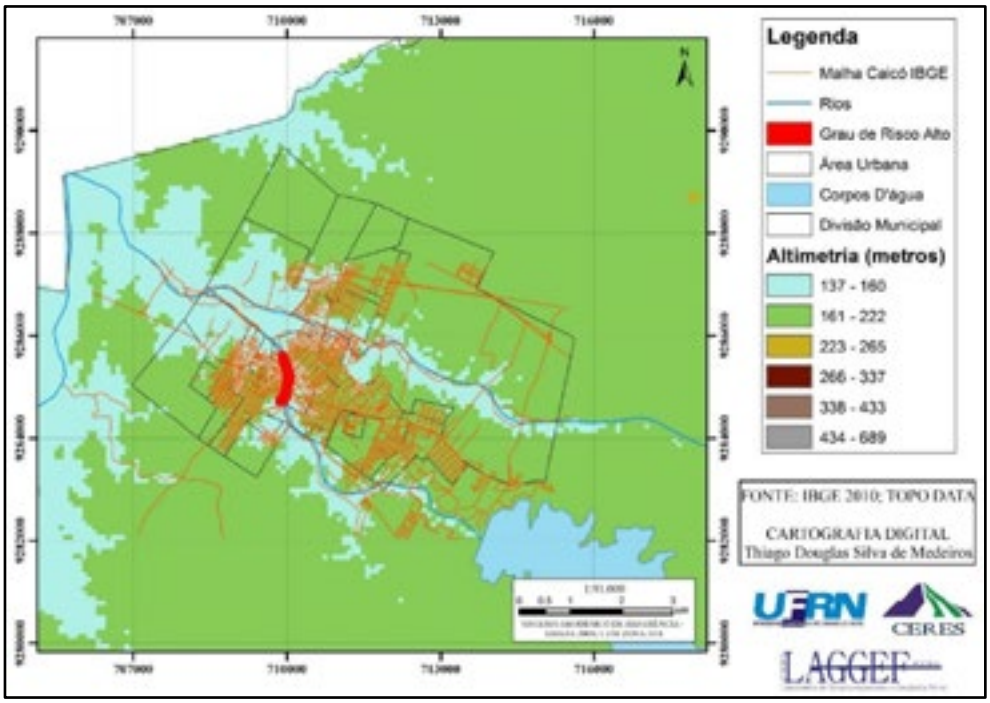


Figura 7 – Mapa de área de risco e vulnerabilidade em Caicó-RN. Fonte: Acervo do autor.

7. Considerações Finais

O uso desta metodologia apresenta postos bastantes positivos, mas também traz seus déficits. Como foi possível observar nos mapas, o município de Caicó apresenta riscos à inundações apesar de se localizar em uma região semiárida. Nota-se também que, segundo a malha urbana do IBGE (2010), a concentração maior de casas está na microbacia do Rio Barra Nova.

No entanto, o mapeamento de risco precisa ser atualizado para evitar possíveis desastres, ou seja, partir do mapeamento de escala menor que identificou alto e médio risco, para um mapeamento mais detalhado, apenas da área estudada. Além de o uso das geotecnologias contribuir para uma análise integrada dos dados da área, mas é preciso validar os dados em campo para garantir sua precisão.

Dessa forma, o uso de MDE nos estudos de riscos à inundação é eficaz para apresentar as áreas que possuem pré-disposição, mas é necessário realizar um estudo ainda mais detalhado, com mapas mais ricos em detalhes. Saber se a área apresentada é real, se não

é maior, se existem outras. Já que os rios da cidade são intermitentes e no período de escassez hídrica a população ocupa a planície fluvial e o leito maior em busca de água para uso doméstico ou agrícola, ou pecuário.

6. Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas de vulnerabilidade a inundações:** Rio Grande do Norte. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2012. 1 atlas. Escala 1:1.200.000.

AMARAL, R; RIBEIRO, R. R. Inundação e Enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. -. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. p. 39-52.

BRASIL. **Módulo de formação:** noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos: livro base. 1º ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Cartas de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações.** Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres-Naturais/Produtos-por-Estado---Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-5384.html. Acesso em: 06/nov/2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Malhas digitais.** Disponível em: https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais. Acesso em: 01/nov/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa.** Disponível em: http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=82690&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/01/2010&mRelDtFim=01/01/2019&mAtributos=,,,,,,,,1,,,,,,,. Acesso em: 21/jan/2019.

NOVAIS, Marcos Paulo Souza. **Análise Espacial de Bacias Hidrográficas a partir de SIG: um estudo da Bacia Hidrográfica do Itapicuru – Bahia**. Anais XVII Simpósio de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa – PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

RIBEIRO, J. **Brasil tem mais de 8 milhões de pessoas em áreas de risco**, diz IBGE, 2018. Disponível em: https://oglobo.globo.com/brasil/brasil-tem-mais-de-8-milhoes-de-pessoas-em-areas-de-risco-diz-ibge-22826006. Acesso em: 18/dez/2018.

SAMPAIO, M. A. F.; SANTOS, F. G.. **Setorização de Áreas de Alto e Muito Alto Risco de Enchentes e Inundações na cidade de Caicó, Rio Grande do Norte**. Relatório Técnico: CPRM. Ministério de Minas e Energia. Brasil, 2014.

SILVA, J. P. R. P. da. **Mapeamento de inundações no Brasil: proposta de gestão ambiental através de um sistema de informações geográficas**. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-045.pdf>. Acesso em: 23/nov/2018.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R.. (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. -. São Paulo: Instituto Geológico, 2009.

TOPODATA – Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. **Geotiff.** Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/topodata/data/geotiff/. Acesso em: 01/nov/2018.

VASCONCELOS, Y. **Hidrologia: alerta contra inundação**. Revista Pesquisa - ed. 263; jan. 2018. Disponível em: http://revistapesquisa.fapesp.br/2018/01/16/alerta-contra-inundacoes/. Acesso em: 23/nov/2018.

VEYRET, Yvette. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. [tradutor Dilson Ferreira da Cruz]. – São Paulo: Contexto, 2007.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

OS ATRIBUTOS TOPOGRÁFICOS E SUA APLICAÇÃO NO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DO PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS GERAIS, PR.

Ronaldo Ferreira Maganhotto [(a)], Luís Cláudio de Paula Souza [(b)], Jairo Calderari Oliveira Junior [(c)], Marciel Lohmann[(d)]

[(a)] Departamento de Turismo/UNICENTRO, ronaldomaganhotto@gmail.com

[(b)] Departamento de Agronomia/UFPR, lcsouza@ufpr.br

[(c)] Departamento de Agronomia/UFPR, jairocalderari@gmail.com

[(d)] Departamento de Geografia/UEL, marciel_lohmann@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Entende-se que as técnicas de geoprocessamento configuram-se como ferramentas imprescindíveis ao planejamento ambiental. Desta forma, a utilização dos atributos topográficos nas pesquisas em unidades de conservação subsidia a elaboração do plano de manejo. O processamento das variáveis *Altitude Above Channel Network, Wetness Index, Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness, Slope e Ls Factor,* podem ser associados aos processos geomorfológicos e aos solos. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é processar os referidos atributos afim de associa-los aos processos erosivos e de sedimentação no Parque Nacional dos Campos Gerais. O uso destes dados mostrou-se pertinente a caracterização da paisagem, contemplando critérios como a Susceptibilidade Ambiental, apontada como aspecto relevante aos estudos ambientais. No entanto, percebeu-se a necessidade da síntese destes atributos por meio da

ISBN: 978-85-7282-778-2

Análise por Múltiplos Critérios, assim como a associação dos mesmos ao uso do solo, utilizando-se da ta Tabulação Cruzada, ferramentas estas, presentes em ambiente de geoprocessamento.

Palavras chave: Geotecnologias; Atributos Topograficos; Planejamento Ambiental.

1. Introdução

A aplicação de geotecnologias tem se mostrado essencial às pesquisas ambientais, uma vez que possibilita a economia de recursos e a obtenção de dados preliminares imprescindíveis as atividades de campo, necessárias a certificação e ou correção dos dados, bem como a coleta de dados primários.

Neste contexto, o uso destas tecnologias para fins de planejamento ambiental em unidades de conservação (uc's) tende a contribuir tanto para as unidades inseridas no grupo de proteção integral, quanto no de uso sustentável. Independentemente da categoria os problemas evidenciados nas uc's reportam-se a carência de recursos, inexistência e ou desatualização do Plano de Manejo e demais pendências, como as relacionadas a regulamentação fundiária.

Para Terborgh e Schaik (2002) a implementação efetiva e a gestão de muitas destas áreas deixam a desejar, não cumprindo, muitas vezes, com seus objetivos de criação. A Reserva Biológica das Araucárias, o Monumento Natural São João, a Floresta Nacional de Irati e o Parque Nacional dos Campos Gerais são exemplos de unidades paranaenses, enquadradas em categorias e grupos distintos, com objetivos de criação diferentes, mas que têm em comum certas irregularidades.

O Parque Nacional dos Campos Gerais (PNCG), apesar de criado via decreto em 23 de março de 2006, ainda não foi implementado, fato dificultado por alguns proprietários de terras inseridas na unidade e contrários a criação da mesma, a morosidade dos trâmites burocráticos, do litígio e do pagamento das indenizações, frente à desapropriação das áreas inseridas no perímetro da unidade que totaliza, cerca de, 21.298,91 ha.

Consequentemente, o PNCG, localizado municípios de Ponta Grossa, Castro e Carambeí na Região dos Campos Gerais do Estado do Paraná, conforme o apresentado na Figura 1, não dispõe do Plano de Manejo.

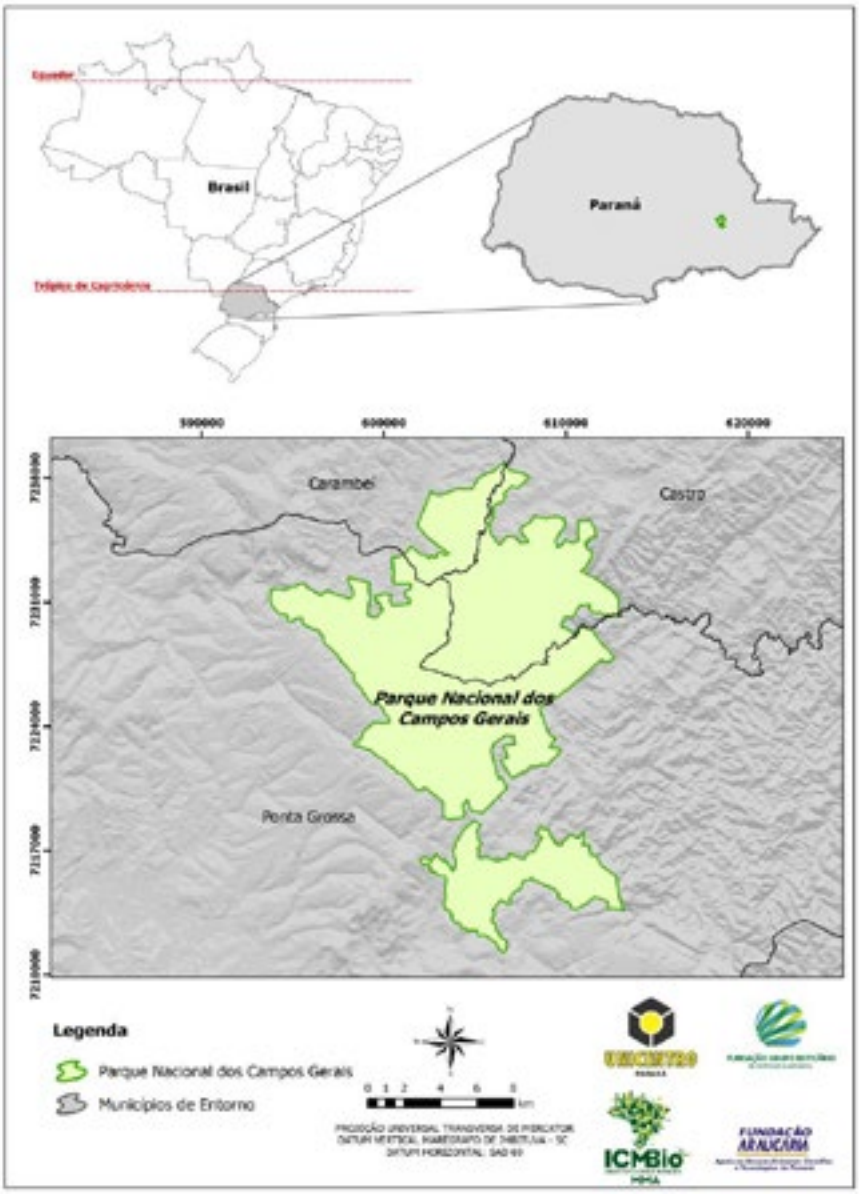


Figura 1: Mapa de Localização PNCG.
Organização: Autores.

Assim a presente pesquisa tem por objetivo demonstrar as aplicações e limitações dos atributos topográficos no planejamento das uc's, a partir do processamento dos seguintes índices: *Altitude Above Channel Network* (AACN), *Wetness Index* (TWI), *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness* (MRVBF), *Slope e Ls Factor* (LS).

O AACN, o *Slope*, o MRVBF, TWI e LS, configuram-se como variáveis relevantes à obtenção da suscetibilidade ambiental. O processamento desses atributos possibilita a quantificação e a representação espacial de áreas com diferentes limitações ao uso. Autores como Mansor *et al.* (2002), Lin *et al.* (2006), Mckenzie e Gallant (2007) determinaram para estes índices valores correspondentes à erosão, sedimentação e acúmulo de água.

Maganhotto *et al.* (2013), Maganhotto *et al.* (2016) apontaram estes índices como atributos pertinentes a obtenção de informações relevantes a elaboração do Zoneamento Ambiental e ao Plano de Manejo de Unidades de Conservação, publicações estas realizadas na FLONA de Irati.

Neste contexto, a análise dos aspectos geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, obtidos por meio do processamento destes atributos configura-se como uma alternativa em ambiente de geoprocessamento a ser considerada aos estudos ambientais.

2. Materiais e Métodos

De posse das curvas de nível com 20 m de equidistância, obtidas junto ao ITCG, com auxílio do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), gerou-se o MNT, o qual teve como interpolador, *B-Spline Aproximation do Software System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA, 2005). De posse do MNT, foram gerados os seguintes índices: *Altitude Above Channel Network* (altitude em relação ao canal), *Wetness Index* (índice de umidade), *Multiresolution Index of Valley Bottom Flatness*, MRVBF (potencial de

ISBN: 978-85-7282-778-2

erosão/sedimentação), *Slope* (declividade), *Ls Factor* (fator topográfico). Devido à falta de uma tradução padronizada destes atributos, optou-se por manter a denominação referenciada no *software* SAGA.

O AACN, representa a distância vertical da célula em questão em relação à célula mais próxima localizada na rede de drenagem. O TWI, descreve a tendência de uma célula acumular água. Assim, maiores valores indicam maior tendência em acumular água e, portanto, maior conteúdo de água no solo (GRUBER; PECKHAM, 2009). O MRVBF foi projetado para mapear áreas de sedimentação e deposição na paisagem. Define e distingue os fundos de vale de encostas e combina diferentes paisagens em um único índice (MCKERGOW; GALLANT; DOWLING, 2003). *O Slope* é definida por Burrough (1986) como sendo um plano tangente à superfície, expresso como a mudança de elevação sobre certa distância, normalmente calculada em graus ou em porcentagem. O LS representa o efeito da topografia sobre a erosão (quanto maior o LS, maior o potencial erosivo), e reproduz o efeito combinado do comprimento e grau de declive da encosta. A Tabela 1 relaciona as variáveis e suas respectivas referências.

3. Resultados e Discussões

De posse dos produtos obtidos, procurou-se relacionar os valores dos atributos ao referencial teórico, associando os índices derivados do MNT aos processos geomorfológicos.

Para o AACN, valores pequenos indicam proximidade ao lençol freático, sendo caracterizadas como zonas de acumulação; Valores intermediários indicam zonas de transferência de material, geralmente nos locais de maior declive (encostas); Enquanto maiores registros indicam condições mais elevadas da superfície geomórfica (BÖHNER *et al.*, 2002). A Figura 2, apresenta a distribuição espacial destes valores na unidade de conservação em análise.

ISBN: 978-85-7282-778-2

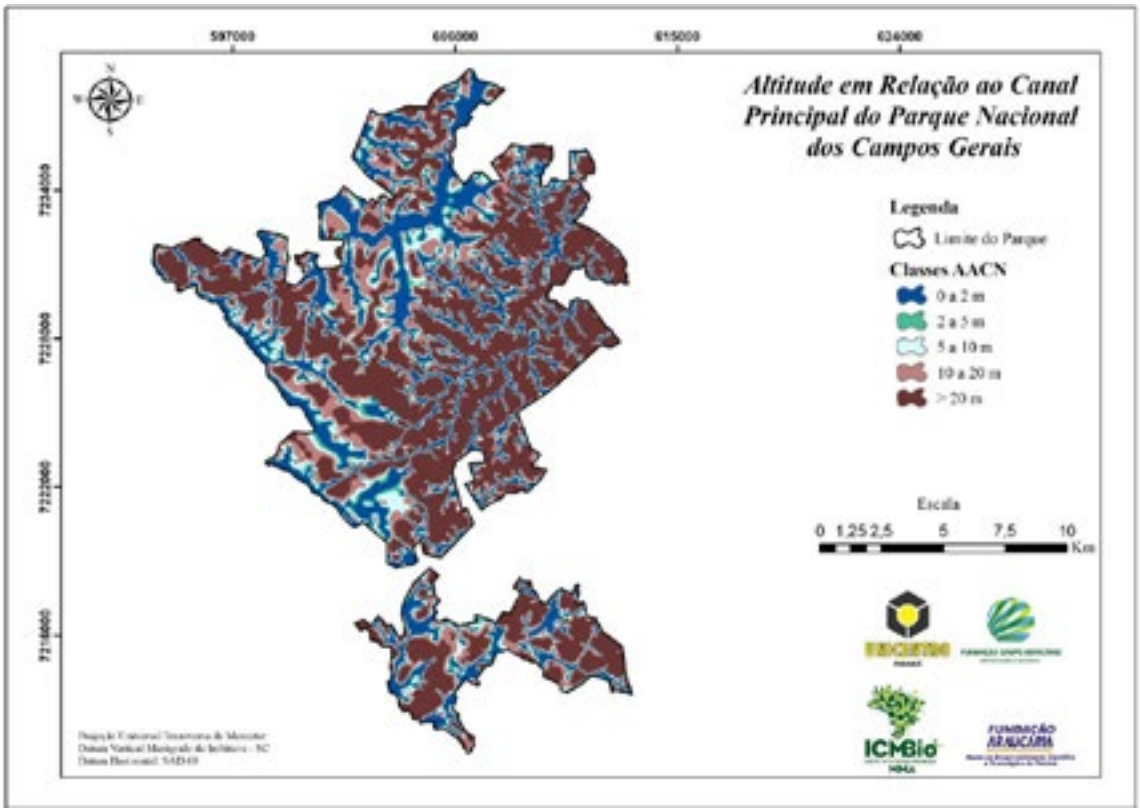


Figura 2: AACN.
Fonte: Autores

Neste contexto, considerando a proximidade das três primeiras Classes AACN (0 – 2, 2 - 5 e 5 -10) ao lençol freático pode-se afirmar que cerca de 8.065,47 ha, área correspondente a 38 % da unidade encontra-se em condições de maior e ou menor susceptibilidade a inundações. Enquanto o percentual restantes situam-se mais distantes dos canais de drenagem mantendo-se, assim, em condições de pedológicas de melhor drenagem e menos susceptíveis as inundações, condições estas evidenciadas nas Classes 10 - 20 e >20.

Quanto ao TWI, Lin *et al*. (2006) estabeleceram para este atributo uma relação com a drenagem, identificaram para os solos bem drenados valores variando de 4 a 5, para solos moderadamente drenados uma variação de 5 a 7 e para os solos mal drenados valores entre 7 e 12. De posse destes parâmetros, entende-se que este atributo reforça as informações apontadas no parágrafo anterior. A Figura 3, apresenta a espacialização desta variável, possibilitando,

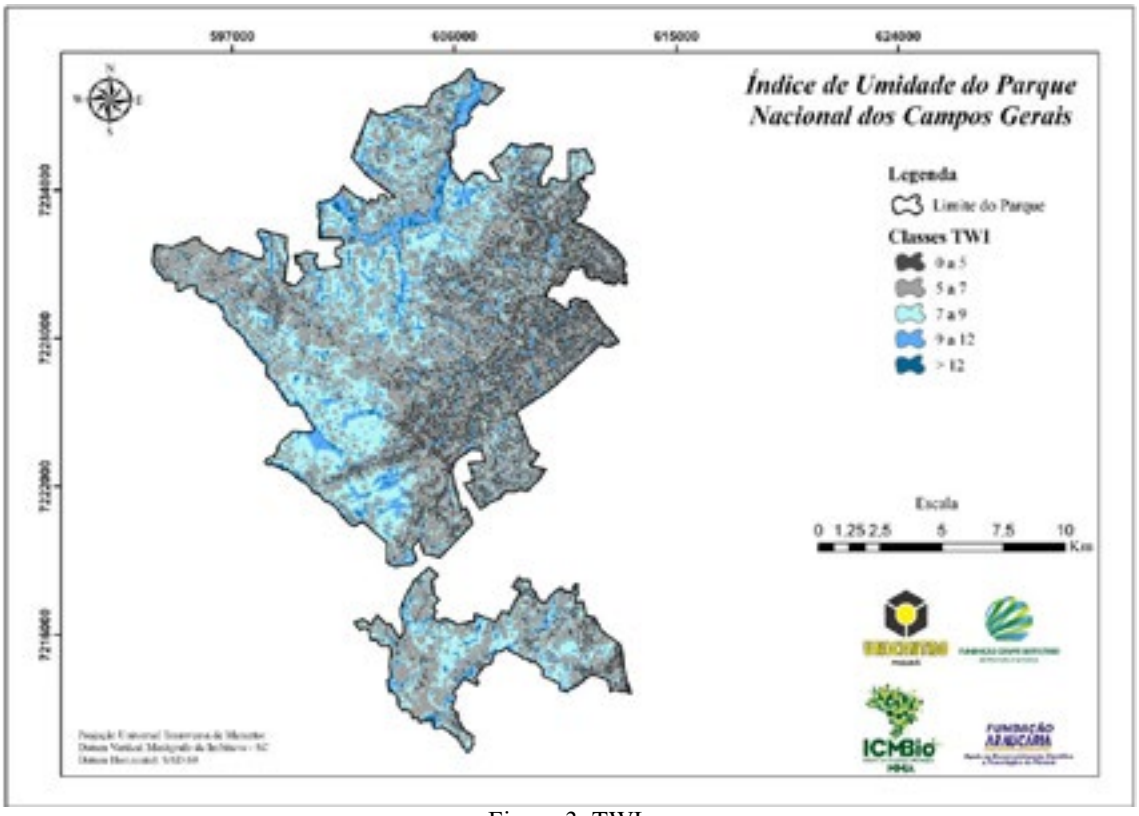


Figura 3: TWI.
Fonte: Autores.

visualizar a sobreposição dos limites das Classes de TWI, as Classes de AACN. Cerca de 8.348,45 ha, aproximadamente, 39 % do perímetro da unidade podem estar associados a solos maus drenados de caráteres hidromórficos.

Os valores do MRVBF possuem relação com os processos erosivos e de sedimentação, as áreas com valores inferiores a 0,5 configuram-se como porções territoriais propícias à erosão, enquanto os registros superiores a 0,5 estão relacionados à deposição (MCKENZIE E GALLANT; 2007). Neste contexto, 61% do PNCG encontra-se em áreas de potencial erosivo, (Figura 4).

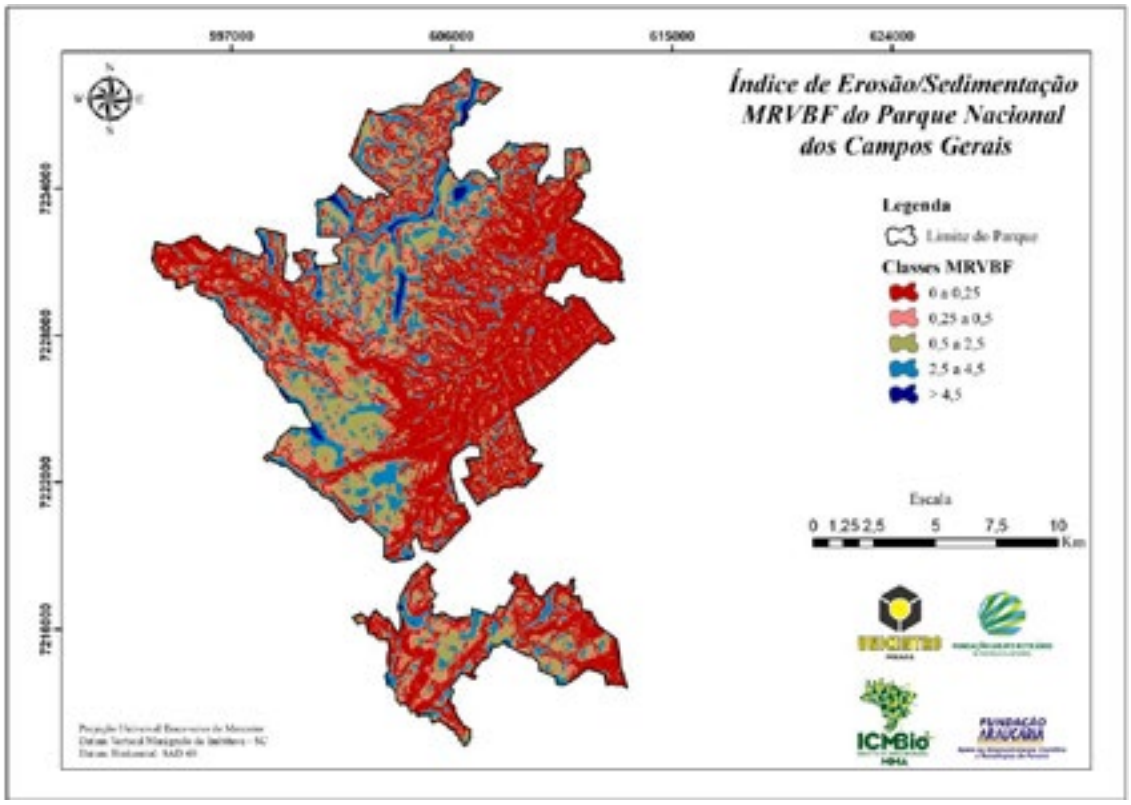


Figura 4: MRVBF.
Fonte: Autores.

Estes 13.073,11 ha, situados na região leste e noroeste da unidade podem estar associados a solos pouco desenvolvidos como neossolos e cambissolos, fato constatado por Maganhotto (2013) para estes valores do MRVBF.

Slope exerce influência direta sobre a velocidade do escoamento superficial e subsuperficial de água, nos processos geomorfológicos (GALLANT; WILSON, 2000). Seguindo a classificação de Lepch (1991) levantou-se que cerca de 40% da área (Figura 5), situa-se em declividades acima de 15%, (8.581,78 ha), denotando cuidados a fim de não potencializar os impactos ambientais.

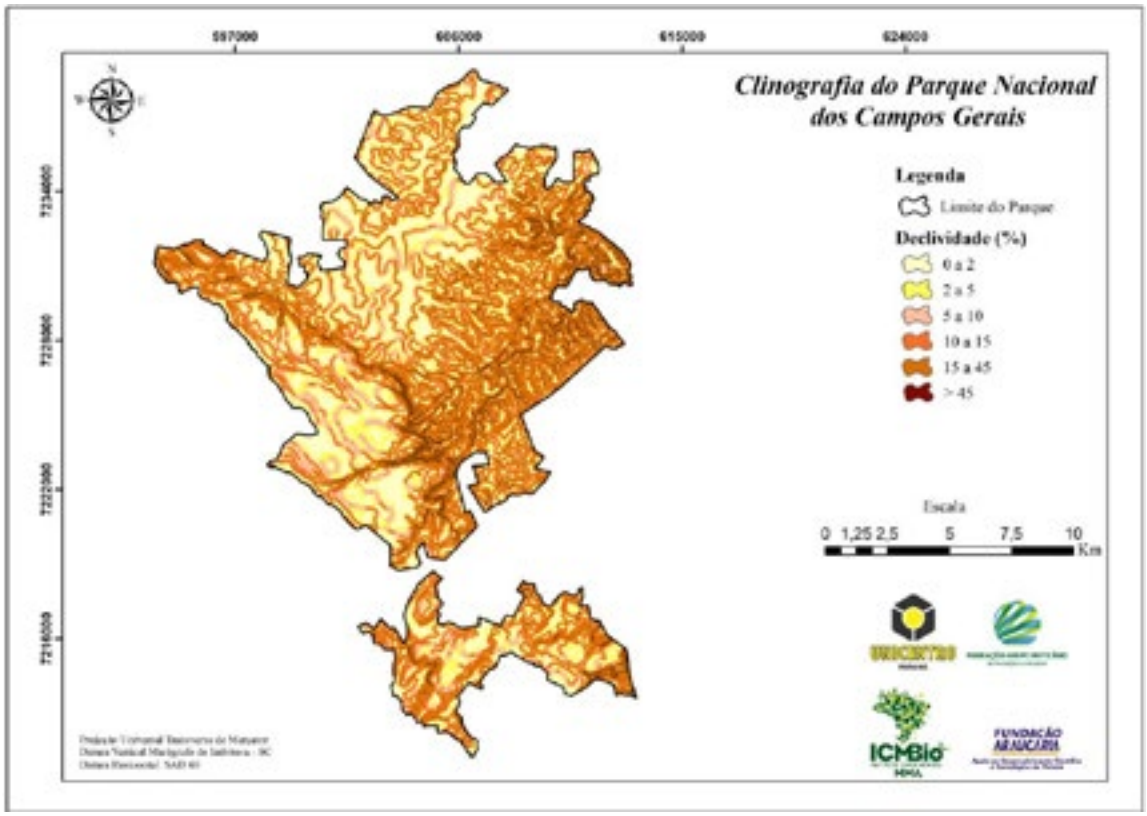


Figura 5: *Slope*.
Fonte: Autores.

Para o Ls, Mansor *et al.* (2002) estabeleceram os seguintes parâmetros: áreas com valores de 0 a 4 estão livres dos processos erosivos; de 4 a 6 são propícias; e entre 6 e 10 caracterizam-se como locais altamente susceptíveis aos processos erosivos. Conforme observado na Figura 6 e na Tabela 1, verifica-se para este atributo a predominância de áreas livres de processo erosivo, no entanto, na região leste e noroeste do PNCG, verifica-se locais susceptíveis aso processos erosivos, totalizando, aproximadamente,4153,52 ha, correspondendo a 19% da área.

ISBN: 978-85-7282-778-2

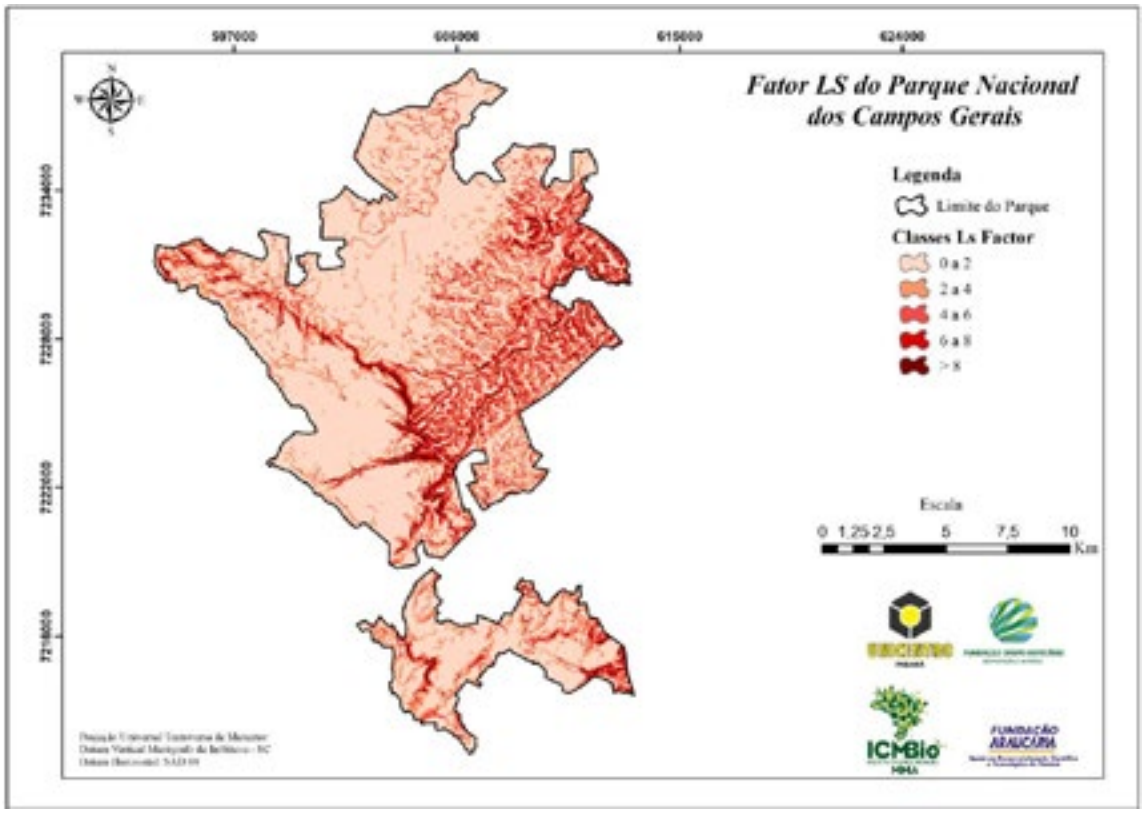


Figura 6: *Ls Factor*
Fonte: Autores.

4. Considerações Finais

De posse das abordagens teóricas e publicações, aliadas a quantificação e espacialização dos atributos topográficos no PNCG, verificou-se que o processamento destas variáveis e seus respectivos valores, podem ser associados aos processos geomorfológicos e a determinadas características pedológicas. Percebeu-se, também, que a síntese destes atributos possibilitam o estabelecimento de porções territoriais com maior e ou menor limitação de uso frente os processos geomorfológicos, conforme o apresentado por Maganhotto *et al.* (2013) e Maganhotto *et al.* (2016).

No entanto entende-se que para os estudos ambientais, como o zoneamento de uma unidade de conservação, há necessidade da correlação de outros fatores, como o uso do solo por exemplo. Assim pode-se afirmara que processamento e síntese dos atributos contemplam os critérios de Susceptibilidade e Variabilidade Ambiental. Assim, há necessidade desconsiderar outras variáveis, como: o uso do solo; a qual, também, pode ser obtida por meio das geotecnologias.

Desta feita, entende-se que a realização de uma tabulação cruzada, em ambiente de geoprocessamento, entre as Classes Limitantes (obtidas como os atributos) e as Classes de Uso facultará o entendimento do grau de fragilidade da área avaliada, possibilitando a compatibilização entre fragilidade ambiental e vocação de uso, considerada a partir das limitações e ou aptidões da área em questão.

Agradecimentos

Agradecemos a Fundação Araucária e a Fundação O Boticário, instituições estas, financiadoras da presente pesquisa e ao ICMBio de Ponta Grossa pelo incentivo e apoio a realização desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

BÖHNER, J.; KÖTHE, R.; CONRAD, O.; GROSS, J.; RINGELER, A.; SELIGE, T. **Soil Regionalization by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation.** In: MICHELI, E.; NACHTERGALE, F.; MONTANARELLA. L. (Ed.). Soil Classification 2002. European Soil Bureau – Research Report, n. 7, EUR 20398 EN, Luxembourg, p. 213-222, 2002.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems of land resources assessment**. Francis e Taylor, 1986. 185 p.

GALLANT, J. C.; WILSON, J. P. "Primary topographic attributes". In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain Analysis: Principles and applications.** New York: John

Wiley, 2000.

GRUBER, S.; PECKHAM, S. Land-surface parameters and objects in hydrology. In: HENGL, T.; REUTER, H.I. (Eds.). **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications.** Amsterdam: Elsevier, 2009.

LEPCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso.** 4ª aproximação, 2ª. Imp. rev. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1991.

LIN, H.S.; KOGELMANN, W.; WALKER, C.; BRUNS, M.A. Soil moisture patterns in a forested catchment: A hydropedological perspective. **Geoderma**, v. 131, p. 345-368, 2006.

MAGANHOTTO, R. F. *et al.*. **Os Índices de Representação do Relevo como Suporte para o Zoneamento Ambiental de Unidades de Conservação – Estudo de Caso da Floresta Nacional de Irati**. Geografia, Ensino & Pesquisa, Vol. 20 (2016), n.3, p. 168-181

MAGANHOTTO, R. F. *et al*.. **A aplicação dos Índices de Representação do Relevo como ferramenta de suporte no planejamento ambiental de unidades de conservação**. Revista Geografar, v. 8, n. 2, p. 205 – 236, Curitiba, 2013a.

MAGANHOTTO, R.F. **A Utilização dos Índices de Representação do Relevo como Suporte ao Zoneamento Ambiental de Unidades de Conservação:** Estudo de Caso Floresta Nacional de Irati. Tese de Doutorado. Programa de Pós Graduação em Geografia. Setor de Ciências da Terra. UFPR. 2013.

MANSOR, M.T.C.; FERREIRA; L.; ROSTON, D.M.; TEIXEIRA FILHO J. Parâmetro para avaliação do potencial de risco de erosão. In: Simpósio Regional De Geoprocessamento E Sensoriamento Remoto, I., 2002. **Anais...** Aracaju/SE, 17 e 18 de outubro de 2002.

MCKENZIE, N. J.; GALLANT, J. C. "Digital soil mapping with improved environmental predictors and models of pedogenesis". **Developments in Soil Science**, v. 31, 2007.

MCKERGOW, L.A.; GALLANT, J.C.; DOWLING, T.I. "Modelling wetland extent using terrain indices, Lake Taupo", NZ. In: I**nternational Congress on Modelling and Simulation**, Christchurch, 10-14 December 2007.

TERBORGH, J; SCHAIK, C. V. Por que o mundo necessita de parques. In: TERBORGH et al. (Org.). **Tornando os parques eficientes:** estratégias para a conservação da natureza nos trópicos. Curitiba: Ed. UFPR/Fundação O Boticário, 2002. 518 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PADRÕES ESPACIAIS DE FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GUAPI-MACACU - RJ

Arthur Alves Bispo dos Santos [(a)], Vinicius da Silva Seabra [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia UERJ – FFP / Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, arthurdossantos26@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia UERJ – FFP / Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, vinigeobr@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A vegetação exerce função determinante no equilíbrio dos sistemas naturais, e a análise de seu estado de conservação se torna imprescindível, principalmente em áreas de grande dinamismo, como é o caso da bacia hidrográfica Guapi-Macacu, que se localiza no estado do Rio de Janeiro, e que é responsável pelo abastecimento de água de 2 milhões de habitantes da região metropolitana. O trabalho tem por objetivo a análise dos padrões espaciais de fragmentação florestal na bacia hidrográfica Guapi-Macacu - RJ, dando ênfase ao arranjo espacial a partir das métricas da paisagem. A metodologia consiste em técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, por meio da classificação baseada em objetos (GEOBIA), e da realização das métricas da paisagem, utilizando cálculos de área, densidade e tamanho, forma, borda, e área central. Esse tipo de estudo permite análises que são úteis para prefeituras, órgãos fiscalizadores, gestão ambiental e planejamento, como subsídio à tomada de decisões.

Palavras chave: Geoprocessamento, fragmentos florestais, métricas da paisagem, classificação baseada em objeto, bacia hidrográfica Guapi-Macacu.

1. Introdução

A vegetação exerce função determinante no equilíbrio dos sistemas naturais, e a análise de seu estado de conservação em diferentes escalas e recortes espaciais se torna imprescindível. Como uma das possibilidades de analisar a distribuição da vegetação sobre a superfície terrestre, está o estudo do uso e cobertura da terra, que constitui as informações básicas para o entendimento das manifestações humanas, caracterizadas pela distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre (LUCHIARI, 2005).

Um fragmento florestal pode ser definido como qualquer área de vegetação natural contínua interrompida por barreiras naturais, como lagos, rios, rochas ou solos; e antrópicas, como culturas agropecuárias e ocupações urbanas (VIANA, 1992). Assim, analisar a distribuição e o padrão de fragmentação florestal é de fundamental importância, principalmente para fins de proteção. Além disso, permite também entender o quão equilibrado está uma área e como essa área consegue manter suas funções geossistêmicas, como por exemplo, a manutenção de mananciais hídricos, biodiversidade e mitigação de processos erosivos.

A análise dos padrões da fragmentação florestal pode ser feita através das métricas da paisagem. Turner et al. (2001) afirmam que a utilização das métricas para avaliação da estrutura da paisagem é considerada um método eficiente para a compreensão das condições ecológicas de uma determinada localidade.

A bacia do rio Guapi-Macacu (Figura 1) é o resultado da união artificial dos rios Macacu, Guapiaçu e Guapimirim. Abrange em torno de 1.260 km², correspondente a quase um terço do total da área de contribuição à baía de Guanabara, no Estado do Rio de Janeiro, e é responsável pelo abastecimento de água de quase dois milhões de pessoas (BENAVIDES et al., 2009). A área de drenagem da bacia pertence aos municípios de Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e uma pequena área de Itaboraí e Magé. A bacia se limita ao norte pela escarpa da Serra do Mar, onde se encontra as suas principais nascentes. Em suas porções leste e

ISBN: 978-85-7282-778-2

sudeste, esta bacia tem como limites formações montanhosas dos patamares residuais, também da Serra do Mar, e de maciços alcalinos do Tinguá e Rio Bonito.

Figura 1. Mapa de delimitação da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu – RJ

A construção do Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro (COMPERJ), no município de Itaboraí, proporciona uma série de modificações nessa área e ao entorno, tais como, expansão imobiliária, aumento do contingente populacional, grande fluxo de pessoas e materiais, entre outros fatores que contribuem com a pressão e impactos sobre a biodiversidade e geodiversidade da bacia.

Portanto, o trabalho tem por objetivo a análise dos padrões espaciais de fragmentação florestal na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu - RJ, dando ênfase ao arranjo espacial a partir das métricas da paisagem, que são aquelas que quantificam o tamanho, a forma e as áreas centrais dos fragmentos. As métricas da paisagem são realizadas a partir do

ISBN: 978-85-7282-778-2

mapeamento de uso e cobertura da terra, produzido através da classificação baseada em objetos (GEOBIA), com imagem de satélite Landsat 8.

2. Material e Métodos

A realização da classificação de uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu se iniciou com a aquisição da imagem do sensor *Operational Land Imager* (OLI), transportado pelo satélite Landsat 8. Este dado foi adquirido, já ortorretificado, através do site *Earthexplorer*, que é operacionalizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). A imagem foi obtida no dia 25 de setembro de 2015, e sua escolha baseou-se no fato de ser a cena mais recente sem cobertura de nuvens na área de interesse.

Em seguida, foi realizado a correção atmosférica nas bandas da imagem de satélite. Para a correção atmosférica, utilizou-se o software 6S, e os parâmetros escolhidos foram: modelo de atmosfera tropical, modelo de aerossóis urbano, parâmetro de visibilidade com 15 km (levando em conta características locais, época do ano e análise visual) e superfície média de 50 m acima do nível do mar. Outros parâmetros, tais como: data e horário de aquisição, número de linhas e colunas da imagem e informações sobre as bandas, foram adquiridos nos metadados da imagem.

Posteriormente, foi criado um projeto no software Definiens, em que as bandas da imagem OLI foram incorporadas, para posterior classificação baseada em objetos (GEOBIA). O método GEOBIA foi o escolhido para este tipo de classificação pois apresenta um ambiente para a classificação de imagens que possibilita a adoção de segmentação em diferentes níveis de escala, a utilização de descritores variados, disponibilizados ou construídos, além da hereditariedade entre níveis e/ou classes.

Cruz et al. (2007) apontam que a classificação baseada em objetos geográficos busca simular técnicas de interpretação visual através da modelagem do conhecimento para identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, métrica, contexto. A GEOBIA ainda se diferencia das demais técnicas por apresentar a

ISBN: 978-85-7282-778-2

possibilidade de se realizar multissegmentações, gerando níveis hierarquizados, incluindo ainda aspectos de multirresolução.

Com o projeto criado no software Definiens, foram aplicados uma série de processos em diferentes etapas. O primeiro processo é a segmentação. Para este trabalho diferentes parâmetros de segmentação foram testados, e após alguns testes e análises, a imagem foi segmentada com valores de escala 50 (parâmetro de cor/forma 0,1 e suavidade/compacidade 0,5), com pesos iguais para todas as bandas. Segundo Florenzano (2011), a segmentação de imagens é um processo computacional que permite dividir a imagem em regiões espectralmente homogêneas.

Em seguida foram definidas e estruturadas as classes temáticas, assim como a rede semântica de mapeamento. Foi elaborada uma rede semântica em três níveis, onde no primeiro nível foram mapeadas as classes de água, sombra e outros usos. A classe temática "outros usos", no segundo nível semântico, foi classificada em agropasto, áreas úmidas, áreas urbanas, solo exposto e vegetação natural. Por fim, a classe de “vegetação natural” foi separada em florestas e mangues.

Para a classificação de cada classe temática foram escolhidas de 10 (dez) a 15 (quinze) amostras distribuídas dentro da área de estudo. Em seguida à amostragem, foi aplicado o processo de modelagem, que consiste na definição de descritores para a classificação das regiões produzidas na segmentação. Após essa última etapa, foi rodado o processo de classificação, que resultou no mapa de uso e cobertura da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu (Figura 2).

A partir do mapa de uso e cobertura da terra, a classe “florestas” foi isolada. Para a posterior realização das métricas da paisagem, os fragmentos florestais foram divididos em classes de acordo com o tamanho: muito pequeno (inferior a 10 ha), pequeno (entre 10 e 91 ha), médio (entre 91 e 501 ha), grande (entre 501 e 1100 ha) e muito grande (acima de 1100 ha). Classificação semelhante foi utilizada por Abdalla & Cruz (2015).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Essa metodologia foi escolhida pois a análise conjunta dos fragmentos, sem considerar as devidas particularidades dos fragmentos de acordo com o seu tamanho, podem mascarar informações de muita relevância, tanto de fragmentos pequenos como de fragmentos grandes, para a dinâmica da paisagem.

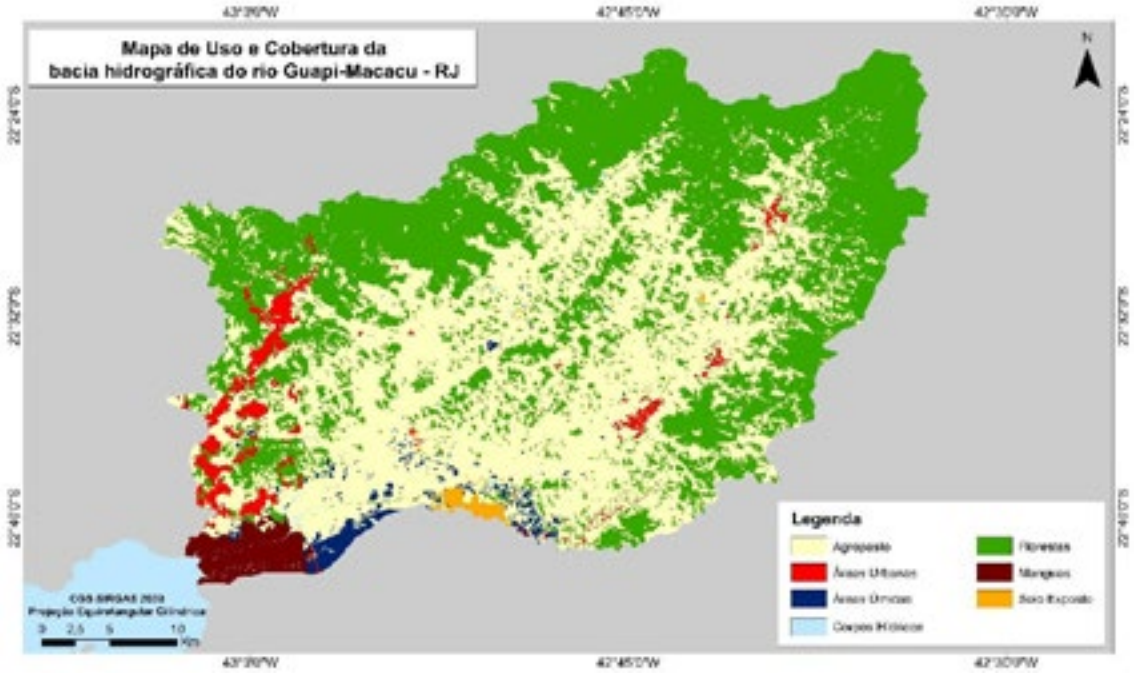


Figura 2. Mapa de uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu - RJ.

Após a classificação dos fragmentos florestais em classes conforme o tamanho, foram realizadas as análises das métricas de ecologia da paisagem. As métricas ou índices foram produzidos a partir da extensão *Patch Analyst* disponível no software *ArcGIS 10.4*. Foram utilizadas métricas de área, densidade e tamanho, forma, borda, e área central.

A partir das métricas de densidade e tamanho, foi possível identificar a quantidade de fragmentos e o tamanho médio dos fragmentos por classe de tamanho. Viana et al (1992) aponta que a medida do tamanho e a densidade dos fragmentos são de suma importância para o desenvolvimento de estratégias para a conservação de biodiversidade. Também foram

ISBN: 978-85-7282-778-2

realizadas análises de índices de forma e de borda dos fragmentos por classe de tamanho, que são: índice de forma médio, total de bordas, e densidade de bordas.

A métrica de área central é considerada pela literatura como medida muito mais forte de qualidade de habitats do que a área dos fragmentos, pois apresenta uma previsão do que realmente está sendo conservado (VOLATÃO, 1998). Assim, para a análise da área central, foram obtidos valores para: quantidade de manchas que possuem área central por classe de tamanho, média do tamanho da área central por classe de tamanho, e o índice de área central, medido em porcentagem. Para as métricas de área central, foi utilizada a distância de 100 metros da borda. Pirovani (2010) afirma que 100 metros é a distância adequada para estimar a área central, pois valores acima disso causam uma redução significativa nos valores dessa métrica.

3. Resultados e Discussões

A partir do mapa dos fragmentos florestais em classes de tamanho (Figura 3), é possível perceber que os maiores fragmentos estão localizados de forma contínua na escarpa da serra do mar e nos patamares residuais, nas porções norte e nordeste da bacia.

Na tabela I temos os resultados das métricas da paisagem por classes de tamanho dos fragmentos. Nela podemos observar que foram encontrados 1.287 fragmentos florestais, que ocupam 59.107,9 ha da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu. A média de tamanho para os fragmentos analisados conjuntamente, sem distinção de classes de tamanho, foi de 45,9 ha. Esse valor médio ocorre por conta da presença de uma alta quantidade de fragmentos pequenos, e também pela ocorrência de fragmentos com valores de área muito acima do valor médio.

Os fragmentos considerados como “muito pequeno” totalizam 1.091, com tamanho médio de 2,57 ha, ocupando uma área de 2.808,27 ha, e representando apenas 4,75% da área total ocupada pelos fragmentos. A classe “pequeno” tem um total de 175 fragmentos, com tamanho médio de 26,04 ha, correspondendo a área de 4.557,93 ha, referente a 7,71% da área

total. A classe "médio" totaliza 16 fragmentos, com tamanho médio de 224,43 ha, ocupando uma área de 3.590,94 ha, que representa 6,08% da área total de remanescentes florestais.

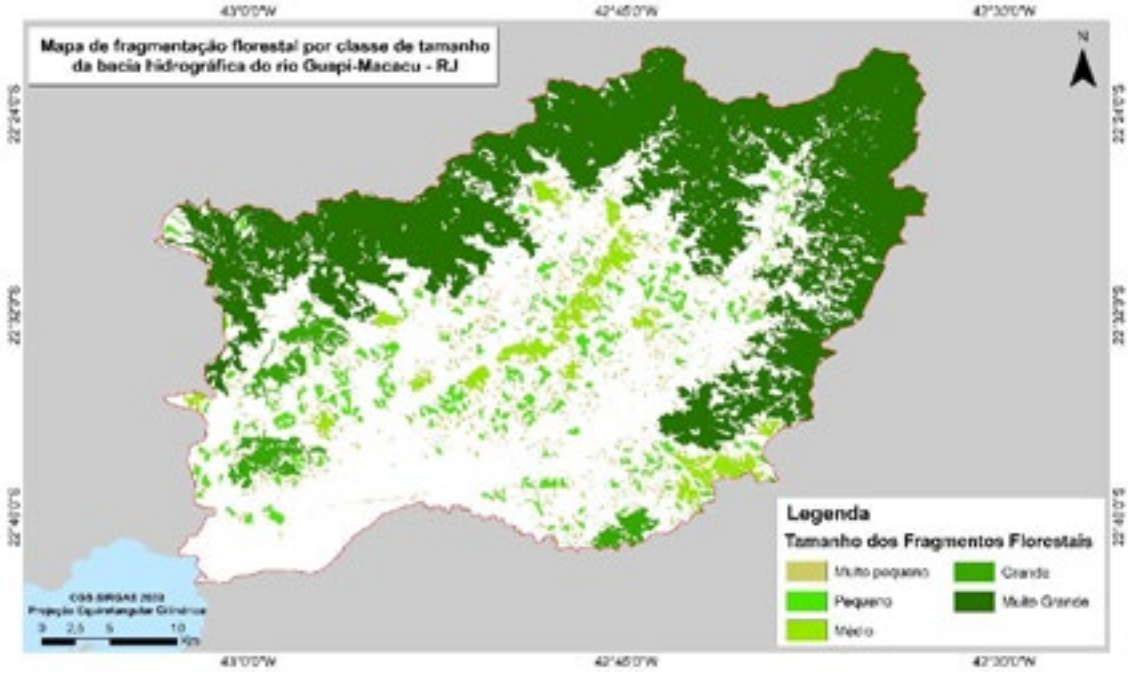


Figura 3. Mapa de fragmentação florestal por classe de tamanho da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu - RJ.

As duas últimas classes são classes com menor número de fragmentos, mas que ocupam a maior porção de área dos remanescentes florestais. A classe "grande" possui 4 fragmentos, num total de 2.892,54 ha, com tamanho médio de 723,13 ha e correspondendo a 4,89% da área total. A classe "muito grande" possui somente 1 fragmento, por se tratar de um "outlier", ocupando 45.258,2 ha e representando a maior parte da área total dos fragmentos, com 76,57%.

O índice de forma médio expressa o quanto o fragmento é próximo de um círculo. Essa métrica efetua a soma do perímetro de todos os fragmentos e divide pelo quadrado da área de cada classe. Basicamente expressa que quanto mais próximo de 1 for o valor, a forma do fragmento é mais parecida com um círculo (REMPEL et. al., 2012). O índice de forma médio revela que a classe "muito pequeno" possui fragmentos com formatos mais regulares

(1,58), assim como as classes "pequeno" (2,24) e "médio" (3,85). A classe "grande" possui valores um pouco mais altos (6,45), e a classe "muito grande" apresenta o maior valor (22,64), revelando uma forma bem mais complexa. É possível perceber que os fragmentos ficam mais complexos e irregulares conforme o tamanho do fragmento aumenta. Isso ocorre por causa da maior proporção de bordas, com alta razão perímetro/área.

Tabela I. Métricas de ecologia da paisagem de área, de tamanho e de densidade por classes de tamanho da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu

Índices	Métricas	Muito pequeno	Pequeno	Médio	Grande	Muito Grande	Total
Área	Área da classe (ha)	2.808,27	4.557,93	3.590,94	2.892,54	45.258,2	59.107,9
Densidade e tamanho	Número de fragmentos	1.091	175	16	4	1	1.287
	Tamanho médio dos fragmentos (ha)	2,57	26,04	224,43	723,13	45.258,2	45,9
Forma	Índice de Forma Médio	1,58	2,24	3,85	6,45	22,64	-----
Bordas	Total de bordas (m)	894.976	708.754	331.243	246.936	1.707.750	3.889.659
	Densidade de bordas (m/ha)	15,14	11,99	5,60	4,18	28,89	-----
Área Central	Número de áreas centrais	33	235	67	45	182	562
	Tamanho média da área central (ha)	0,13	2,02	18,75	25,95	174,28	61,6
	Índice de Área Central (%)	0,15	10,42	34,99	40,38	70,08	-----

O valor de "Total de bordas" expressa o comprimento total do perímetro (borda) para cada classe de tamanho. Ele indica que a classe "muito pequeno" possui 894.976 m de borda, sendo a segunda classe de tamanho que mais possui áreas em contato com o exterior do fragmento, estando abaixo apenas da classe "muito grande", que possui 1.707.750 m de borda. Já a métrica de densidade de bordas expressa a relação entre o perímetro de cada classe de tamanho pela área total da paisagem. Ou seja, o valor de cada classe indica quanto o fragmento possui de área de borda. Percebe-se com isso que a classe "muito pequeno" possui o valor de borda de 15,14 m/ha, seguido pelas classes "pequeno" (11,99 m/ha), "médio" (5,60

ISBN: 978-85-7282-778-2

m/ha) e "grande" (4,18 m/ha), com menor quantidade de borda. A classe "muito grande" é a que possui maior valor de densidade de borda, de 28,29 m/ha.

A partir dessa métrica, com exceção da classe "muito grande", percebe-se uma relação entre a densidade de bordas e o total de bordas para cada classe de tamanho. Os resultados dessa métrica indica um menor efeito de borda nos fragmentos que possuem menor quantidade de borda, que são as classes "médio" e "grande", sugerindo um maior grau de conservação nos fragmentos desse tamanho. Em contrapartida, com o aumento da quantidade de bordas, há o aumento também da densidade de bordas, como pode ser visto nas classes "pequeno" e "muito pequeno", indicando assim um menor grau de conservação nos fragmentos desse tamanho.

Devido a forma dos fragmentos, a quantidade de áreas centrais foi maior que o número de fragmentos para quase todas as classes de tamanho. A classe "pequeno" possui 235 áreas centrais, a classe "médio" apresentou 67, a classe "grande" possui 45, e a classe "muito grande" apresentou 182. A exceção é a classe "muito pequeno", que apresentou somente 33 áreas centrais, dos 1.091 fragmentos iniciais. O maior número de áreas centrais em classes de tamanho com menores números de fragmento se deve à separação de várias áreas centrais de um mesmo fragmento, devido ao tamanho e as formas irregulares dos mesmos.

O tamanho médio da área central de cada classe foi proporcional ao aumento do tamanho das classes, sendo a menor área central da classe "muito pequeno" (0,13 ha) e a maior da classe "muito grande" (174,28 ha). Associado à essa métrica, está a área total das áreas centrais para cada uma das classes de tamanho de fragmentos. Isso contribui para o melhor entendimento do efeito de borda que essas classes de tamanho estão submetidas. Como exemplo, a classe "muito pequeno" registrou apenas 4,25 ha de área central, que representa apenas 0,15% da área inicial dos fragmentos dessa classe, o que significa que 99,85% da área dos fragmentos dessa classe estão submetidos ao efeito de borda. De forma crescente, a classe "pequeno" registrou 475,16 ha de área central, representando 10,42% de sua área inicial; a classe "médio" apresentou 1.256,52 ha (34,99%); com 1.168,11 ha de área

ISBN: 978-85-7282-778-2

central, a classe "grande" apresentou 40,38% de sua área inicial protegida do efeito de borda; e a classe "muito grande" registrou 31.719 ha de área central, representando 70,08% de sua área inicial, o que indica que essa classe é a menos afetada.

4. Considerações Finais

A partir dos resultados das métricas da paisagem, percebeu-se que há uma dicotomia de quantidade de manchas e de dimensão. Os fragmentos classificados como "muito pequeno" são os mais representativos em termos de quantidade de manchas, mas esses fragmentos representam uma área mínima em termos de contribuição em área percentual, se comparado com outras classes de tamanhos. O inverso também ocorre, com a classe "muito grande" possuindo apenas uma mancha, mas representando uma grande área em termos de dimensão. Com relação ao formato dos fragmentos florestais, percebeu-se que os fragmentos mais irregulares apresentaram um maior valor de total de bordas.

De forma geral, chega-se à conclusão que grande parte dos fragmentos florestais estão expostos aos efeitos da fragmentação em função do tamanho, da forma e dos efeitos de borda. Ou seja, os fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu não se encontram conservados, e estão expostos a fatores com propensão a causar ainda mais a diminuição do tamanho dos fragmentos e resultar na perda da biodiversidade.

Percebe-se também que as métricas da paisagem são ferramentas cruciais para análises de fragmentação florestal, que são considerados como estudos prévios fundamentais para a implementação de estratégias de conservação e recuperação da paisagem.

5. Referências Bibliográficas

ABDALLA L. S. & CRUZ C. B. M. **Análise de fragmentação florestal no município de Silva Jardim, APA do Rio São João, RJ**. Revista Brasileira de Cartografia. N 67/1, p. 169-184. 2015.

BENAVIDES, Z. C.; CINTRÃO, R. P.; FIDALGO, E. C. C.; PEDREIRA, B. C. C. G.; PRADO, R. B. **Consumo e abastecimento de água nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Caceribu, RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

CRUZ, C. B. M., VICENS, R. S., SEABRA, V. S., REIS, R. B., FABER, O. A., RICHTER, M., ARNAUT, P. K. E., ARAUJO, M. **Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na 60 escala 1:250.000**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, INPE, Florianópolis, Brasil. 2007.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª Edição. 128p. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LUCHIARI, A. **Algumas considerações sobre as aplicações dos produtos do Sensoriamento Remoto para levantamento do Uso e Revestimento da Terra**. In: Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. p.8191-8218. São Paulo, 2005.

PIROVANI, D. B. **Fragmentação, florestal, dinâmica e ecologia da paisagem na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, ES**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. 2010.

REMPEL, R.S., D. Kaukinen., and A.P. Carr. **Patch Analyst and Patch Grid. Ontario Ministry of Natural Resources**. Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Thunder Bay, Ontario. [online: http://www.cnfer.on.ca/SEP/patchanalyst/]. 2012.

TURNER, M. G., GARDNER, R. H. & O'NEIL, R. V. **Landscape Ecology in Theory and Practice**: Pattern and Process. 401p. Spinger Verlag, New York. 2001.

VIANA, V. M. **Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais**. Anais do 6º Congresso Florestal Brasileiro. p113-118. São Paulo, 1992.

VIANA, V. M., TABANEZ, A. J. A. & MARTINEZ, J. L. A. **Restauração e manejo de fragmentos florestais**. Instituto Florestal de São Paulo, 4(2): 86-94. 1992.

VOLATÃO, C. F. S. **Trabalho de análise espacial**: Métricas do Fragstats. INPE: São José dos Campos, São Paulo–SP. 1998.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PARA ALÉM DO QUE O SATÉLITE PODE OBSERVAR: mapeamento participativo e sensoriamento remoto no estudo das alterações na zona portuária de São Luís – MA.

Igor de Luccas Santos [(a)], Larissa Rodrigues Marques [(b)], Ulisses Denache Vieira Souza [(c)]

[(a)] NEPA/Degeo, Universidade Federal do Maranhão-UFMA, igorsantos.geografia@gmail.com
[(b)] Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, larissamarques@usp.br
[(c)] NEPA/COLUN/UFMA, ulissesdenache@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O sensoriamento remoto tem possibilitado o estudo e o mapeamento de áreas de relevância socioeconômica e ambiental, porém, a dinâmica socioambiental, e a configuração territorial em áreas com alterações constantes, não são perceptíveis aos sensores na sua completude. Os fluxos e a dinâmica territorial configuram um mosaico de relações que precisa ser estudado, esclarecido e compreendido também a luz das populações que ali vivem, resistem e sobrevivem. Assim, esse artigo aborda as principais alterações ocorridas na área portuária de São Luís, em termos de arranjos espaciais, nas últimas duas décadas, a partir de um arcabouço de imagens de alta e média resolução espacial e validados a partir de oficinas de mapeamento participativo desenvolvidas no âmbito do projeto sobre Geotecnologias aplicadas ao mapeamento costeiro da Ilha do Maranhão – GEOILHA.

Palavras chave: Mapeamento participativo, Geotecnologias, São Luís.

1. Introdução

O espaço geográfico, território usado que pode ser compreendido pela relação entre o mundo e a sociedade (SANTOS, 2001), está sujeito a transformações sucessivas de acordo com os momentos históricos, no qual atualmente as maiores intervenções estão

intrinsecamente relacionadas com o modelo econômico vigente, sobretudo em países considerados em desenvolvimento, onde as mudanças socioambientais são mais perceptíveis.

A dinâmica territorial em São Luís-MA foi marcada nas últimas décadas pelo processo de industrialização, resultando em bruscas mudanças socioambientais na implantação de grandes indústrias e extensa ocupação urbana, decorrente do grande incremento populacional na Ilha do Maranhão, onde está a capital do estado. A sudoeste de São Luís, estão localizadas as instalações portuárias e industriais da Ilha, onde também habitam e trabalham populações tradicionais, tais como: Cajueiro e a ilha de Tauá Mirim.

A zona rural do município de São Luís tem sido uma área em disputa nos últimos anos, tratada nas discussões da atualização do plano diretor, como uma possível área de expansão que abrigará novos empreendimentos industriais e imobiliários. Na resistência a essa pressão de diferentes setores econômicos locais, as populações tradicionais têm assumido iniciativas, como a criação por iniciativa popular da Resex Extrativista de Tauá-Mirim.

No mapeamento e no monitoramento da área portuária, técnicas de geotecnologias associadas ao conhecimento do intérprete e das populações tem sido utilizada, entre elas, o mapeamento participativo associado ao sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto tem se firmado como importante ferramenta que auxilia nas análises ambientais, cujas informações obtidas, conforme Florenzano (2007), são geoprocessadas para contribuir com estudos ambientais, de uso e ocupação, supressão vegetal, por exemplo. O artigo aponta para alterações de uso e ocupação do solo ocorridas na área portuária de São Luís, no período de 2008 a 2018, com ênfase para a compreensão sobre a expansão industrial e a pressão sobre áreas de populações tradicionais e de fragilidade ambientais, a partir de um arcabouço metodológico que utiliza técnicas de de mapeamento participativo e o uso de sensoriamento remoto desenvolvidas no âmbito do projeto: Geotecnologias aplicadas ao mapeamento costeiro da Ilha do Maranhão – GEOILHA.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Materiais e Métodos

A metodologia utilizada norteou-se a partir de métodos de análise espacial e do uso de Sistemas de Informação Geográfica conforme Longley et al. (2013) e com suporte e apoio de técnicas empregadas por Souza e Kux (2014). Os procedimentos metodológicos (figura 01) foram definidos a fim de possibilitar a extração de informações das imagens de satélite: Ikonos para a data base do ano 2000, WorldView II data base 2010 e conjunto de imagens disponibilizadas pelo Google Earth para o ano 2018. A validação das informações obtidas após o processamento das imagens foram utilizadas para comparação com as informações obtidas nas oficinas de mapeamento participativo com a presença de estudantes e lideranças comunitárias, no intuíto de estimular noções e conceitos de localização, orientação e representação cartográfica. As atividades foram desenvolvidas no âmbito do projeto sobre Geotecnologias aplicadas ao mapeamento costeiro da Ilha do Maranhão – GEOILHA, e ocorreram na comunidade costeira do Taim, em São Luís – MA. Nas áreas apontadas pelos comunitários como sendo de pressão pelos empreendimentos portuários, foram coletados pontos com GPS Oregon e inseridas no banco de dados para servir de suporte na análise.

Figura 01: Fluxograma de procedimentos metodológicos para o alcance dos resultados
Fonte: Acervo de pesquisa, 2019

3. Resultados e discussões

A área de estudo, de singularidade ambiental, está localizada na região do Golfão Maranhense, cuja fragilidade das estruturas geológicas (Figura 02), segundo Feitosa e Trovão (2006), favorecem a dinâmica da paisagem, tendo em vista a exposição aos agentes modeladores do relevo, com influência de agentes climáticos, devido à grande umidade e proximidade da linha do Equador; hidrológicos, pela carga de sedimentos continentais que são carreados pelos rios; e oceanográfica, pelas ondas e correntes que modelam o relevo litorâneo.

Figura 02: A e B – Falésia e faixa praial na comunidade Cajueiro; C – Porto no mangue da comunidade Taim.
Fonte: Acervo de pesquisa, 2018.

A questão da sensibilidade ambiental na área portuária de São Luís foi destacada por Novaes et al. (2007), através do sensoriamento remoto, indicando que as áreas de mangues, apicuns e planícies flúvio-marinha são as áreas mais vulneráveis à influência oceanográfica e, principalmente, dos impactos ambientais das atividades portuárias. Ressalta-se que o sustento da população local provém, principalmente, das áreas mais frágeis supracitadas.

Com objetivo de preservar do modo de vida e aspectos ambientais, a sudoeste da Ilha, há processo de criação da Reserva Extrativista de Tauá-Mirim, abrangendo as comunidade Cajueiro, Taim, Limoeiro, Rio dos Cachorros, Porto Grande e as comunidades da ilha de Tauá Mirim: Amapá, Embaubal, Jacamim, Portinho e Porto Grande, região de grande tensão pela expansão industrial sobre a área rural de São Luís (MIRANDA et al, 2009).

Os incentivos fiscais, as políticas de atração de novos investimentos, aliados as promessas de melhoria da infraestrutura viária têm atraído novos empreendimentos para a área portuária, destacam-se investimentos no Terminal de grãos e a ampliação dos berços do Porto do Itaqui. Na Figura 03 apresenta-se as áreas com as principais alterações na área portuária e sua localização em relação as áreas de maior vulnerabilidade.

ISBN: 978-85-7282-778-2

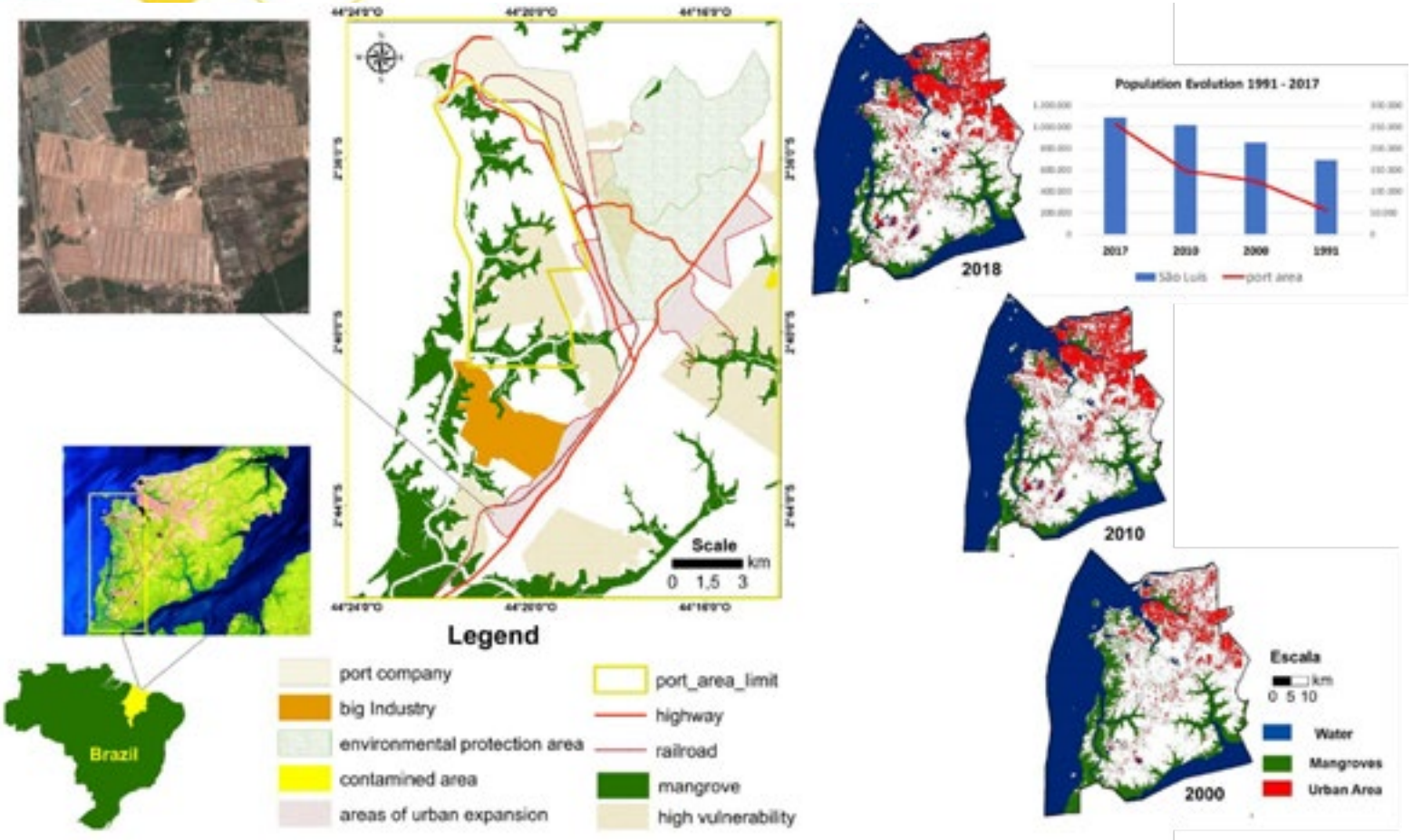


Figura 03: Áreas de vulnerabilidade, com base na análise da expansão em 2000/2010/2018.
Fonte: Acervo de pesquisa, 2019

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações finais

As recentes alterações do uso e da cobertura do solo na área em estudo, apontam para uma tendência de avanço dos novos empreendimentos sobre áreas habitadas por comunidades tradicionais. As imagens de satélite de alta resolução espacial, permitiram classificar as áreas de maior vulnerabilidade, ou seja, que se encontram, na zona de avanço de tais atividades.

Percebe-se, a partir das atividades de campo as alterações socioambientais, que refletem no modo de vida tradicional na região, em detrimento de promessas desenvolvimentistas com a ampliação da estrutura portuária. Aponta-se a necessidade de estudos específicos, em escala apropriada e por setor, que considere a proximidade com áreas de emissão de poluentes e que consigam esclarecer os reais impactos das alterações na área portuária de São Luís.

5. Referências Bibliográficas

FEITOSA, A. C.; TROVÃO, J. R. **Atlas Escolar Maranhense: Espaço Geo-histórico e Cultural.** João Pessoa – PB: Editora Grafset, 2006.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

LONGLEY, P. Sistemas e ciência da informação geográfica. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

MIRANDA, A. C. P. Unidade de conservação da natureza x indústrias potencialmente poluidoras: o caso da implantação da Reserva Extrativista de Tauá-Mirim. *In*: SANT'ANA JÚNIOR, H. A.; PEREIRA; M. J. F.; ALVES, E. J. P.; PEREIRA, C. R. A. **Ecos dos conflitos socioambientais: a RESEX de Tauá-Mirim.** São Luís: Edufma, 2009.

NOVAES, C. R; TAROUCO, J. E. F.; RANGEL, M. E. S.; DIAS, L. J. B. S. Análise da sensibilidade ambiental da parte ocidental da Ilha do Maranhão. **Anais** do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, SC, Brasil, 21–26 abril 2007, p. 4089-4096, 2007.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L.. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI.** 13. ed. Rio de Janeiro: Record, 2010. 475 p.

SOUZA, U. D. V.; KUX, H. J. H. **Geobia e mineração de dados na classificação da cobertura do solo urbano em São Luís (MA) com imagens Worldview-2 e o sistema InterIMAGE**. Revista Brasileira de Cartografia N0 66/3: 433-450 ISSN: 1808-0936, 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PLUVIÔMETRO TOTALIZADOR: COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS DE ÁGUA ($\delta^{18}O$) E DADOS CLIMÁTICOS

William Carvalho Maia [a], Eder Leandro Bayer Maier [b]

(a) Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande, wllycmaia@gmail.com

(b) Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Universidade Federal do Rio Grande, edermaier@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este artigo visa mostrar a forma e descrever a função do pluviômetro automático construído na FURG, que possibilitará coletar amostras da água da chuva e preservar as amostras de forma autônoma durante 12 meses para mensuração do volume da precipitação e análise da assinatura isotópica da água da chuva. Além disso, o equipamento registra a temperatura e umidade do ar e do solo. O equipamento foi construído com baixo custo, com menor peso bruto possível e com técnicas de produção simples e automação com uso de *software* livre, possibilitando construí-lo ou transportá-lo em/para locais de difícil acesso (Amazônia e região do Chaco). Por se tratar de um invento, a metodologia, as diretrizes seguidas e os resultados descrevem o processo de construção e funcionamento do pluviômetro. Cabe ressaltar que o pluviômetro tem pedido de Patente de Invenção junto ao INPI, sob o nº BR102018076833-6.

Palavras chave: Água, Geoquímica, Pluviômetro, Automação

Contextualização

As técnicas de construção e uso de equipamentos para observações de todas as esferas (atmosfera, hidrosfera, criosfera, litosfera e biosfera) são necessárias e possuem uma demanda reprimida, principalmente na geografia. Nesse contexto, existe a carência de geotecnologias eficientes no que tange a preservação da água da chuva de forma autônoma durante um ano,

visto que os equipamentos comercializados são planeados para coletas mensais e são dependentes de um observador, o que torna a amostragem onerosa e com baixa resolução temporal e espacial.

Um protótipo de um pluviômetro totalizador foi desenvolvido, construído e instalado na Universidade Federal do Rio Grande – FURG, e neste artigo será mostrado a estrutura do equipamento e as funcionalidades, que possibilitam a mensuração do volume da precipitação, a armazenagem de uma amostra de água para cada mês do ano para análise da assinatura isotópica da água da chuva e coleta dados atmosféricos como temperatura do ar e do solo e a umidade do ar e do solo.

O armazenamento e preservação automática da água precipitada possibilitará a mensuração da razão isotópica de oxigênio ($\delta^{18}O$), o qual está relacionado ao processo de reciclagem da água sobre o continente, dessa forma obtém-se valiosas informações (volume precipitado e $\delta^{18}O$) do ciclo hidrológico do continente Sul Americano.

A assinatura isotópica ($\delta^{18}O$) da água da chuva em latitudes tropicais e subtropicais está relacionada aos ciclos de evaporação e precipitação sobre o continente. A cada processo de evaporação-precipitação, os isótopos com maior massa atômica (O^{18}), tendem a precipitar primeiro, consequentemente ocorre o empobrecimento desses isótopos. Quando se calcula a razão isotópica ($\delta^{18}O$), observa-se valores negativos, com decréscimo da magnitude de 3‰ a cada processo de reciclagem.

A reconstrução paleoclimática utilizando dados da $\delta^{18}O$ ainda é imprecisa, principalmente pela variabilidade temporal e espacial da precipitação sobre o continente sul americano e sua interdependência com o processo de reciclagem da água continental. Os estudos sobre reciclagem são baseados em modelagem numérica ou modelagem estatística, sendo carentes de dados observados (Maier 2014).

Notadas as necessidades, os objetivos são a apresentação do pluviômetro automático desenvolvido e testado e que terá réplicas instaladas na região do Chaco, bem como uma réplica

instalada na FURG, para que seja acompanhado o funcionamento, a fim de sanar qualquer problema estrutural e de hardware e software do protótipo. Será criada uma rede de observadores colaboradores, com o propósito de acompanhar e enviar *feedback* dos pluviômetros após instalação na região do Chaco.

A circulação atmosférica global configura a distribuição de umidade na América do Sul. A água que precipita sobre a floresta Amazônica ocorre pela entrada de umidade pelo Oceano Atlântico (50%) que acompanha os ventos alísios demonstrados na Figura 01 de Peres e Maier (2016). Adicionalmente, 50% da precipitação ocorre pela evapotranspiração da própria floresta (Dall'Olio et al, 1979).

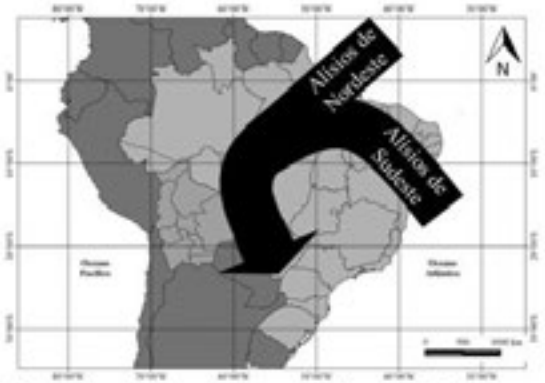


Figura 1 – Mapa de entrada de umidade na América do Sul. Fonte: Peres e Maier (2016).

1.1 Isótopos de Oxigênio 18 (δ18O).

Uma molécula de água é composta por diferentes elementos químicos (hidrogênio e oxigênio) que possuem isótopos estáveis de diferentes massas atômicas, por exemplo, a massa do O pode variar entre 16 e 18 daltons. Em função de processos naturais os isótopos passam por processos de fracionamento, de maneira que, seus valores de razão isotópica sofrem flutuações. Destaca-se que a água possui abundância de isótopos pesados, como o O^{18}, e que os mesmos são os primeiros a serem precipitados nos processos de reciclagem da água. A concentração isotópica da chuva depende, entre outros fatores, da origem do vapor d'água (Dall'Olio et al., 1979).

Diferenças de pressão de vapor geram fracionamento isotópico, cada mudança de fase de uma massa de água durante o seu caminho pela atmosfera, desde sua fonte líquida (evaporação) até a precipitação na forma de neve ou chuva (condensação), altera a razão entre o O^{16} e o O^{18}. Em ambientes de baixa e média latitude a razão entre o número de moléculas de O^{16} e O^{18} está relacionada ao ciclo hidrológico, com empobrecimento do O^{18} a cada processo de evaporação e precipitação (Dansgaard, 1954).

As variações da razão isotópica do oxigênio dezoito ($\delta^{18}O$) em latitudes tropicais ocorrem pelo fracionamento isotópico em cada processo de condensação da água na atmosfera. Portanto, a repetição desse processo ao longo da reciclagem da água sobre o continente diminui a porcentagem relativa do O^{18}. Cada processo de evaporação e precipitação da água sobre o continente diminui a razão isotópica do oxigênio em cerca de 3 per mil (3‰) (Dansgaard, 1964).

1.2 Automação

Automação é um sistema de controle de mecanismos onde não se faz necessário a intervenção humana durante a atividade e por meio de dispositivos eletroeletrônicos é possível configurar e controlar as ações de diversos mecanismos. No equipamento em questão foram utilizados os seguintes ítens deste seguimento: Placa solar, bateria, controlador de carga, placa Arduino Uno, motor-de-passo, driver de controle de motor-de-passo, relógio tempo real (RTC), sensores de umidade e temperatura do ar e do solo e *shild* de memória para armazenamento dos dados dos sensores. As descrições e definições dos referidos componentes são encontradas em Maia e Maier (2018).

2. Materiais e Métodos

O desenvolvimento do equipamento se deu concomitantemente ao surgimento de novas ideias e à elaboração dos mecanismos. No entando, o pensar as funcionalidades desejadas, não obedeceu uma ordem metodológica, e neste sentido cada parte fundada se torna resultado.

Tem-se como desígnio principal deste artigo, uma apresentação do pluviômetro automático que foi pensado e desenvolvido preservando os princípios de construção de baixo custo, com menor peso bruto possível e aplicação de técnicas de produção simples e automação com uso de software livre. Estão descritas abaixo, as fases conforme foram surgindo as ideias para a produção das peças.

O trabalho foi dividido em duas partes, uma teórica e outra operacional. Na primeira etapa, foram feitas pesquisas relacionadas à precipitação na região a ser instalados os pluviômetros, a fim de dimensionar o tubo de coleta de água, para que mesmo em diferentes regimes climáticos a coleta máxima de precipitação não seja superior a 1 litro de água e equacionar a relação entre os mililitros de água coletada e o volume da precipitação. Já o projeto operacional foi responsável pelo planejamento e estruturação do pluviômetro.

A utilização de PVC para construção de peças estruturais foi fundamental, tendo em vista a possibilidade de adquirir com facilidade em diferentes regiões. Com o propósito de instalação dos equipamentos em áreas remotas da Amazônia, Andes e do Chaco, a utilização de materiais leves e de baixo custo, beneficia a logística, bem como garante um baixo custo de frete.

O equipamento possui estrutura construída com cano de PVC, dividido em parte de armazenagem e parte de coleta e distribuição de água, com altura total de aproximadamente um metro e meio (1,5 metros). Na parte interna, são acomodados 12 frascos (12 meses), com capacidade de armazenamento de 1 (um) litro de água, acomodadas em em suportes dispostos em 3 níveis de altura sendo 4 frascos em cada nível, conforme Figura 2 dos Resultados.

2.1 Distribuição mensal da água coletada.

O pluviômetro tem função importante de distribuir em 12 frascos a água coletada durante o período de operação (1 ano). Para isso, a água captada a partir do coletor principal, é direcionada à coletores secundários os quais, por meio de um disco móvel, distribui a água entre os frascos. Os 12 de um total de 13 coletores secundários são conectados aos 12 frascos de

armazenamento, sendo que o 13° coletor é utilizado apenas para descartar a água captada a partir do 12° mês de operação do equipamento.

No que tange a distribuição da água, o movimento do disco de distribuição foi automatizado, utilizando um motor de passo, acionado por um driver específico, controlado por uma placa Arduíno. O motor de passo, com uma engrenagem, é fixado na lateral interna do cano da estrutura e atua em conjunto com uma cremalheira fixada no disco de distribuição e com este mecanismo, o acionamento do motor de passo induz o giro do disco, posicionando precisamente a mangueira do coletor principal com o coletor secundário.

2.2 Preservação da amostra

A grande preocupação durante a idealização do pluviômetro automático situou-se nos mecanismos de preservação das amostras, devido ao fato de ser, de certa forma, a atividade-fim do equipamento. Diante desta preocupação, a aplicação simultânea de dois mecanismos mostraram eficiência, sendo que o primeiro é um *looping* na mangueira do frasco, que atua na redução da área de exposição da água, fazendo com que a evaporação da água seja diminuída. O segundo mecanismo atua na vedação do sistema de entrada de água a partir dos coletores secundários e suspiro, através da inserção de uma esfera de aço.

Para aferir o sistema de preservação, uma amostra de água da chuva foi coletada, sendo que 50ml foi armazenada sob refrigeração para servir como amostra controle e outros 3 litros, divididos em três frascos que foram armazenadas no equipamento por 172 dias. Mensalmente eram recolhidas amostras e preservadas sob refrigeração, obtendo assim, amostragens de 30, 60, 90, 120, 150 e 172 dias. Por fim, todas as amostras (controle e mensais) foram analisadas em um espectrômetro de massa do Centro Polar e Climático (CPC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

3. Resultados e Discussões

O resultado deste trabalho está demostrado através da Figura 2 abaixo, que mostra a estrutura final do equipamento desenvolvido e testado. A referida Figura mostra uma vista

externa geral do equipamento e em seguida uma vista com transparência no tubo externo, permitindo uma visualização geral da composição interna, composta por frascos de armazenamento, caixa de automação, sistema de distribuição através de coletores secundários que abrigam as esferas de vedação do armazenamento individual, e a parte superior que abriga o motor de passo e cremalheira, bem como o coletor principal e a placa solar para alimentação fotovoltaica do sistema automático.

Na Figura 2 também se dá destaque especial para o sistema de vedação, composto por esferas e o looping da mangueira flexível, que auxiliam a contenção da evaporação.

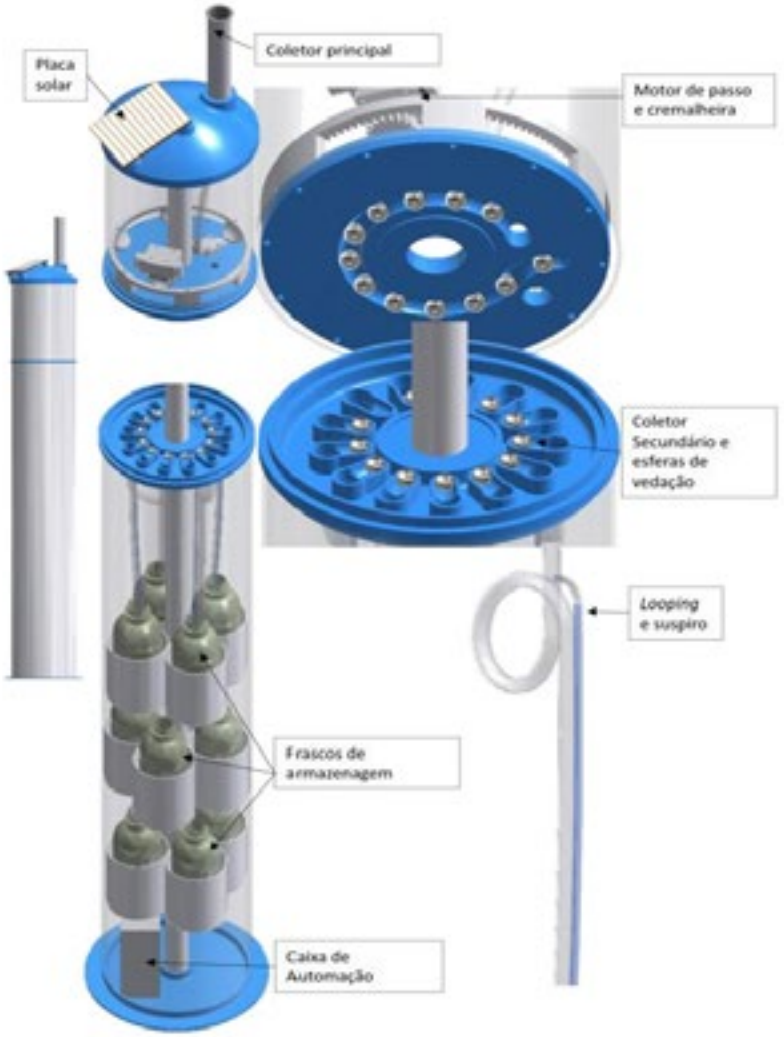


Figura 2 – Estrutura geral do pluviômetro

3.1 Estrutura

A estrutura externa e interna do equipamento é baseada em canos de PVC de diferentes diâmetros, de acordo com a função. O pluviômetro divide-se em setor de armazenagem dos frascos, na parte inferior, e setor de coleta, disposto na parte superior. A parte inferior abriga uma caixa estanque onde está armazenada a placa de controle dos sensores para coleta dos dados climáticos e de automação da distribuição e preservação da água. Na parte superior está o motor de passo que efetua o giro do disco para distribuição mensal da água e consequente vedação do sistema de armazenamento.

Visando uma melhor precisão no funcionamento, três peças foram produzidas através de impressão 3D, no Laboratório Ciência 3D Impressa do Instituto de Matemática, Estatística e Física (IMEF) da FURG. O aluno do curso de física, Gutemberg Conrado, executou os desenhos em software específico e imprimiu a cremalheira e a engrenagem do motor de passo, dando assim melhor precisão e garantia de funcionamento do sistema de distribuição de água entre os coletores secundários. Outro item impresso foi o disco que é a base das esferas e coletores secundários.

A caixa estanque abriga o controlador de carga, a bateria, o *shild* de memória, o driver de controle do motor-de-passo e o RTC. Na parte externa, a placa solar é fixada de acordo com a inclinação solar, a fim de se obter a maior eficiência da mesma. Os sensores também ficam dispostos na parte externa do pluviômetro de maneira que consigam coletar de forma fidedigna as informações do tempo.

3.2 Sistema de preservação das amostras.

Os resultados da composição isotópica da água da chuva mostraram que o sistema de preservação das amostras é eficiente, visto que a permanência durante 172 dias não alterou a assinatura isotópica da água. A variação na razão isotópica do oxigênio dezoito ($\delta^{18}O$) (Figura 3) é inferior a precisão do equipamento de mensuração, em outras palavras, o dado da razão isotópica ($\delta^{18}O$) pode conter um erro de 0,3 ‰. Adicionalmente, se ocorresse evaporação da

água, a razão isotópica seria maior, visto que ocorre maior evaporação dos isótopos leves (O^{16}), concentrando os isótopos pesados (O^{18}). Por isso, acredita-se que as variações, especialmente da diminuição da razão isotópica, estão aos limites de precisão da técnica de mensuração dos isótopos estáveis. Cabe ressaltar, que o limiar de 0,3‰ da imprecisão é pequeno, quando comparado ao empobrecimento isotópico de um processo de evaporação-precipitação, que é de aproximadamente 3‰.

Na Figura 3 é possível observar as variações do $\delta^{18}O$ da amostra preservada por 6 meses no pluviômetro automático. Observa-se que as seis coletas mensais, ao longo de 172 dias (no eixo horizontal), apresentaram variações inferiores a 0,3‰ (linha vermelha) do $\delta^{18}O$.

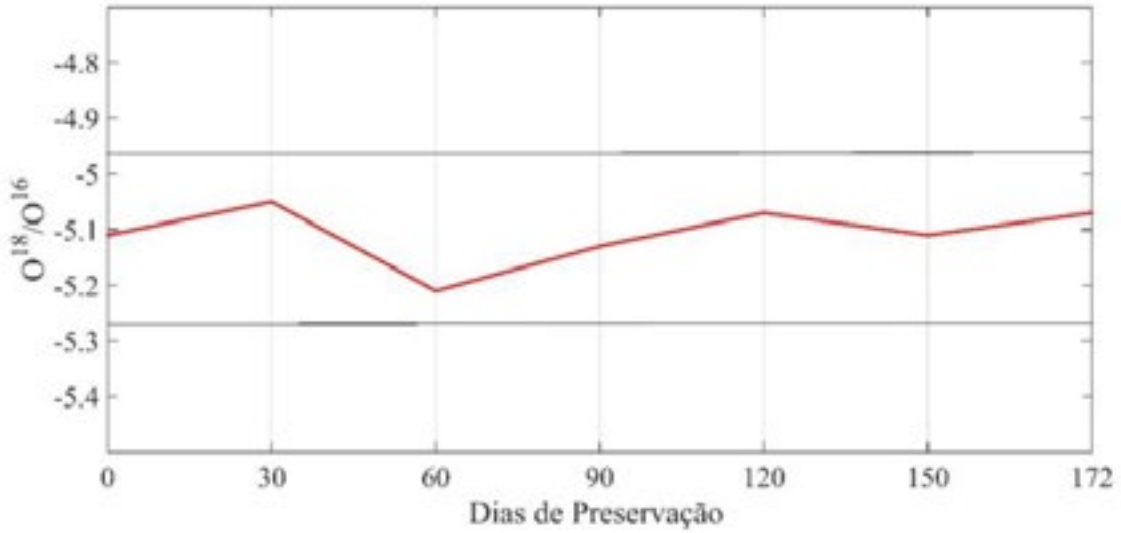


Figura 3 Variação da razão isotópica do oxigênio dezoito (δ18O), para coletas mensais, durante 172 dias.

Inicialmente serão instalados 6 (seis) pluviômetros, distribuidos conforme Figura 4. Os equipamentos serão distribuídos no eixo Sul-Norte com aproximadamente 2° de latitude de distanciamento entre eles. Além dos pontos de localização dos equipamentos a Figura 4 mostra a média da precipitação através dos gráficos da esquerda e a variabilidade da precipitação nos gráficos da direita, para as mesmas regiões.

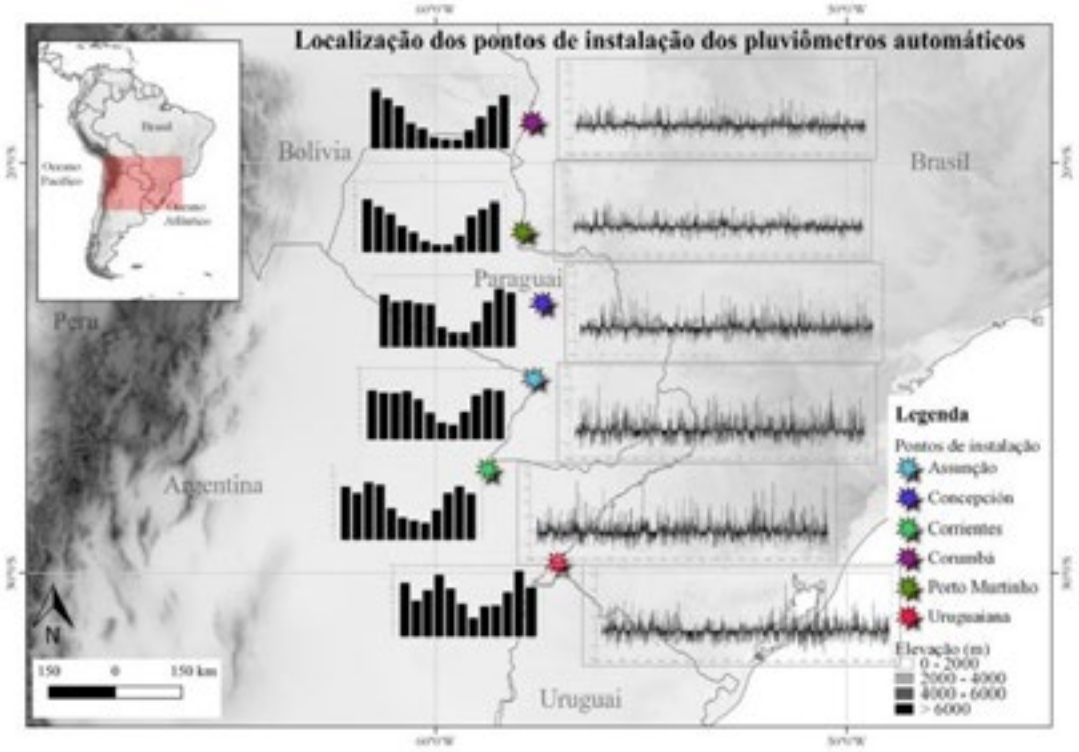


Figura 4 – Mapa de localização dos pluviômetros com a média e a variabilidade da precipitação

4. Referências Bibliográficas

DANSGAARD, W. The O18 abundance in fresh water. Geochimica et Cosmochimica Acta, v.6, n.5, p.241-260, 1954.

DANSGAARD, W. Stable isotopes in precipitation. Tellus, v.16, n. 4, p. 436–468, 1964.

DALL'OLIO, A., SALATI, E., AZEVEDO, C.T. e MATSUI, E. Modelo de fracionamento isotópico da água na bacia amazônica (Primeira aproximação). Acta Amazônica, v. 9, n. 4, p. 675–687, 1979.

MAIA, W. C., MAIER, E.LB. Desenvolvimento de geotecnologias para coleta de dados climáticos. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geografia Bacharelado), na Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande. 2017.

MAIER, E.LB. Relações espaço-temporais entre dados paleoclimáticos do Nevado Illimani (Bolívia) e a precipitação na América do Sul. 2014. 126 f. Tese (Doutorado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2014.

PERES, T, C. MAIER, E, L, B. Análise das relações entre o δ18O do testemunho de gelo do Nevado Illimani (Bolívia) com a precipitação da região tropical da América do Sul (1929- 1998). Revista Brasileira de Geografia Física. v. n. 3, p. 820 – 83, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233720>. Acesso: 1 out. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR DO ESTADO DO PIAUÍ: UMA AVALIAÇÃO DA RADIAÇÃO INCIDENTE NO PERÍODO DE UM ANO

Igor de Castro Sousa [(a)], Abílio Gomes Figueredo Neto [(b)], Adeilton Moura Cunha [(c)], Fabiano de Sousa Oliveira [(d)], Carlos André Carvalho da Silva [(e)] Juliana Gonçalves de Sousa [(f)]

[(a)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, igor258.castro@gmail.com

[(b)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, abiliotleo@hotmail.com

[(c)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, dellpositivo45@gmail.com

[(d)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, contatofabiano5@gmail.com

[(e)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, julianahsousa2013geoproc@gmail.com

[(e)] Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina central, karlosandre777@gmail.com

Eixo: Geotecnologias de modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

As energias renováveis vêm ganhando cada vez mais espaço na produção energética mundial. A preocupação com o meio ambiente é um dos fatores preponderantes para essa guinada, tendo em vista que as matrizes atuais são de grande impacto. Existe também a preocupação com a escassez futura dos recursos não renováveis. O Brasil apresenta uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, e tem um potencial gigantesco de crescimento. A radiação solar apresenta-se como uma das mais promissoras novas fontes de energia elétrica, e o Brasil possui condições ideais para a sua produção. O estado do Piauí está localizado em uma das regiões com maiores índices de

radiação solar do Brasil. Entender o potencial de uso dessa tecnologia no Piauí é o objetivo deste trabalho. Para isso, fez-se a interpolação dos dados recebidos de estações de monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do ano de 2018, por meio da técnica IDW. Como resultado, foi produzido um mapa de radiação média anual do Piauí.

Palavras chave: energia solar, geoprocessamento, interpolação

1. Introdução

O uso de fontes de energia renovável vem ganhando um grande impulso nos últimos anos em todo o mundo está surgindo por parte das pessoas cada vez mais preocupação com a utilização dos recursos naturais não renováveis como fonte de energia, que são finitos e ainda geram poluição e agridem o meio ambiente. No Brasil, a utilização do potencial de energia solar também está em expansão "em 18/07/2016, o Brasil contava com 51,1 MW de potência instalada de geração solar, correspondentes a 3.851 instalações. Em oito meses o número de instalações triplicou no Brasil." (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2016).

A energia solar fotovoltaica tem potencial significativo de compor em grande parte a matriz energética nacional, tendo em vista que o Brasil possui uma das melhores condições de inserção desta fonte na sua matriz elétrica em todo o globo, está inserido em quase sua totalidade nos trópicos, recebendo grandes quantidades de radiação solar. É importante considerar ainda, o fato de o País possuir uma complexa e bem estruturada rede de transmissão e distribuição, facilitando a distribuição de energia elétrica entre as regiões, onde as usinas hidrelétricas, térmicas, eólicas e solar se complementam. (PERAZA, 2013).

Pelo seu tamanho continental e por sua localização geográfica o Brasil apresenta condições ideais para a produção de energia fotovoltaica. Segundo Tsuruda, "O Brasil possui um excelente recurso solar entre 1.550 e 2.350 kWh m-² ano-1". De acordo com Nascimento (2017 p. 4), "O Brasil possui expressivo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, contando com níveis de irradiação solar, superiores aos de países onde projetos para

aproveitamento de energia solar são amplamente disseminados, como Alemanha, França e Espanha".

Entre as regiões do Brasil com maior potencial se encontra o Nordeste que além de estar geograficamente próximo da linha do equador tem menos precipitação, o que propicia mais dias com sol intenso. De acordo com Bezerra e Santos (2016) O semiárido nordestino se destaca como uma das áreas que apresentam os melhores parâmetros técnicos de insolação. O atlas Brasileiro de energia solar apresenta que o valor máximo de irradiação global do Brasil é de 6,5 KWh/m2 e foi registrado no norte da Bahia, próximo à fronteira com Piauí.

O estado do Piauí apresenta um grande potencial, visto que faz parte da região nordeste, também possuem em andamento alguns projetos de geração de energia solar. Para uma melhor avaliação desse potencial, foi feito um mapa que mostra os níveis de radiação solar incidentes no Piauí. O objetivo deste trabalho é produzir um mapa do potencial de energia solar no estado do Piauí, por meio do Geoprocessamento de dados das estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) presentes em alguns municípios, por meio tá técnica de interpolação IDW. Segundo Rosa (2005), O Geoprocessamento também conhecido por "geotecnologias", é o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

O Piauí é o terceiro maior estado da região Nordeste do Brasil (figura 1). A capital é Teresina e a sigla PI, possui área de 251.529km². Tem uma população de 3.264.531 milhões de habitantes, conforme a estimativa do IBGE para 2018. Sua capital e cidade mais importante é Teresina. O Piauí limita-se a leste com os estados do Ceará e Pernambuco a leste; a sul e sudeste com a Bahia; a sudoeste com o Tocantins; a oeste com o Maranhão; e ao norte com o Oceano Atlântico. Número de municípios: 224. (IBGE, 2019).

ISBN: 978-85-7282-778-2

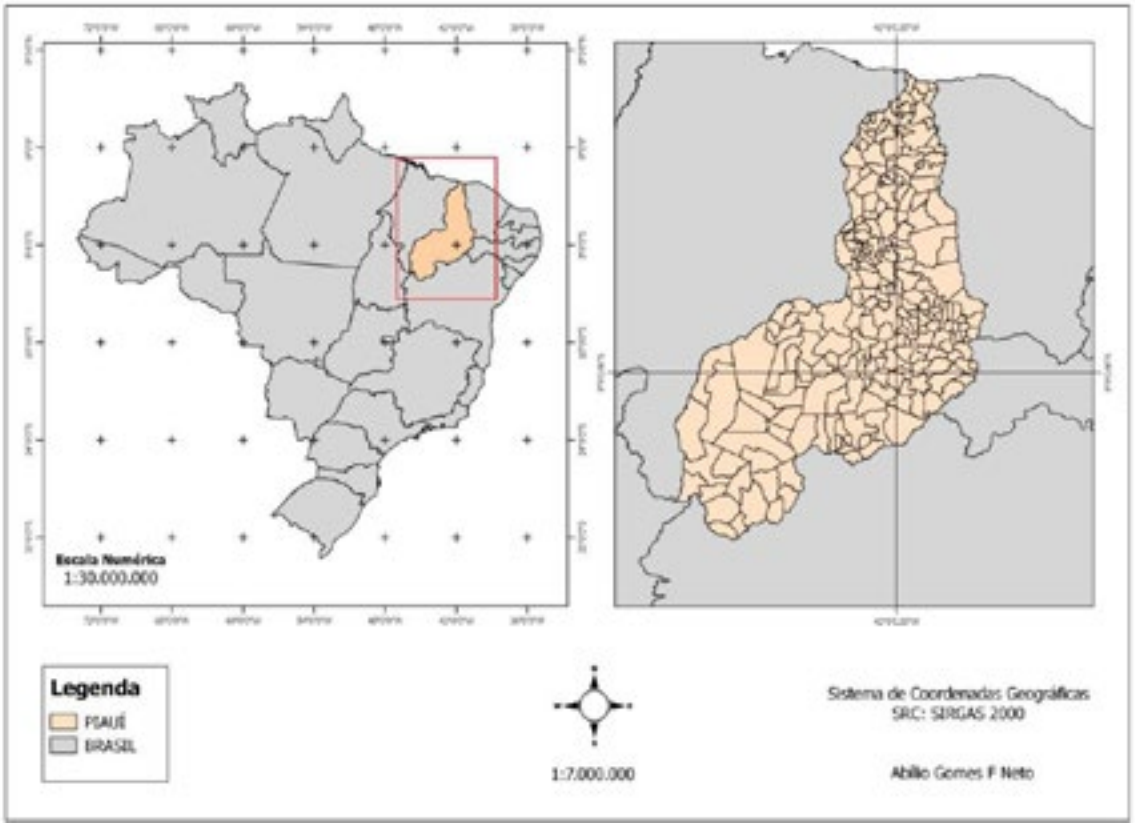


Figura 1 - Mapa de localização do Piauí no Brasil.

2.2. Aquisição e manipulação de dados

Os dados para a confecção do mapa são do ano de 2018, foram obtidos no sítio do INMET, através de solicitação e posterior envio dos dados diários de radiação solar em Kjh/m2. Foram disponibilizados dados de radiação solar de 22 estações presentes em municípios do estado. A estação da cidade de Piripiri, não constava nenhum valor, portanto, foi retirada do processamento. Foi feito o cálculo da média anual de todas as estações. Para isso utilizou-se o Excel, que é uma planilha eletrônica da Microsoft.

Para a confecção do mapa de radiação solar foi utilizado o programa QGIS que consiste em um SIG (Sistema de Informação Geográfica). Um SIG é um conjunto de

ISBN: 978-85-7282-778-2

ferramentas especializadas em adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Esses dados geográficos descrevem objetos do mundo real em termos de posicionamento, com relação a um sistema de coordenadas, seus atributos não aparentes (como a cor, ph, custo, incidência de pragas, etc) e das relações topológicas existentes. Portanto, um SIG pode ser utilizado em estudos relativos ao meio ambiente e recursos naturais, na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou no apoio a decisões de planejamento, considerando a concepção de que os dados armazenados representam um modelo do mundo real, (Burrough, 1986).

No QGIS foi criado um arquivo "shapefile" de pontos com as médias anuais obtidas e de acordo com a localização das estações do INMET presentes, por município. E posteriormente foi obtida a interpolação dos pontos. De acordo com Assad e Sano (1998), A interpolação é uma técnica faz uma estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. A interpolação espacial transforma dados pontuais em campos contínuos, produzindo padrões espaciais comparáveis com outras entidades espaciais contínuas. O raciocínio que está na base da interpolação é que, em média, os valores do atributo tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados. Esse conceito também fundamenta a base das relações espaciais entre fenômenos geográficos, utilizando a correlação espacial como meio de diferença dos atributos estimados.

O método de interpolação utilizado foi o IDW que faz um cálculo do peso pelo inverso da distância. Por fim foi criado um mapa representando a distribuição da incidência de radiação solar pelo território do estado do Piauí. Os valores foram convertidos de Kj/m2 para Kwh/m2, padrão usado pelo INPE no Atlas Brasileiro de Energia Solar. Em seguida foi feita uma classificação automática com a ferramenta "r.reclass", com o intuito de se estimar quantitativamente áreas do estado em relação a incidência de radiação. Foram utilizados os critérios apresentados na tabela 1. Em seguida foi gerado valores de área por classe com a ferramenta "r.report".

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela I - intervalos de classe para a reclassificação.

CLASSE	INTERVALO	Valor
4,7kWh/M2	0.00 <-> média - desvio padrão	1
5.3Kwh/m2	Média - desvio padrão <-> média + desvio padrão	2
6,5Kwh/m2	Média + desvio padrão <-> 65536	3

3. Resultados e discussões

O geoprocessamento permitiu o tratamento das informações geográficas e a produção do mapa de radiação do estado do Piauí. Por meio de uma das técnicas de geoprocessamento, a interpolação IDW, foi constituído através da geração de peso pelo inverso da distância, o que se traduz como a produção de dados em pontos não existentes através dos dados próximos no espaço geográfico. Esse processo feito através de um SIG amplia as possibilidades de resultados, tendo em vista que o mapa de radiação é uma informação espacial, que em conjunto com informações quantitativas, permite uma melhor interpretação dos dados.

Os níveis de radiação solar existentes, mostram o elevado potencial de produção de energia solar no Estado do Piauí. A figura 1 contém um mapa com a distribuição da radiação pelo estado. Os valores detectados variam de 4,7 a 6,5 Kwh/m2. Os níveis de radiação mais presentes no território são os que se encontram na classe 2, que varia em torno de 5,3 Kwh/m2 e está presente em aproximadamente 75% (192.800,5 km2) da área do estado. As áreas que apresentam níveis em torno de 6,5 Kwh/m2 correspondem às melhores condições de geração

ISBN: 978-85-7282-778-2

de energia fotovoltaica do estado, e abrangem aproximadamente 10%(23.216,77 km2) da área. Os 15% (35.612,82 km2) restantes apresentam o menor índice de incidência de radiação, em torno de 4,7 Kwh/m2, constituindo ainda um ótimo nível para geração de energia.

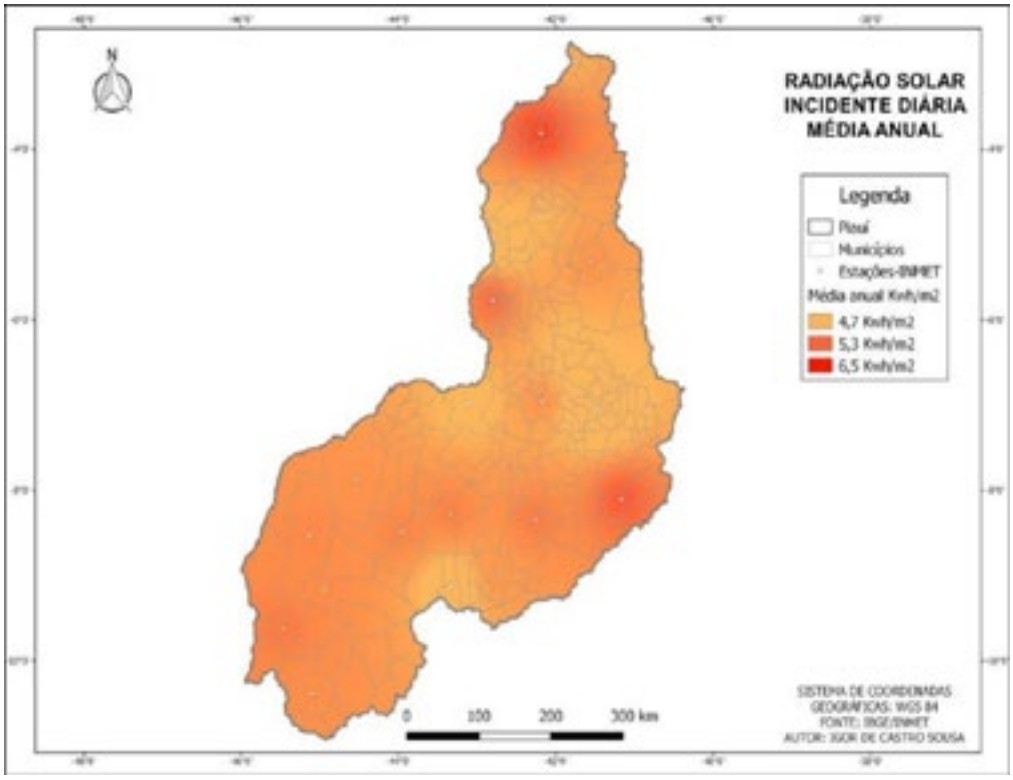


Figura 2 – Mapa de radiação solar incidente no estado do Piauí para o ano de 2018.

A classificação delineou três áreas de incidência de radiação por quilômetro quadrado, figura 2, que correspondem aos intervalos definidos para o estudo. As áreas estão nas cores azul (menor incidência) laranja (média incidência) e azul (maior incidência).

ISBN: 978-85-7282-778-2

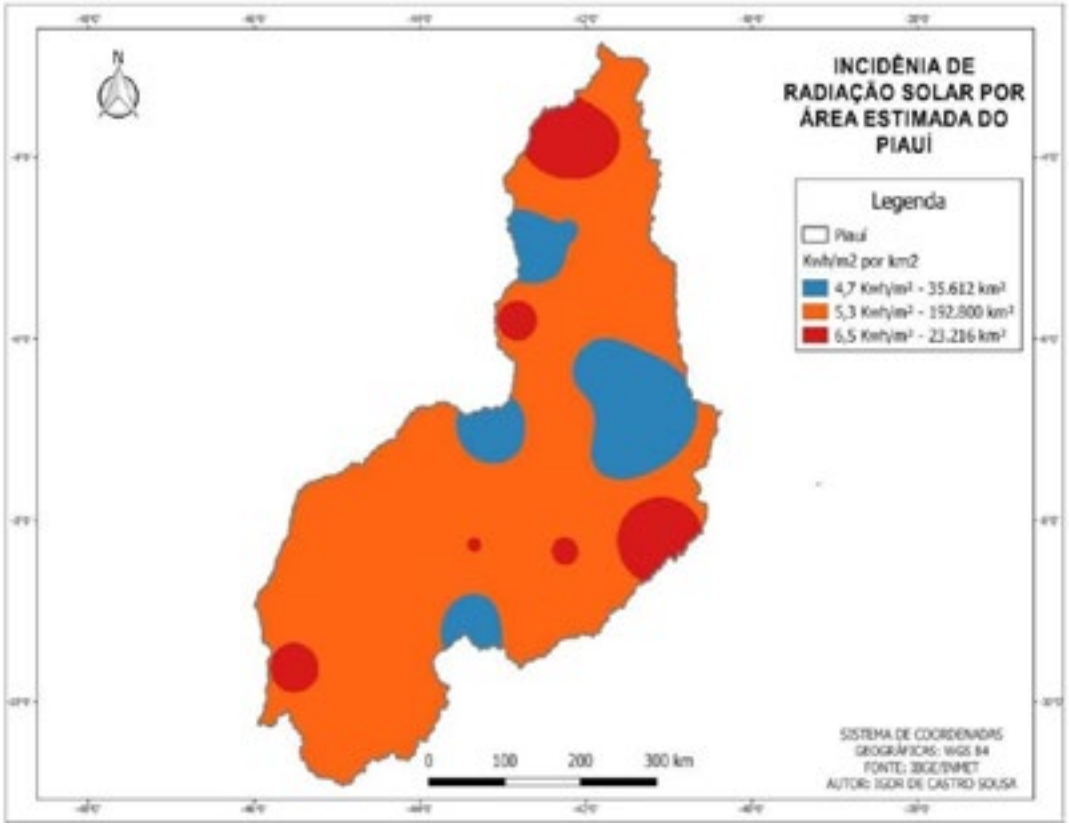


Figura 3 - Incidência de radiação solar por Km2.

Os níveis de radiação solar que foram obtidos através da interpolação IDW, mostram, portanto, que o território piauiense é um importante mercado para a geração de energia solar. Sejam em projetos individuais, residências, empresas, seja para a produção em larga escala através de usinas solares. O geoprocessamento pode ainda auxiliar no desenvolvimento de projetos de maior escala, pois, estes, tendem a exigir um estudo de viabilidade o qual se leva em consideração muitos fatores, como a observação de áreas próximas a redes de distribuição de energia, a proximidade com rodovias para facilitar o acesso, bem como o relevo da região. Essas são informações espaciais que fazem parte do escopo de estudo do geoprocessamento.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações finais

Dessa forma é perceptível que a implantação de projetos de geração de energia solar, além de fornecer o apelo à preservação ambiental, também têm reflexos no meio social da região, gerando emprego e renda. O Piauí é um dos estados mais pobres da União, apresentando altos níveis de desemprego e pobreza. Este tipo de negócio pode contribuir muito para a redução das desigualdades e servir de trampolim para o seu desenvolvimento.

Além disso, a energia solar pode ajudar o estado suprir sua necessidade energética que está concentrada na produção hidroelétrica, tendo em vista que este possui uma grande incidência de raios solares.

5. Referências bibliográficas

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistemas de informações geográficas**: aplicações na agricultura. 2. ed. ver. ampl. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CPAC, pp.3-11, 1998.

BEZERRA, F. D. SANTOS, L. S. **Energia solar no Nordeste.** Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste -ETENE. 2016.

BURROUGH, P.A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**.Oxford, Clarendon Press, 1986. IBGE. **Cidades**. Disponível em:<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/panorama>. Acesso em 15.Jan. 2019.

NASCIMENTO. R. L. **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Câmara dos Deputados. Brasília, 2017.

PERAZA, D. G. **Estudo de viabilidade da instalação de usinas solares fotovoltaicas no Estado do Rio Grande do Sul**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. 2013.

ROSA, R. **Geotecnologias na geografia aplicada.** Revista do departamento de geografia - USP. São Paulo, 2005.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PREDIÇÃO DA VAZÃO E PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A BACIA DO RIO DAS ALMAS, GOIÁS.

Cláudia Adriana Bueno da Fonseca [(a)], Richarde Marques da Silva [(b)], Vanine Elane Menezes de Farias [(c)]

[(a)] Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba/UFPB, clabf2004@yahoo.com.br

[(b)] Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba/UFPB, richarde@geociências.ufpb.br

[(c)] Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/UFPB/CNPq. - Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba/UFPB, vaninemenezesf@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo desse trabalho é estimar a produção de sedimento na bacia do rio das Almas/Go utilizando modelo SWAT. Para desenvolver este trabalho utilizou-se os seguintes produtos: uso do solo 1991, mapa de solos, MDE, dados hidrometeorológicos (1968–1994). Para calibração dos parâmetros do modelo utilizou o programa SWAT-CUP. Para verificação do desempenho do modelo utilizou-se dois parâmetros estatísticos: (a) coeficiente de eficiência do Nash-Sutcliffe (Ns) e (b) coeficiente de determinação (R^2). Os resultados obtidos na calibração indicaram bom desempenho, com valores de R^2 = 0,72 e Ns = 0,67 para estação Jaraguá, que recebe fluxo de 73 subbacias com vazão média observada 34,57 m^3/s e 38,86 m^3/s para ajustado, diferença 4,29 m^3/s. Para estação Colônia dos Americanos obteve um desempenho muito bom com valores R^2 = 0,87 e Ns = 0,82, vazão média observada é de 346,80 m^3/s e ajustada em 426,96 m^3/s, tendo diferença 80,96 m^3/s, que recebem fluxos 503 subbacias.

Palavras chave: processos hidrossedimentólogicos; uso do solo; modelo SWAT; SWAT-CUP.

1. Introdução

O uso de um modelo hidrossedimentológico torna-se objeto de estudo para uma bacia hidrográfica (BRESSIANI et al., 2015), que tem como propósito analisar o comportamento de um sistema, utilizando dados de entrada relacionados às características físicas da área para simular os processos das condições naturais, e de saída gerando resultados para diversas

instâncias e formas de aplicações (TUCCI, 1998). Dentre os modelos, o *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) constitui-se uma ferramenta eficiente para modelagem em grandes bacias hidrográficas, e foi desenvolvido pelo *Agricultural Research Service/Department of Agriculture* (USDA), dos Estados Unidos. Este modelo é do tipo físico-matemático com parâmetros distribuídos que permite simular diferentes processos físicos com o objetivo final, de avaliar os impactos da mudança do uso do solo, no escoamento superficial e subterrâneo, na produção de sedimentos entre outros (COLLISCHONN e TUCCI, 2001).

A utilização do modelo SWAT na bacia hidrográfica do rio das Almas (BHRA), no estado de Goiás, situada no bioma Cerrado, consiste em estimar a produção de sedimentos resultante das atividades antrópicas que modificam a paisagem e produzem alterações na estrutura do solo e, consequentemente, predispõe o solo à erosão hídrica acelerada, por conseguinte, nos processos hidrossedimentológicos (CARVALHO, 2008; CAMAPUM DE CARVALHO et al., 2006).

Diante dessa complexidade, a área em estudo, teve alterações significativas na paisagem, em função do processo dinâmico das fronteiras agrícolas. Os aspectos mais afetados, certamente, são os recursos naturais, com destaque para as áreas originais que foram convertidas em agropecuária. Segundo o Anuário Estatístico do Estado de Goiás (SEGPLAN/IMB, 1992), tais conversões no uso da BHRA, resultaram na diversificação de culturas permanentes (banana, café e laranja), temporárias (mandioca, milho, cana-de-açúcar, arroz, feijão e soja) e o plantio na safrinha (milho). As práticas agrícolas envolvem sistemas de manejo (convencional e o plantio direto) no preparo do solo com equipamentos agrícolas, além de incluírem uso extensivo de fertilizantes e calcário.

Dentre os sistemas, o convencional torna-se prejudicial em decorrência da utilização de arados ou grades pesadas, que visam afrouxar o solo para incorporação de corretivos, fertilizantes, resíduos vegetais e para a descompactação superficial. Contudo, tem como desvantagem causar compactação da camada subsuperficial, degradação da estrutura do solo, expõe o solo aos agentes intemperes, e intensifica a perda de solo e a produção de sedimentos (EMBRAPA, 1999; LEPSCH, 2010). Assim, este trabalho tem como objetivo estimar a produção de sedimentos na bacia do rio das Almas/Go, utilizando o modelo SWAT.

2. Materiais e Métodos

2.1 – Caracterização da área de estudo

A BHRA está localizada no bioma Cerrado, tendo uma área de aproximadamente de 18.636,83 km², e está inserida na Mesorregião Centro Goiano do Estado de Goiás,

precisamente entre coordenadas latitude 14º30’00”S e 16º10’00”S e longitude 50º05’00”W e 48º45’00”W, e abrange 44 municípios goianos (SEGPLAN/IMB, 2016) (Figura 1).

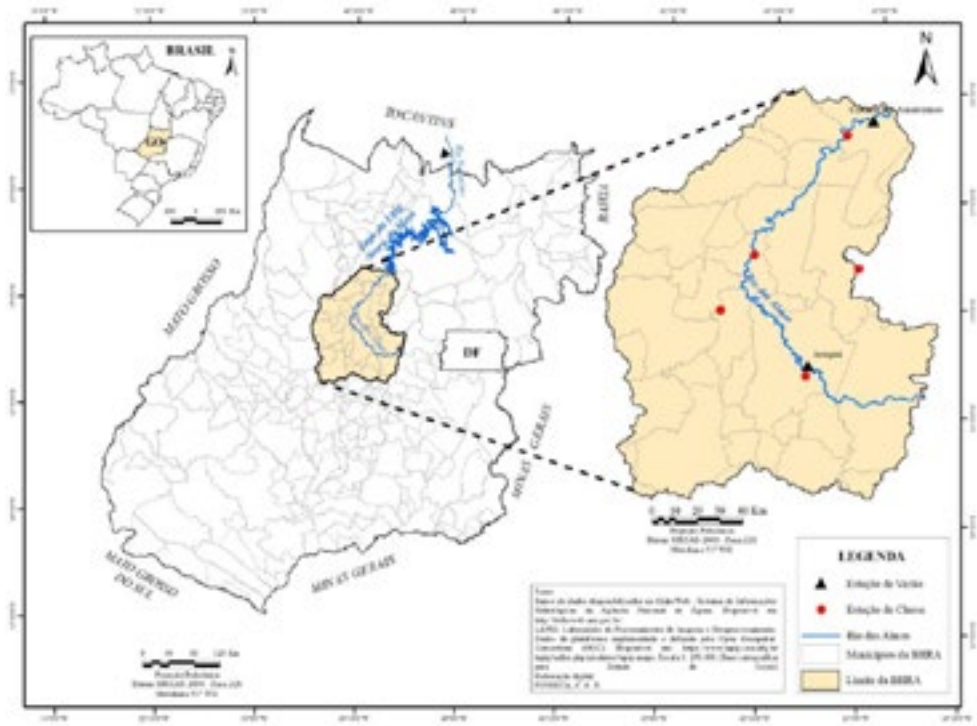


Figura 1– Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio das Almas – Estado de Goiás, Brasil.

Os solos predominantes da BHRA são classificados pela Embrapa (1999) como Latossolos vermelho, Cambissolos, Argissolos vermelhos, Chernossolos e Neossolos litólicos distróficos, ocupando, respectivamente, 53,71%, 18,10%, 15,01%, 8,44% e 4,73% da área total da bacia. O relevo foi dividido em cinco classes de declividade delimitadas com base no modelo digital de elevação (MDE) e adaptadas à rotina de cálculos do modelo conforme classificação a seguir: 0 a 5% (29,97%); 5 a 10% (35,39%); 10 a 15% (16,66%); 15 a 20% (7,78%) e acima de 20% (10,19%).

Na classificação de Köppen, o clima da BHRA é do tipo Aw (tropical quente sub-úmido), caracterizado por duas estações bem definidas uma chuvosa e outra seca. As maiores ocorrências de chuvas estão concentradas no período de outubro a março, nesse período concentra 86% do total anual de pluviosidade, com precipitação média anual em torno 1.500 mm, enquanto, na estação seca fica em torno de 198,4 mm. As temperaturas apresentam variações expressivas ao longo do ano, decorrente dos fatores físico-geográficos e dinâmicos, com as médias mínima oscilando em torno de 20,8ºC com as máximas de 34,1ºC.

2.2 - Metodologia de trabalho

Para essa pesquisa, foi utilizado os seguintes produtos: uso do solo de 1991, mapa de solos, modelo digital de elevação (MDE) e dados hidrometeorológicos de 1968 a 1994. Para o mapeamento do uso do solo utilizou-se as imagens de satélite LANDSAT 5/TM (R5G4B3) de Órbitas/Pontos: 222/070 e 222/071, com Resolução espacial de 30 metros (data:13/06/1991), compiladas na plataforma USGS (*Science for a changing world*) *Earth Explore*. Tais imagens foram manipuladas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), no *software* Arcgis 10.3 que permitiu a classificação não supervisionada e supervisionada das referidas cenas.

Para os parâmetros dos tipos de solos e suas características físico-hídricas, foi utilizada a base cartográfica produzida e classificada pela Embrapa (1999), na escala 1:250.000.

O modelo digital de elevação (MDE), derivado dos dados do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) 1 *Arc-Second Global* com resolução de 30 × 30 m, via digital, obtidos a partir da fonte de dados do *site* USGS (*Science for a changing world*), de domínio público. Obteve-se as cenas: 14S51 e 14S495, 15S51 e 15S495, 16S51 e 16S495 (acesso em 14/04/2017), de referência WGS-84. Conversão para o *Datum South American*: SIRGAS 2000 UTM 22S no *software* ArcGis 10.3.

Os dados utilizados de séries históricas de precipitação e vazão, compiladas na plataforma da Agência Nacional de Águas (ANA/HidroWeb) (Figura 1), as seguintes estações fluviométricas: Colônia dos Americanos (cód. 20490000) período 1974 a 1988; e Jaraguá (cód. 20100000) no período 1965 a 1994. E as estações pluviométricas, no período de 1965 a 1994: Jaraguá (cód. 01549003), Uruana (cód. 01549009), UHE Serra da Mesa Fazenda Cajupira (cód. 01449005), Goianésia (cód. 01549001) e UHE Serra da Mesa Ceres (cód. 01549000). Além dos dados meteorológicos de 1965 a 1994 (temperaturas máxima e mínima, insolação, umidade, evaporação e velocidade dos ventos), do *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

2.2.1 - Modelo SWAT

No modelo SWAT, os processos físicos são diretamente modelados com base nos dados de entrada, e a interface é capaz de armazenar dados geoespaciais (modelo digital de elevação, uso e ocupação do solo e tipos de solos), enquanto, numéricos e de texto caracterizam os dados espaciais, climáticos e hidrológicos (ABBASPOUR, 2012). É vinculado às técnicas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Gerou-se a delimitação automática da BHRA (aproximadamente 18.636,83 km²), através do MDE, e posteriormente, consistiu na discretização da área em 503 subbacias e optou-se pelas dominâncias das

Unidades de Resposta Hidrológica (*Hydrologic Response Units* – HRUs), o que o caracteriza como um modelo semi-distribuído, e contínuo no tempo, em que os fenômenos tem a capacidade de simular longos períodos diário, mensal ou anual (ARNOLD et al., 2012).

Os processos hidrológicos simulados na bacia hidrográfica pela equação do balanço hídrico (ARNOLD et al., 2012; NEITSCH et al., 2011), representada pela Equação 1:

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t} (P_d - Q_{sup} - E_a - W_{vad} - Q_{sub}) \quad (1)$$

onde SW_t a quantidade final de água no solo (mm); SW_0 a quantidade inicial de água no solo (mm); t o tempo (dias); P_d a precipitação acumulada no dia; Q_{sup} representa o escoamento superficial acumulado no dia i (mm); E_a é quantidade de água que evapotranspirou no dia i (mm); W_{vad} a quantidade de percolação e de desvio de fluxo que sai do perfil do solo no dia i; Q_{sub} é a quantidade do fluxo de retorno no dia i (mm).

Para estimar o escoamento a partir do método de Green e Ampt, requer os dados sub-diários de precipitação da bacia, pela Curva Número, desenvolvido para estimar o escoamento para os diferentes usos da terra e tipos de solo (RALLISON e MILLER, 1981). Representada pela Equação 2:

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0.2S)^2}{(R_{day} - 0.8S)} \quad (2)$$

sendo, *Qsurf* é o escoamento superficial (mm); *Rday* é a precipitação para o dia (mm); e *S* representa o parâmetro de retenção (mm). Segundo Neitsch et al. (2011), este parâmetro varia espacialmente e temporalmente na bacia, de acordo com sua alteração do solo, uso e ocupação da terra, declividade e as mudanças de umidade. Representada pela Equação 3:

$$S = 25{,}4 \left(\frac{1000}{CN} - 10\right) \quad (3)$$

em que, CN indica o número da curva para o dia, sendo um parâmetro com valores tabelados de 1 a 100, estando relacionado a permeabilidade e a capacidade de retenção máximas do solo.

Para estimar a produção de sedimentos, que por sua vez, utiliza-se da Equação Universal de Perda do Solo Modificada (MUSLE) (WILLIAMS, 1975). Representada pela Equação 4:

$$sed = 11{,}8 \cdot (Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot area_{hru})^{0{,}56} \cdot K_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot L_{USLE} \cdot CFRG \quad (4)$$

sendo que, sed é a produção de sedimento em um determinado dia (toneladas métricas); Q_{surf} é o volume do escoamento superficial (mm/ha); q_{peak} é o índice máximo de escoamento (m^3/s); $area_{hru}$ é a área de HRU (ha); Kusle é o fator de erodibilidade do solo USLE (0,013 toneladas métricas em $m^2h/(m^3$ - toneladas métricas cm)); CUSLE é o fator de cobertura e

gestão USLE; PUSLE é o fator de prática de apoio USLE; LSUSLE é o fator topográfico USLE; CFRG é o fator de fragmento bruto.

2.2.2 - Calibração e validação do modelo

A calibração automática foi realizada a partir da utilização do *software* de domínio público SWAT-CUP (disponível no *site* SWAT/ TAMU). No procedimento de calibração no SWAT-CUP, que foi efetuado para as diferentes estações Jaraguá e Colônia dos Americanos, possibilitou realizar as análises de incertezas, e optou-se pelo SUFI2 *(Sequential Uncertainty Fitting*) e 500 simulações. Para BHRA foram definidos e calibrados 12 parâmetros (ALPHA_BF; CN2; ESCO; GW_DELAY; GW_REVAP; GWQMN; CH_N2; RCHRG_DP; SOL_AWC; SOL_K; SURLAG; CANMIX), nos quais foram considerados mais influentes no processo hidrossedimentológico.

Na etapa da calibração utilizou-se o período de dados observados, disponível no sistema de informações hidrológicas-HidroWeb, séries históricas, no *site* da ANA/ HidroWeb. E posteriormente, transformados em intervalo de dados em médias mensais para estação Jaraguá de 1968 a 1980 e para Colônia dos Americanos o período 1974 a 1980, já considerando o período de aquecimento do modelo de três anos. Para a validação utilizou-se os dados das médias mensais para o período de 1980 a 1994 para estação Jaraguá e de 1980 a 1988 para estação Colônia dos Americanos, para uso do solo 1991 da BHRA

Para o índice de desempenho, foi empregada análise da comparação entre as vazões observadas e as simuladas, utilizando dois métodos estatísticos: (a) coeficiente de eficiência de Nash-Sutcliffe (Ns), e (b) coeficiente de determinação de Pearson (R^2). O Ns pode variar de -∞ (infinito negativo) a 1 (associação perfeita), obtido pela Equação 5:

$$NS = 1 - \left(\sum_{i=1}^{n} (E_m - E_s)^2 \Big/ \sum_{i=1}^{n} \left(E_m - \overline{E_s} \right)^2 \right) \quad (5)$$

onde, NS analisa o comportamento dos dados simulados em relação aos dados observados; E_m o evento observado; E_s o evento simulado pelo modelo; $\overline{E_s}$ a média do evento observado no período de simulação; e *n* o número de eventos.

O R^2 mede a associação linear entre duas variáveis, também variando de -∞ (infinito negativo) a 1 (associação perfeita), sendo obtido pela Equação 6:

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} (y_i - y_m)(x_i - x_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (y_i - y_m)(x_i - x_m)^2}} \right)^2 \quad (6)$$

onde, x_i os valores observados; x_m a média dos valores observados; y_i os valores calculados pelo modelo; y_m a média dos valores calculado pelo modelo; e n o número de eventos.

Para classificação do desempenho da modelagem no SWAT foi adotada a análise R^2 e NS, e definida de acordo com Moriasi et al. (2007), sendo: Muito Boa ($0,80 < R^2 < 1,0$ e $0,75 < NS < 1,0$); Boa ($0,70 < R^2 < 0,80$ e $0,65 < NS < 0,75$); Satisfatória ($0,60 < R^2 < 0,70$ e $0,60 < NS < 0,70$); Insatisfatória ($R^2 = 0,60$ e $NS = 0,50$).

3. Resultados e discussão

A Figura 2 mostra o uso e ocupação do solo representativos no contexto da BHRA, para ano de 1991. As classes de vegetação natural representativas na BHRA, como Cerradão/ Floresta, Cerrado típico e também o corpo hídrico, ocupavam, respectivamente 8,18%, 7,47% e 0,53%. Enquanto, as outras classes que resultaram da ação antrópica ocupavam 36,33% para as áreas de pastagem, agricultura com 19,64%, o solo exposto com 14,47% e área urbana 0,22%. Percebe-se nos dados que agropecuária havia uma importância significativa no contexto da bacia.

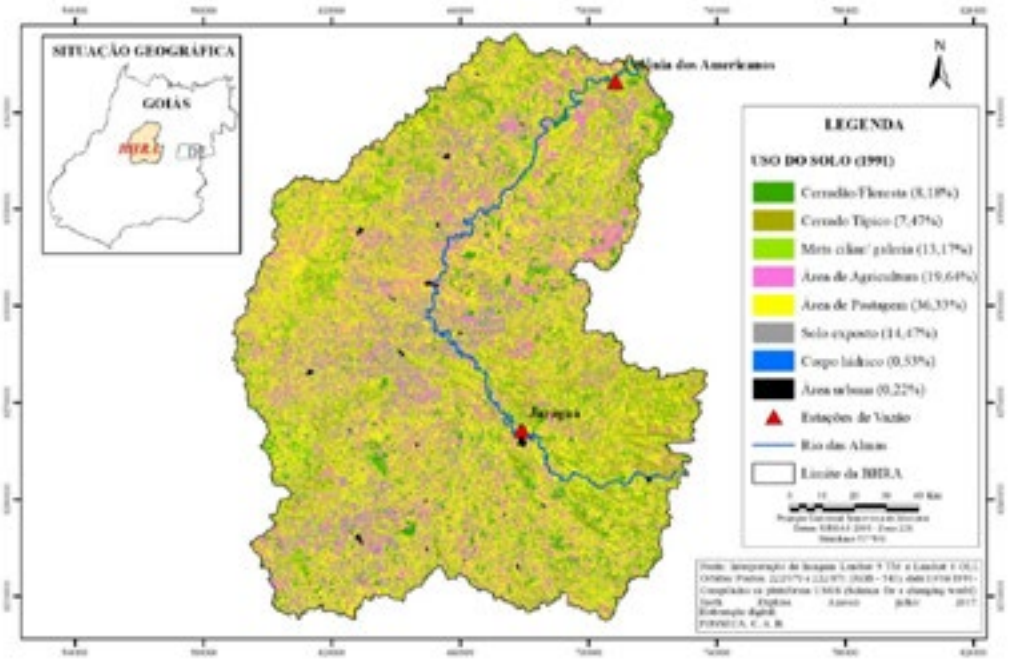


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica do Rio das Almas/GO (1991).

Ao identificar o uso do solo para ano1991 para as duas estações Jaraguá e Colônia dos Americanos, o modelo SWAT permitiu analisar separadamente o comportamento das vazões e os processos hidrossedimentológicos para BHRA. Nas Figuras 3 (A e B); 4 (A e B); apresentam os hidrogramas das vazões observadas e calibradas para uso do solo de 1991 e hietogramas dos dados de precipitação média observada para estação Jaraguá para o período de 1968 a 1994 e no período 1974 e 1988 para Colônia dos Americanos. Os resultados obtidos na calibração indicaram bom desempenho do modelo, e uma estreita relação entre o fluxo mensal observado e ajustado, com valores de $R^2 = 0,72$ e $Ns = 0,67$ para estação Jaraguá

que recebe fluxo de 73 subbacias, e um desempenho muito bom para estação Colônia dos Americanos com valores do R^2 = 0,87 e Ns = 0,82, que recebe fluxo de 503 subbacias. Enquanto, para as vazões médias observadas e ajustadas para duas estações foram as seguintes: para estação Jaraguá apresentou vazão observada de 34,57 m³/s e 38,86 m³/s para vazão ajustada, e diferença foi de 4,29 m³/s. E para estação Colônia dos Americanos que recebe maior fluxo e está localizada a jusante da bacia, os resultados da vazão média observada foi de 346,80 m³/s e ajustada em 426,96 m³/s, tendo uma diferença de 80,96 m³/s. Portanto, os resultados mensais da simulação são satisfatórios e o modelo também foi capaz de acompanhar muito bem as tendências sazonais.

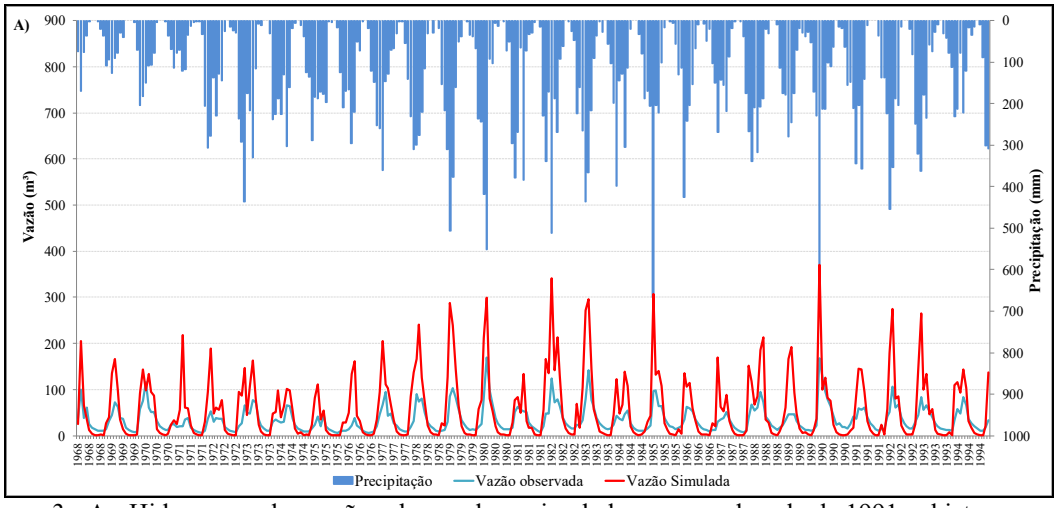


Figura 3 - A - Hidrograma das vazões observadas e simulada para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Jaraguá para o período de 1968 a 1994.

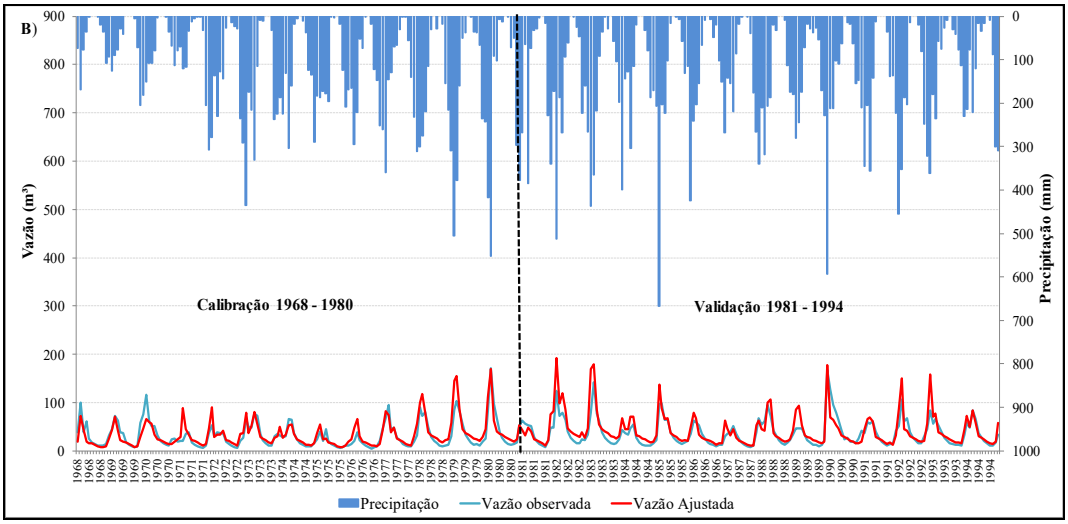


Figura 3 - B – Hidrograma das vazões observadas e calibrados para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Jaraguá para o período de 1968 a 1994.

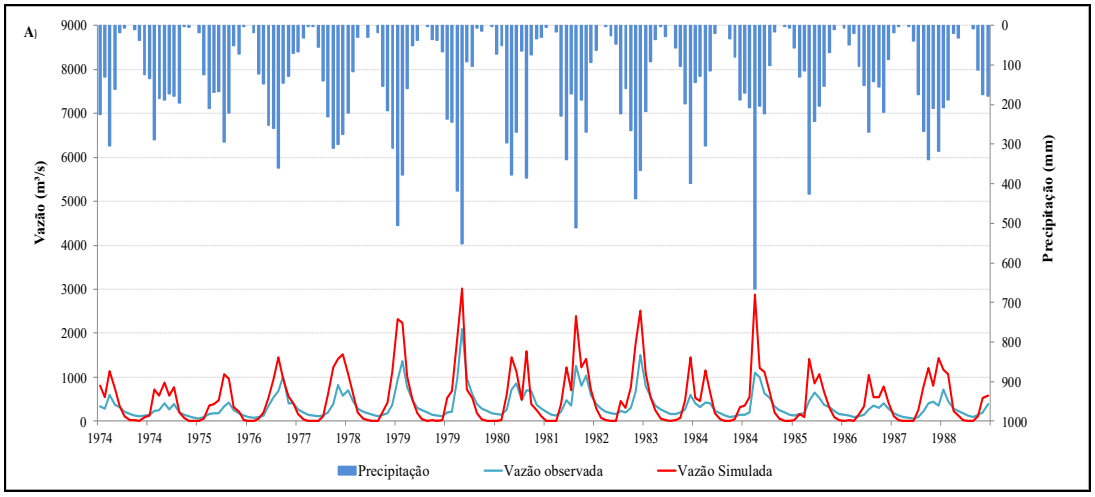


Figura 4 - A – Hidrograma das vazões observadas e simulado para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Colônia dos Americanos para o período de 1974 a 1988.

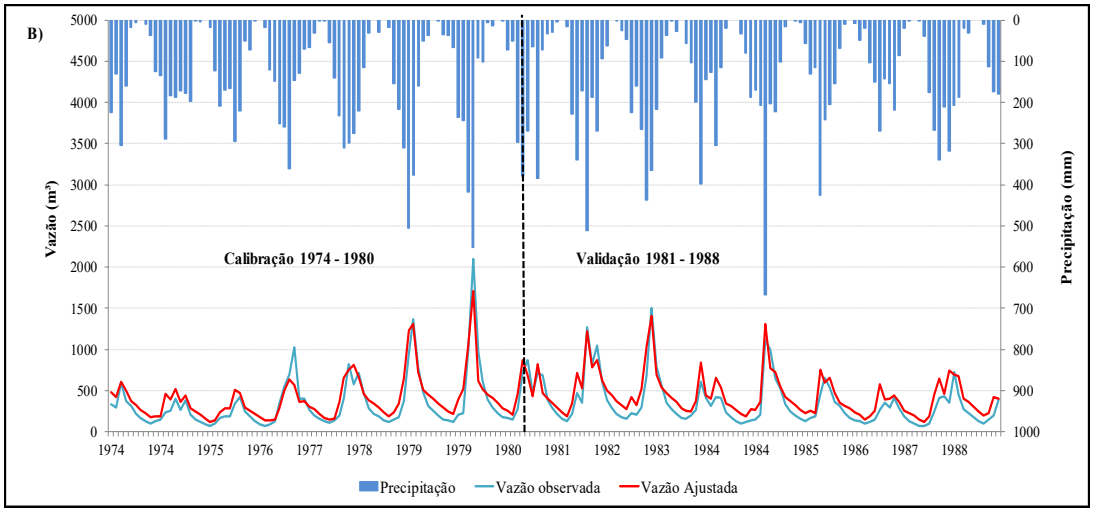


Figura 4 - B – Hidrograma das vazões observadas e calibrados para uso do solo de 1991, e hietograma da precipitação média observada para estação Colônia dos Americanos para o período de 1974 a 1988.

A Figura 5 mostra o comportamento da relação entre fluxo observado e a produção de sedimentos. Com base nos resultados utilizando o cenário do uso de 1991, para mesmo período de chuva (1968-1994), observou-se que a relação fluxo-erosão apresentou elevação na produção de sedimentos gradativa para os anos de 1976, 1977, 1978 e 1979. Logo, em 1980 e 1981 houve uma tendência inversa dos anos anteriores. Em compensação em 1982, 1983, 1985, 1989 e 1992 houve uma elevação significativa na produção de sedimento, que possivelmente, em função do uso do solo.

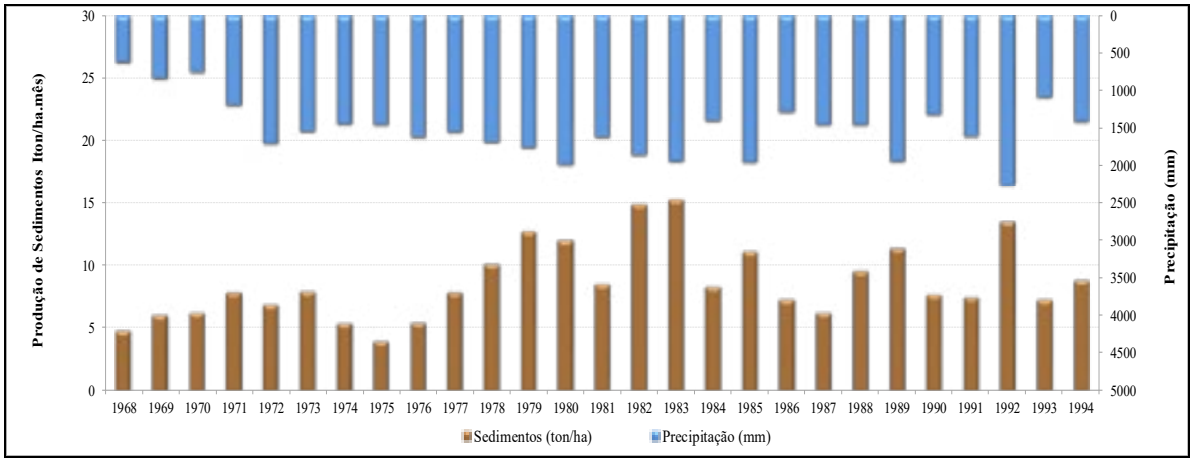


Figura 5 – Cenário do comportamento da precipitação e produção de sedimentos entre o período de 1968 a 1994 para a BHRA, utilizando uso do solo de 1991.

4. Considerações finais

Neste estudo o modelo SWAT mostrou eficiência na modelagem para a BHRA na simulação da vazão e produção de sedimentos no período de 1968 a 1994. A partir dos resultados obtidos e através da avaliação de desempenho da aplicação, pode-se entender que este modelo é considerado uma ferramenta valiosa para a calibração de chuva-vazão-produção de sedimentos e, consequentemente, para o manejo dos recursos hídricos desta bacia e para outras bacias hidrográficas do Estado de Goiás. E recomendo utilizar a calibração em conjunto de dados de vazões para as estações Jaraguá e Colônia dos Americanos para o programa SWAT-CUP, no sentido de otimização e análise a fim de avaliar a representação dessa calibração para BHRA.

Agradecimentos

Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Centro de Ciências Exatas e da Natureza e Departamento de Geociências/UFPB. E a Universidade Estadual de Goiás - Campus Cora Coralina/UEG pela concessão de afastamento integral, dedicação à pesquisa e às atividades do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG - CCEN – UFPB.

Referências Bibliográficas

ABBASPOUR, K.C. **SWAT-CUP 2012**: SWAT Calibration and Uncertainty Programs – a user manual**.** Department of Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling (SIAM), Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Duebendorf, Switzerland, 2012. 95 p.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Banco de dados HidroWeb**. Brasília (DF), 2005. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: outubro/ 2017.

ARNOLD, J. G.; MORIASI, D. N.; GASSMAN, P. W.; ABBASPOUR, K. C.; WHITE, M. J.; SRINIVASAN, R.; SANTHI, C.; HARMEL, R. D.; VAN GRIENSVEN, A.; VAN LIEW, M. W.; KANNAN, N.; JHA, M. K. SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. 2012. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, Transactions of the ASABE, v. 55(4), 2012, p. 1491-1508.

BRESSIANI, D. A.; GASSMAN, P. W.; FERNANDES, J. G.; GARBOSSA, L. H. P.; SRINIVASAN, R.; BONUMA, N. B.; MENDIONDO, E. M. Review of soil and water assessment tool (SWAT) applications in Brazil: challenges and prospects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, Beijing, V. 8, n. 3, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/3a40/0804692be6f89588042d3f2d8ed19aeda2cc.pdf> . Acesso em: fevereiro/2018.

CAMAPUM DE CARVALHO, J. C.; SALES, M. M.; SOUSA, N. M.; MELO, M. T. S. (org.). **Processos erosivos no Centro-Oeste brasileiro**. Brasília (DF): Universidade de Brasília: FINATEC, 2006. 1198p.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia** prática. 2ª ed. rev., atual., ampliada. Rio de Janeiro (RJ): Interciência, 2008. 599p.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. Simulação hidrológica de grandes bacias. Porto Alegre (RS): RBRH – **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.6, n.1, Jan/Mar 2001, p.95-118, 2001. Disponível em: <https://abrh.s3-sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/42/b0a907b2f768dd79ee670aedd81b1e87_a70d73b3aa2ef8d5a8926eab4d2513e3.pdf> . Acesso em: novembro/ 2017.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solo**. 4ª aproximação/ Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Rio de Janeiro (RJ): EMBRAPA, 1999. 412p.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2ª ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2010. 216p.

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; VAN LIEW, M. W.; BINGNER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 50, n.3, 2007, p. 885-900

SEGPLAN/IMB. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás - 1992**. Goiânia (GO): Instituto Mauro Borges de estatísticas e estudos socioeconômicos (IMB), 1992. Disponível em: http://www.imb.go.gov.br/ - Acesso em: agosto/ 2018.

SEGPLAN/IMB. Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Anuário Estatístico do Estado de Goiás - 2016**. Goiânia (GO): Instituto Mauro Borges de estatísticas e estudos socioeconômicos (IMB), 2016. Disponível em: <http://www.imb.go.gov.br/> - Acesso em: agosto/ 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: agosto/ 2017

NEITSCH, S.L.; ARNOLD, J.G.; KINIRY, J.R.; WILLIAMS, J.R. **Soil and water assessment tool: Theoretical documentation** - version 2009. Grassland, Soil and Water Research Laboratory - Agricultural Research Service; Blackland Research Center – Texas Agricultural Experiment Station, 2011. 647p.

RALLISON, R. E.; MILLER, N. Past, present and future SCS runoff procedure. In.: V.P. Singh (ed.). **Rainfall runoff relationship**. Water Resources Publication, Littleton, CO, 1981.

SWAT. Soil & Water Assessment Tool. Disponível em: https://swat.tamu.edu/. Acesso em: agosto de 2017.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2ª ed. Porto Alegre (RS): Ed. Universidade UFRGS, 1998. 943p.

USGS (*Science for a changing world*) *Earth Explore*). Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: abril/ 2017.

WILLIAMS, J. R. Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor. In: **Present and Prospective Technology for Predicting Sediment Yield and Sources**. Washington D.C.: USDA, 1975, p. 244–252.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS PARA MAPEAMENTO DE USO E COBERTURA DA TERRA: UM ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA/MG.

Cinthia Maria Amaral [(a)], Claudio Henrique Reis [(b)], Isabela Belmira Santos Giarola [(c)], Daiane Evangelista de Oliveira [(d)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense – Polo Campos dos Goytacazes, cinthiaamarall@gmail.com
[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense – Polo Campos dos Goytacazes, claudioreis@id.uff.br
[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, isagiarola@ufrj.br
[(d)] Departamento de Geociências/Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, daiane.evangelista.oliveira@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente artigo objetivou identificar o Uso e Cobertura da Terra no município de Viçosa, estado de Minas Gerais, utilizando imagem do satélite Landsat 8 (bandas 4, 5 e 6), e, como procedimento metodológico, o Processamento Digital de Imagens (PDI) com classificação supervisionada por regiões Bhattacharya. O resultado mostrou que a maior parcela territorial do município é composta por Pastagem (71,70%), seguido pelas Matas Secundárias (20,81%). A Área Urbana detém aproximadamente 6,05%. As menores áreas estão representadas pela Cultura (1,12%), Drenagem (0,21%) e Solo Exposto (0,11%), respectivamente. As técnicas utilizadas, aliadas aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), mostraram-se eficientes e viáveis para o mapeamento proposto, sendo de grande importância para as políticas de planejamento territorial e estudos ambientais.

Palavras chave: Uso e Cobertura da Terra; Processamento Digital de Imagens (PDI); Sensoriamento Remoto; Geotecnologias.

1. 1. Introdução

Seja em áreas urbanas ou rurais, a inadequação e a má utilização do uso e cobertura da terra corrobora riscos que, somados ao crescimento populacional demasiado e inapropriado potencializam degradações que podem ser agravadas e/ou intensificadas com a atuação dos condicionantes naturais (GONÇALVES e GUERRA, 2009; GUIMARÃES *et al*., 2008). A intervenção humana sobre o relevo terrestre em qualquer ambiente implica na transformação da superfície do terreno (GUERRA, 2011), sendo a retirada da cobertura vegetal uma das primeiras intervenções antrópicas no processo inicial de urbanização (RODRIGUES e GOUVEIA, 2013) e, também, no processo de inserção da agricultura e/ou da agropecuária.

A cobertura vegetal configura importante função para conter ou mitigar processos erosivos, dependendo intrinsecamente das suas características locais (GONÇALVES e GUERRA, 2009). O mapeamento do Uso e Cobertura da Terra é, portanto, de grande valia para os estudos e pesquisas sobre a produção do espaço, visto que, além de indicar sua distribuição geográfica, permite que por meio da interpretação, análise e registros de observações da paisagem, seja possível classificar e espacializar as suas tipologias (IBGE, 2013).

Desse modo, buscou-se identificar o Uso e Cobertura da Terra do município de Viçosa, estado de Minas Gerais, com a utilização do Processamento Digital de Imagens (PDI) a partir da imagem de satélite do sensor Landsat 8 permitindo, assim, uma análise da sua distribuição territorial e espacial. O sistema Landsat objetiva proporcionar a aquisição repetitiva de dados multiespectrais calibrados, com resolução espacial relativamente alta, para permitir comparações do estado da superfície terrestre ao longo do tempo (NOVO, 2010; LOCH, 2008).

2. Materiais e Métodos

2.1. Caracterização da Área de Estudo

ISBN: 978-85-7282-778-2

O município de Viçosa (Figura 1) está localizado na Zona da Mata de Minas Gerais com população total de 72 220 habitantes e área aproximada de 300 Km² (IBGE, 2010). Está inserido no Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros (PREFEITURA DE VIÇOSA, 2016) e possui um clima classificado como Tropical de Altitude (VALVERDE, 1958) apresentando dois períodos bem definidos: um mais seco com baixos índices pluviométricos (meses de maio a agosto) e outro com volumes acentuados de chuva e temperaturas mais altas (meses de dezembro a fevereiro) (BATISTA e RODRIGUES, 2010).

Figura 1 – Localização da área de estudo, município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
Fonte: Elaboração e Adaptação do Próprio Autor, 2016.

Os Latossolos são o tipo de solo predominante na região - Latossolos Amarelos nas partes mais elevadas das encostas e os Latossolos Vermelhos, nas encostas de elevações. Nos fundos de vale são identificados solos do tipo Neossolos associados aos Vertissolos e os Argissolos, nos terraços (CARNEIRO e FARIA, 2005; REZENDE, 1971).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Apresenta fragmentos florestais de Mata Atlântica, remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual de formação secundária e em regeneração, localizados em sua maior parte nos topos de morro e em encostas íngremes (AGUIAR e TEIXEIRA, 2015) e, em relação a rede de drenagem, o município é composto pelo rio Turvo Sujo e, principalmente, pelo ribeirão São Bartolomeu que intercepta a área urbana central (ROQUE, 2013). Esses cursos d'água fazem parte da bacia hidrográfica do rio Piranga, o principal formador do rio Doce (ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS, 2016).

2.2. Procedimentos Metodológicos

Para elaboração dessa pesquisa utilizou-se como embasamento metodológico o Processamento Digital de Imagens realizado com imagem do satélite Landsat 8, cedida para *download* pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

A escolha do sensor Landsat 8 se deu pela significativa importância e utilização na área de Sensoriamento Remoto e, também, pela acessível identificação das influências antrópicas e ocorrências passadas de processos naturais. Optou-se, portanto, pela imagem com passagem em 23 de junho de 2015, onde atua a estação do inverno que caracteriza um dos períodos mais secos do ano na região de estudo, apresentando assim, possibilidades mínimas de interferências (como as nuvens).

Para escolha das bandas foi considerado o contraste dos alvos nas faixas operantes, bem como a facilidade em identificá-los durante os procedimentos, sendo assim, selecionadas de acordo com as características físicas da área de estudo e com os objetivos aqui propostos de mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do município de Viçosa. As bandas 4, 5 e 6 mostraram-se mais propícias e viáveis para execução do mapeamento e a definição do Sistema de Canais (Red (R), Green (G) and Blue (B) – RGB), para as bandas 4, 5 e 6 respectivamente, (Quadro 1).

Por fim, para confecção do mapa de Uso e Cobertura da Terra, foi utilizado o *software* Spring 5.4.3, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e, para

ISBN: 978-85-7282-778-2

edição final do mapa, o *software* ArcGIS 10.1, desenvolvido pela *Environmental Systems Research Institute* - ESRI. O Fluxograma (Figura 2) apresenta todas as etapas realizadas.

SENSOR LANDSAT 8	
Órbita	Circular, Heliossíncrona, descendente, 98,2º de Inclinação, Período de 99 minutos, Altitude de 705 Km.
Horário de Imageamento	10 h 00 min AM
Bandas do Sensor	Pancromático P&B: Banda 8; Multiespectral: Bandas 1-7 e 9; Termal: Bandas 10-11.
Resolução Espacial	Pancromático P&B: 15,0 m (bandas 8); **Multiespectral: 30,0 m** (banda 1-7 e 9); Termal: 100,0 m (bandas 10-11).
Resolução Radiométrica	**16 bits por pixel**
Resolução Temporal	16 dias
Resolução Espectral	Banda 1 (0.43-0.45 *µm* /30 metros)
	Banda 2 (0.45-0.51 *µm/30 metros)*
	Banda 3 (0.53-0.59 *µm/30 metros)*
	Banda 4 (0.64-0.67 *µm/30 metros)*
	Banda 5 (0.85-0.88 *µm/30 metros)*
	Banda 6 (1.57-1.65 *µm/30 metros)*
	Banda 7 (2.11-2.29 *µm/30 metros)*
	Banda 8 (0.50-0.68 *µm/15 metros)*
	Banda 9 (1.36-1.38 *µm/30 metros)*
	Banda 10 (10.60-11.19 *µm/100 metros)*
	Banda 11 (11.50-12.51 *µm/100 metros)*
Frequência de Revisita	Aproximadamente 16 dias, dependendo da latitude.
Largura de Faixa Imageada	185 km.

Quadro 1: Principais características do sensor Landsat 8.
Fonte: Adaptado de *United States Geological Survey* (USGS), 2016.

.

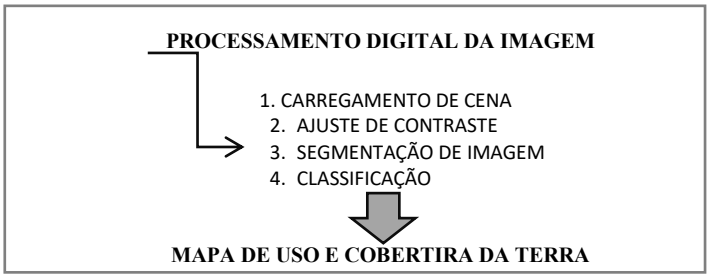


Figura 2: Fluxograma dos procedimentos realizados.
Fonte: Fonte: Elaboração e Adaptação do Próprio Autor, 2016.

Inicialmente, realizou-se o carregamento de cena, que consiste na mostra das bandas das imagens e a sobreposição das mesmas através do sistema *RGB* (*Red, Green and Blue*) (REIS, 2007) e, posteriormente, foram aplicadas as técnicas de realce cujo objetivo é

aprimorar a imagem, facilitando sua interpretação (DPI – INPE, 2015; FLORENZANO, 2008). O contraste linear (Figura 3), aqui utilizado, é a forma mais simples dentre as opções existentes, cuja função de transferência é uma reta onde apenas dois parâmetros são controlados: a inclinação da reta e o ponto de interseção com o eixo X (DPI - INPE, 2015). Vale ressaltar que os resultados do realce permitem variadas interpretações.

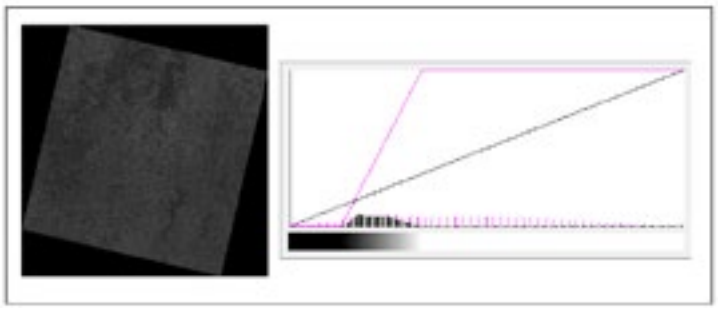


Figura 3: Contraste linear sendo efetuado na banda da imagem utilizada
Fonte: Elaboração e Adaptação do Próprio Autor, 2016.

Após o ajuste do contraste, realizou-se o procedimento de segmentação de imagens (Figura 4) que, segundo Florenzano (2008), refere-se a um procedimento computacional que permite a divisão da imagem em regiões espectralmente homogêneas e realizado antes de um algoritmo de classificação automática.

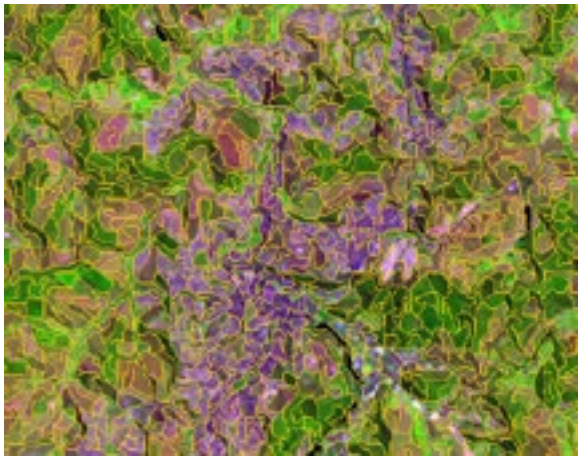


Figura 4: Segmentação da imagem Landsat 8.
Fonte: Elaboração e Adaptação do Próprio Autor, 2016.

Podem ser definidos dois limiares: Limiar de similaridade (limiar abaixo onde duas regiões são consideradas similares e agrupadas em uma única região) e; Limiar de área (valor de área mínimo, representado em número de pixels, para que uma região seja individualizada). Os limiares utilizados foram escolhidos de acordo com as características espacial, espectral e radiométrica do sensor Landsat 8, sendo 70 para o limiar de similaridade e 20 para o limiar de área, para uma área de 299,537 Km².

Por fim, foi realizado o procedimento de classificação que consiste no reconhecimento automático de objetos agrupando-os em classes (com respostas espectrais similares), que pode ser de dois tipos: supervisionada ou não supervisionada (FLORENZANO, 2008). Para esse mapeamento foi utilizada a classificação supervisionada por regiões Bhattacharya, cujo algoritmo requer seleção de áreas de treinamento - áreas separadas durante o processo de segmentação ou de polígonos representativos das regiões a serem classificadas. As amostras são utilizadas para estimar a função de probabilidade das classes distinguidas no treinamento (SANTOS *et al*., 2010) e são escolhidas e nomeadas no momento que se repete no pós-classificação. O Quadro 2 elenca essas classes que foram identificadas na imagem (antes e após o processamento digital) e que condizem com as condições físicas reais do local.

CLASSES	DESCRIÇÃO
Drenagem	Cursos d'água de pequeno a médio porte (ribeirões, córregos, lagoas, tanques, rios, etc.).
Área Urbana	Áreas com, além da presença humana, edificações e objetivos identificativos de urbanização: concreto, asfalto, construções, ruas, etc.
Mata Secundária	Fragmentos de mata do domínio Mata Atlântica que estão localizadas em sua maior parte nos topos de morro.
Cultura	Café e eucalipto são os principais cultivos no município, mas outros em menor escala também são encontrados como as frutíferas.
Pastagem	Área cuja vegetação é predominantemente rasteira. Dependendo da estação do ano, essa se apresenta em tonalidades distintas (do mais escuro para o mais claro).
Solo Exposto	Ausência de vegetação. Solo nu.

Quadro 2: Identificação de classes para mapeamento de Uso e Cobertura da Terra em Viçosa-MG
Fonte: Adaptado de IBGE, 2013.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com o Processamento Digital de Imagens (PDI), busca-se a melhora do aspecto visual de feições estruturais com a manipulação de uma imagem por meio de um computador, sendo a entrada/saída do processo as próprias imagens. Este permite analisar uma cena nas várias regiões do espectro eletromagnético, possibilitando também a integração de dados georreferenciados (DPI-INPE, 2015).

3. Resultados e Discussões

O mapeamento de Uso e Cobertura da Terra realizado com a imagem de satélite do Landsat 8 (Figura 5) objetivou identificar e mostrar como se dá o uso da terra em todo território municipal, áreas urbanas e rurais, a fim de viabilizar seus estudos a partir do Processamento Digital de Imagens (PDI).

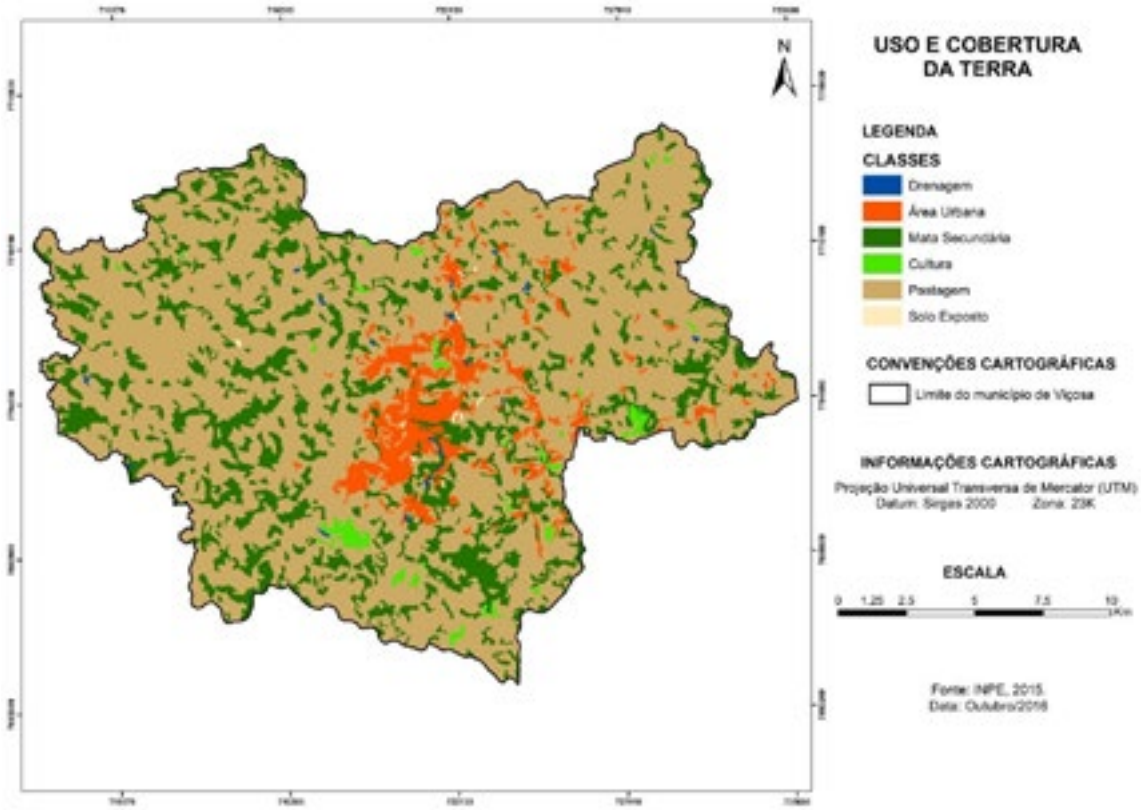


Figura 5: Mapa final de Uso e Cobertura da Terra.
Fonte: Elaboração e Adaptação do Próprio Autor, 2016.

Nota-se visivelmente a predominância de Pastagem, como também afirma Roque (2013), acrescentando que estas podem ser naturais ou artificiais (brachiarias). Nas épocas mais secas do ano, período de maio a agosto aproximadamente, essa vegetação tende a ficar mais escassa, principalmente com índices recorrentes de incêndios.

As Matas Secundárias aparecem com segunda maior representação. Esses fragmentos de mata encontram-se comumente em topos de morro e áreas de difícil acesso. Carneiro e Faria (2005) confirmam que nas áreas urbanas, devido ao padrão de exploração e ocupação da terra, a vegetação original sofreu significativa redução, limitando-se aos topos de morros e encostas íngremes.

Nas margens dos cursos d'água, não há proteção adequada vegetal ou por vezes, não há nem mesmo algum tipo de vegetação. A Área Urbana, heterogeneamente estruturada, ramificou-se pelas encostas à medida que as áreas mais planas e menos declivosas foram ocupadas, ou seja, nas margens dos seus cursos d'água. A drenagem identificada nessa classificação limitou-se aos cursos de maior expressão (como as lagoas da Universidade Federal de Viçosa - UFV). Os cursos d'água menores, por causa da resolução espacial permitida (30 metros) e da escala de análise da imagem, não foram passíveis de identificação.

A Cultura está representada no município expressivamente pelo eucalipto e café. Este último é tradicionalmente a cultura da região (ROQUE, 2013), entretanto, o cultivo do eucalipto aparece em forte crescimento. Outros cultivos aparecem em menor escala, como os da laranja, banana, cana-de-açúcar, entre outras. Todavia, apresentam características, na maioria das vezes, de consumo próprio.

A identificação do Solo Exposto se confunde com loteamentos, aplainamentos ou algum tipo de preparo para construção civil, mas há de fato solos que não possuem cobertura vegetal, estando exposto aos fatores intempéricos.

Em suma, a Pastagem detém maior parcela territorial, representado por 71,70% do total, seguido pelas Matas Secundárias com 20,81%. Em menor proporção, mas com grande

ISBN: 978-85-7282-778-2

significativa frente ao tamanho territorial do município, 6,05% representa a Área Urbana, 1,12% a Cultura, 0,21% a Drenagem e, por fim, 0,11% de Solo Exposto (Tabela 1).

CLASSES	ÁREA (KM²)	%
Drenagem	0,63	0,21
Área Urbana	18,11	6,05
Mata Secundária	62,33	20,81
Cultura	3,37	1,12
Pastagem	214,74	71,7
Solo Exposto	0,33	0,11
Área total das classes	299,51	100
Área total dos polígonos não classificados	0	0

Tabela 1: Cálculo de áreas das classes em Km² e porcentagem após classificação
Fonte: Elaboração e Adaptação do Próprio Autor, 2016.

Na Figura 6 está exemplificada, para cada classe, uma representação da realidade em determinado ponto do município. O trabalho de campo é intrínseco a essa pesquisa e para outras que advém da mesma temática. Apesar da grande eficácia de estudos realizados com imagens de satélite utilizando as geotecnologias, como o Sensoriamento Remoto, é importante ressaltar a função do campo, sobretudo em locais onde se possa confirmar ou refutar um resultado. Implica-se maior qualidade e maior confiabilidade no processo, nesse caso, o de mapeamento de Uso e Cobertura da Terra.

Mapeamentos relacionados a essa temática são atualmente importantes instrumentos para pesquisas e seus resultados podem e devem subsidiar políticas de planejamento, seja para a esfera urbana ou rural. As imagens de satélite em si, proporcionam maior eficácia na identificação dos elementos contribuindo para maior agilidade que, no caso desta pesquisa, teve seus resultados confirmados em campo.

É, ainda, de suma importância destacar a viabilidade do *software* utilizado (Spring 5.4.1) para o Procedimento Digital de Imagens e sua classificação de Uso e Cobertura da Terra, visto que do total de quase 300 km² do território do município desta pesquisa, nenhum polígono deixou de ser classificado (Tabela 1).

ISBN: 978-85-7282-778-2

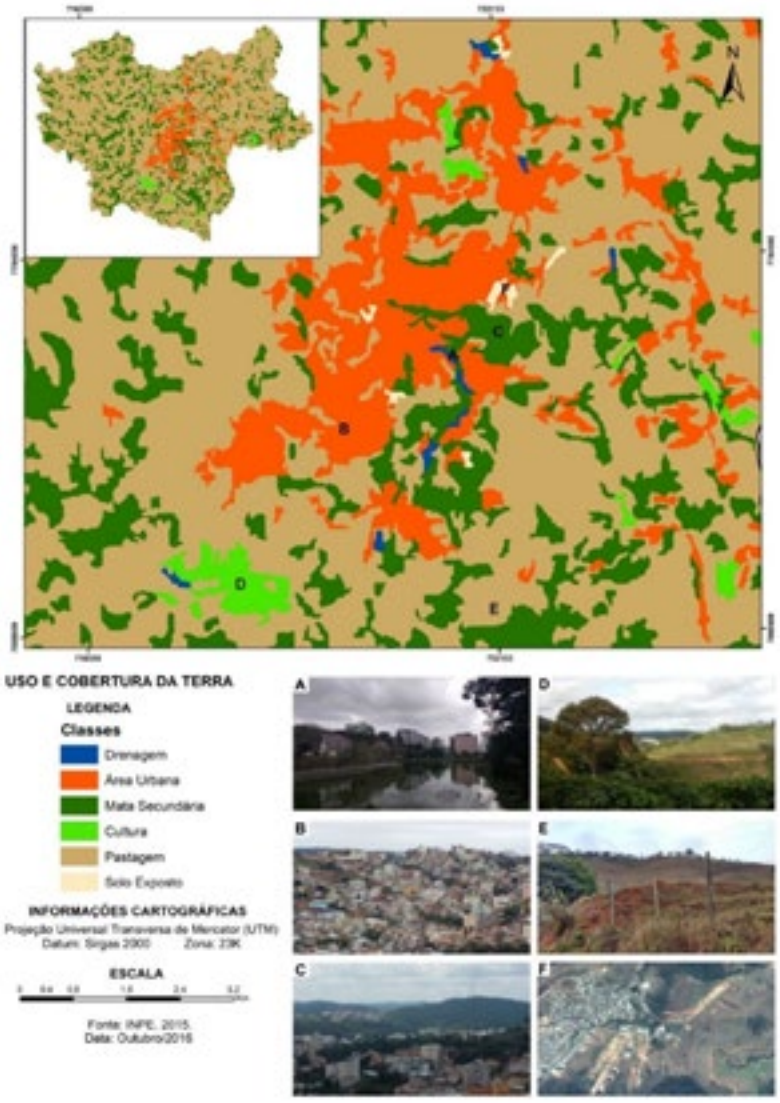


Figura 6: Validação do mapeamento com o trabalho de campo.
Fonte: Elaboração e Adaptação do Próprio Autor, 2016.

4. Considerações Finais

A utilização da imagem de satélite do sensor Landsat 8 para realizar o mapeamento de Uso e Cobertura da Terra se mostrou bastante satisfatório, assim como a viabilidade do *software* utilizado (Spring 5.4.1) com a metodologia de Processamento Digital de Imagens.

As técnicas interligadas aos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são de grande importância para inclusão como subsídio nas políticas de planejamento territorial e estudos ambientais, além de promover políticas voltadas à conservação e preservação dos solos.

5. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento à pesquisa com bolsa de estudos.

6. Referências Bibliográficas

AGUIAR, Olivia Beatriz Moraes; TEIXEIRA, Heitor Mancini. Espécies florestais da mata atlântica: Usos e ocorrência na bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa-MG. *Cadernos de Agroecologia*. Vol. 10, Nº 3 de 2015. Disponível em: http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/17959 . Acesso em: 18 jul. 2016. ISSN 2236-7934.

ATLAS DIGITAL DAS ÁGUAS DE MINAS. *Atualização dos estudos hidrológicos na bacia hidrográfica do rio Doce.* 3ª edição. Consulta Informativa. Disponível em: http://www.atlasdasaguas.ufv.br/doce/resumo_doce.html. Acesso em: 18 jul. 2016.

BATISTA, Miriam da Silva; RODRIGUES, Rafael de Ávila. Análise climática de Viçosa associada à ocorrência de eventos pluviométricos extremos. *Caminhos de Geografia* , Instituto de Geografia – UFU, v. 11, n.36, p. 52 - 67, Dez/2010. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16113. Acesso em: 18 jul. 2016. ISSN: 1678-6343.

CARNEIRO, Patrício Aureliano Silva; FARIA, André Luiz Lopes. Ocupação de encostas e legislação urbanística em Viçosa (MG). *Caminhos de Geografia,* Instituto de Geografia – UFU, 12(14)121-138, Fev/2005. Disponível em: www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/download/15376/8675. Acesso em 04 de jan. de 2017. ISSN: 1678-6343.

DPI - INPE. Departamento de Processamento de Imagens - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Tutorial de Geoprocessamento.* Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html. Acesso em: 13 dez. 2015.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. Sensoriamento remoto para geomorfologia. In*:* FLORENZANO, Teresa Gallotti (org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.* São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 31 – 71.

GONÇALVES, Luiz Fernando Hansen; GUERRA, Antônio Jose Teixeira. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro). In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antônio Jose Teixeira (orgs.). *Impactos ambientais urbanos no Brasil.* 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 189 – 252.

GUERRA, Antônio Jose Teixeira. Encostas Urbanas. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. *Geomorfologia Urbana*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 13-42.

GUIMARÃES, Renato Fontes; CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio de; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso; FERNANDES, Nelson Ferreira. Movimentos de massa. In: FLORENZANO, Teresa Gallotti. (org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais.* São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 159 – 184.

IBGE – Instituo Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades*. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/vicosa/panorama. Acesso em: 07 dez. 2017.

_____ . *Manual Técnico de Uso da Terra*. 3ª ed. – Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171 p.

LOCH, Carlos. *A interpretação de imagens aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais.* – 5. ed. rev. atual. – Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2008. 103 p.

NOVO, Evlyn Marcia Leão de Moraes. *Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.* - 4ª Ed. - São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

PREFEITURA DE VIÇOSA. *O território*. Disponível em http://www.vicosa.mg.gov.br/a-cidade/territorio. Acesso em: 06 jun. 2016.

REIS, Claudio Henrique. *Caracterização espacial do uso da terra em áreas de manguezais utilizando diferentes sistemas orbitais - um caso aplicado aos manguezais da APA Guapimirim.* 148 f. XIX, (IGEO/UFRJ, D.Sc., Geografia, 2006). Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio de Janeiro, IGEO. Rio de Janeiro, 2007.

REZENDE, Sérvulo Batista de. *Estudo de crono-topossequência em Viçosa – Minas Gerais.* Departamento de Solos / UFV, Dissertação de Mestrado. Viçosa, 1971, 71 p.

RODRIGUES, Cleide; GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos na Grande São Paulo. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O (Orgs.). *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas.* São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 66-94.

ROQUE, Leandro Antônio. *Áreas de risco geológico-geotécnico associadas a movimentos de massa no núcleo urbano de Viçosa-MG.* 97 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2013.

SANTOS, Alexandre Rosa dos; PELUZIO, Telma Machado de Oliveira; SAITO, Nathália Suemi. Spring 5.1.2 – Passo a Passo. Aplicações Práticas. *Mundo da Geomática*, Alegre, 2010. 155 p. Disponível em: http://www.mundogeomatica.com.br/Livros/Livro_Spring_5.1.2_Aplicacoes_Praticas/LivroSPRING512PassoaPassoAplicacaoPratica.pdf. Acesso em: 12 ago. 2016.

USGS - *United States Geological Survey*. *What are the band designations for the Landsat satellites?*. Disponível em: https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites. Acesso em: 07 mar. 2016.

VALVERDE, Orlando. Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia*, IBGE: v.20, n 1, p.3-82, 1958.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Potencial Natural de Erosão no alto curso da bacia hidrográfica do Arroio Quilombo, RS

Vanessa Prestes [(a)], Edvania Aparecida Corrêa [(b)]

[(a)]Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pelotas, vanessaprsts@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Pelotas, edvania.alves@ufpel.edu.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O Potencial Natural de Erosão (PNE) estima as perdas de solos em áreas com ausência de vegetação e intervenção antrópica, considerando os aspectos físicos e naturais do meio. Considerando a ocorrência de usos temporários, especialmente da fumicultura em solos rasos e arenosos junto a bacia hidrográfica do alto curso do arroio Quilombo (porção leste do escudo sul-rio-grandense), o objetivo do presente artigo foi o de espacializar as classes com potencial natural a erosão hídrica do solo através da Equação Universal de Perdas de Solo. Obteve-se que 76,86% da bacia apresenta PNE classificados como muito alto (600 -| 1000 t. ha^{-1}.ano^{-1}) e extremamente alto (> 1000 t. ha^{-1}.ano^{-1}). Tais classes são verificadas em relevo variando de forte ondulado à montanhoso, característicos de vertentes com inclinação superior à 20% e onde se verifica a presença e expansão da fumicultura. Neste sentido, torna-se necessária a realização de um adequado planejamento de uso e ocupação das terras.

Palavras chave: modelagem, degradação dos solos, planejamento ambiental, geoprocessamento.

1. Introdução

A erosão hídrica, a qual é o desprendimento, arraste e deposição de partículas, se intensifica quando o solo fica exposto à ação das chuvas. As características físicas da paisagem, como relevo e tipos de solo, e a presença humana, por meio do uso e ocupação inadequado da terra, são fatores que contribuem para acelerar os processos erosivos (PIMENTEL, 2006) resultando na degradação dos solos (TOMAZONI e GUIMARÃES, 2005) e prejuízos econômicos e ambientais.

Feitosa et al. (2010) explicam que através de variáveis como o declive e a suscetibilidade dos solos é provável saber a capacidade de armazenamento de água dos mesmos e o comportamento do escoamento fluvial. Isto possibilita o uso de modelos na área ambiental para a avaliação da erosão.

Os modelos de erosão auxiliam no planejamento do uso das terras afim de reduzir as perdas de solos. Para isso, é necessário a aplicação de um modelo adequado. A Equação Universal de Perdas de Solo – EUPS, é um modelo que tem recebido constantes atualizações e modificações desde 1970. Por isso, tem sido grandemente utilizada em diversos países (AHAMEFULE, 2018; MERRIT, 2003).

Na porção leste do escudo sul-rio-grandense, verifica-se a expansão da fumicultura, cultura esta que se dá pelo plantio convencional e se caracteriza pelo intenso e constante revolvimento dos solos e pouca cobertura da superfície pela vegetação. Tal região também se caracteriza pela presença de um relevo ondulado e solos rasos, arenosos e cascalhentos que associados ao uso com culturas temporárias, acarretam intensos processos erosivos.

Considerando a ocorrência de usos temporários em solos rasos e arenosos junto ao alto curso do arroio Quilombo situado na porção leste do escudo sul-rio-grandense, o objetivo do presente artigo foi o de espacializar as classes com Potencial Natural a Erosão hídrica do solo (PNE) através da Equação Universal de Perdas de Solo. Tal resultado será utilizado como subsídio a estudos de diagnóstico e planejamento ambiental, considerando uma ocupação ambientalmente sustentável da terra e a redução de impactos ambientais.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

A pesquisa foi realizada no alto curso da bacia hidrográfica do Arroio Quilombo, situada no estado do Rio Grande do Sul, nos municípios de Pelotas e Canguçu (Figura 1) e com área de 53,29 km². A área de estudo, situada na porção leste do Escudo sul-rio-grandense, está localizada

ISBN: 978-85-7282-778-2

na unidade geotectônica denominada Batólito Pelotas, e conta com a presença de rochas graníticas e xenólitos de rochas metamórficas (BOTELHO, et al. 2014).

Figura 1 - Mapa de localização do alto curso do Arroio Quilombo, RS.
Fonte: Os autores

O clima da área é enquadrado, de acordo com a classificação climática de Köppen, como Clima Subtropical Úmido – Cfa. Quanto aos solos, são encontrados mapeamentos realizados por Cunha e Silveira (1996) e Cunha et al. (1997) para os municípios de Pelotas e Canguçu nas escalas de 1:100.000 e 1:200.000, respectivamente. Também Flach (2018) elaborou um esboço fotopedológico para a presente área na escala de 1:50.000, onde obteve-se associações de Argissolo Bruno Acinzentado, Neossolo Litólico e Neossolo Regolítico.

A bacia hidrográfica do alto curso do Arroio Quilombo encontra-se sobre as rochas graníticas do Escudo Sul-Riograndense, apresentando relevo ondulado com o

predomínio de morros com topos convexos (RUTZ, 2015). Quanto a hipsometria, de acordo com Prestes (2018), a cota mínima é de 120m e a máxima é de 405m, sendo que, a classe de maior abrangência é a de 220 ⊣ 270 m, ocupando 34,69% da área.

2.2 Aquisição da erosividade, erodibilidade, fator topográfico e Potencial Natural à Erosão

Todas as etapas de geoprocessamento foram realizadas junto ao ArcGis 10.2 licenciado pelo Laboratório de Estudos Aplicados à Geografia Física (LEAGEF/UFPel). Todos os produtos cartográficos foram gerados no Sistema de coordenadas Geográficas, Datum Sirgas 2000.

A erosividade (R) é o potencial que a chuva tem em provocar erosão (LOMBARDI NETO E MOLDENHAUER, 1992). Por não possuir estação pluviométrica/pluviográfica na área de estudo, foram selecionadas 17 estações em municípios vizinhos, em um raio de 100 quilômetros. Foram utilizados os dados de chuva obtidos da Agência Nacional das Águas – ANA, onde foi utilizada uma série histórica de pelo menos 30 anos e descartados os anos com maior índice de falhas. O valor de erosividade foi calculado para cada posto, sendo obtido o índice de erosão (EI_{30}) para cada estação conforme Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (Tabela I):

$$El_{30} = 67{,}35\left(\frac{r^2}{p}\right)^{0{,}85} \quad (1)$$

Onde: EI_{30} = Média mensal do índice de erosão (MJ.mm/ha.L); r = Precipitação média mensal (mm); p = Precipitação média anual (mm).

Tabela I - Postos Pluviométricos utilizados para o cálculo da erosividade anual e valores de erosividade.

Código	Postos	Municípios	Localização		Altitude	R
			Latitude	*Longitude*	*m*	MJ.mm.ha-¹.h-¹.ano-¹
	Est. Agroclimatológica	Capão do Leão	-31,86	-52,35	13,24	5555,15
83985	Pelotas	Pelotas	-31,78	-52,41	13,00	5779,54
83995	Rio Grande	Rio Grande	-32,03	-52,11	2,46	5228,36
83980	Bagé	Bagé	-31,33	-54,10	242,31	5928,51
83964	Encruzilhada do Sul	Encruzilhada do Sul	-30,53	-52,51	427,75	6347,81
3152003	Canguçu	Canguçu	-31,40	-52,67	379,71	6304,68
3153006	Passo da Capela	Piratini	-31,13	-53,05	243,62	5908,19
3152005	Vila Freire	Cerrito	-31,67	-52,77	184,72	6239,97
3153017	Torrinhas	Pinheiro Machado	-31,31	-53,50	420,00	6091,88

ISBN: 978-85-7282-778-2

3051016	Fazenda da Boa Vista	Camaquã	-30,77	-51,66	41,47	6060,28
3253004	Herval	Herval	-32,03	-53,40	280,63	5982,65
3052011	Quiteria	São Jerônimo	-30,42	-52,07	296,73	6213,98
3152002	Boqueirão	São L. do Sul	-31,28	-52,08	115,59	6394,47
3153007	Pedras Altas	Pedras Altas	-31,73	-53,59	367,30	5691,73
3252005	Granja Cel. P. Osório	Arroio Grande	-32,01	-52,65	23,07	5457,58
3152011	Passo do Mendonça	Cristal	-31,00	-52,05	49,62	5882,83
3052002	Cachoeira do Sul	Cachoeira do Sul	-30,03	-52,88	59,98	5711,90

Fonte: Dados pluviométricos – ANA. Organização: Os autores.

Com a obtenção desses valores bem como a vetorização de cada estação realizou-se a interpolação por meio da Krigagem Ordinária. Foi utilizada a ferramenta *Geoestatistical Analyst* em *Geoestistical Wizard.* A partir da interpolação dos dados calculados de erosividade, obteve-se um mapa de representação contínua sendo posteriormente determinadas 5 classes de erosividade: 6210-|6220, 6220-|6230, 6230-|6240, 6240-|6250, 6250-|6260 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}.

O fator Erodibilidade (K) determina a susceptibilidade à erosão de diferentes tipos de solo em condições semelhantes de chuva, cobertura vegetal, topografia e manejo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012).

Para a obtenção do fator K foi feita uma relação do esboço pedológico de Flach (2018), onde foram identificadas associações de Argissolos Bruno-Acinzentados, Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, com os valores de K obtidos da bibliografia. Foi associado o valor de 0,053 para os Neossolos Regolíticos e Litólicos e de 0,034 para os Argissolos Bruno-Acinzentados. Devido à escassez de dados de erodibilidade para os solos presentes na área de estudo, foram utilizados os valores indicados por Bertoni e Lombardi Neto (2012) os quais foram determinados para solos classificados no 1° nível categórico.

Foi realizada a conversão de arquivo vetorial do tipo polígono para arquivo raster considerando os valores de K previamente associados, pela ferramenta *Conversion Tools/To Raster*

O fator topográfico (LS) está relacionado ao comprimento (fator L) e ao declive das vertentes (fator S) (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012). Para a obtenção desse fator foi utilizado um plugin, desenvolvido por Cunha (2018) o qual é baseado na equação do fator L de Desmet e Govers (1996) e fator S de McCOOL et al., (1987,1989). Tal plugin foi executada no software ArcGis 10.2 utilizando como produto de entrada o Modelo Digital de Elevação – MDE gerado com célula de 15m x 15m, a partir das feições de curvas de nível, pontos cotados, hidrografia e o limite da área de estudo. Tais dados

cartográficos foram extraídos da Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul (HASENACK; WEBER, 2010), escala 1:50.000. A interpolação dos dados foi gerada através da ferramenta *Topo To Raster*.

O PNE foi gerado através da combinação dos fatores R, K e LS, a partir de álgebra de mapas em ambiente SIG, através da equação a seguir:

$$PNE = R.K.LS \qquad (2)$$

Onde: PNE = potencial natural de erosão (t ha^{-1} ano^{-1}); R = fator erosividade da chuva (MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}); K = fator erodibilidade do solo (t h MJ^{-1} mm^{-1}); LS = fator topográfico (adimensional).

Para a combinação desses fatores, foi utilizado o Raster Calculator, do conjunto de ferramentas *Spatial Analyst*, onde foi possível realizar a álgebra de mapas e a aquisição do mapa de PNE.

Os valores de PNE foram classificados em classes qualitativas, as quais foram ordenadas em seis categorias (BERTONI e LOMBARDI NETO, 2012; SCOPEL, 1988 e NASCIMENTO,1998): muito baixo (0 ⊣ 50 t ha^{-1} ano^{-1}); baixo (50 ⊣ 100 t ha^{-1} ano^{-1}); médio (100 ⊣ 200 t ha^{-1} ano^{-1}); alto (200 ⊣ 600 t ha^{-1} ano^{-1}); muito alto (600 ⊣ 1000 t ha^{-1} ano^{-1}) extremamente alto (> 1000 t ha^{-1} ano^{-1}).

3. Resultados e Discussões

Os dados de erosividade obtidos a partir dos postos pluviométricos localizados nos arredores de Pelotas apresentaram valores variando de 5228,359 (Rio Grande) a 6394,467 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} (São Lourenço do Sul), (Tabela I). Da interpolação espacial dos dados de erosividade, obteve-se valores variando de 6220 a 6260 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} (Figura 2a). Eltz et. al (2011), avaliando a erosividade no município de Encruzilhada e no período de 1958 a 1988, obtiveram valores de erosividade de 5534,3 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}. Da mesma maneira, Bazzano et. al (2010) e Mehl et. al (2001), apresentaram valores variando de 5135,0 a 5512,95 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1}. Neste sentido, os dados apresentados nesta pesquisa demonstram regularidade com os resultados constantes na bibliografia.

Percebe-se que há diferenças na variação dos dados de erosividade nos municípios de Canguçu e Pelotas, onde se encontra a área de estudo. Os valores anuais de erosividade encontrados para estes municípios foram 6304,68 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} (Canguçu) e 5779,54 MJ.mm.ha^{-1}.h^{-1}.ano^{-1} (Pelotas), conforme tabela I.

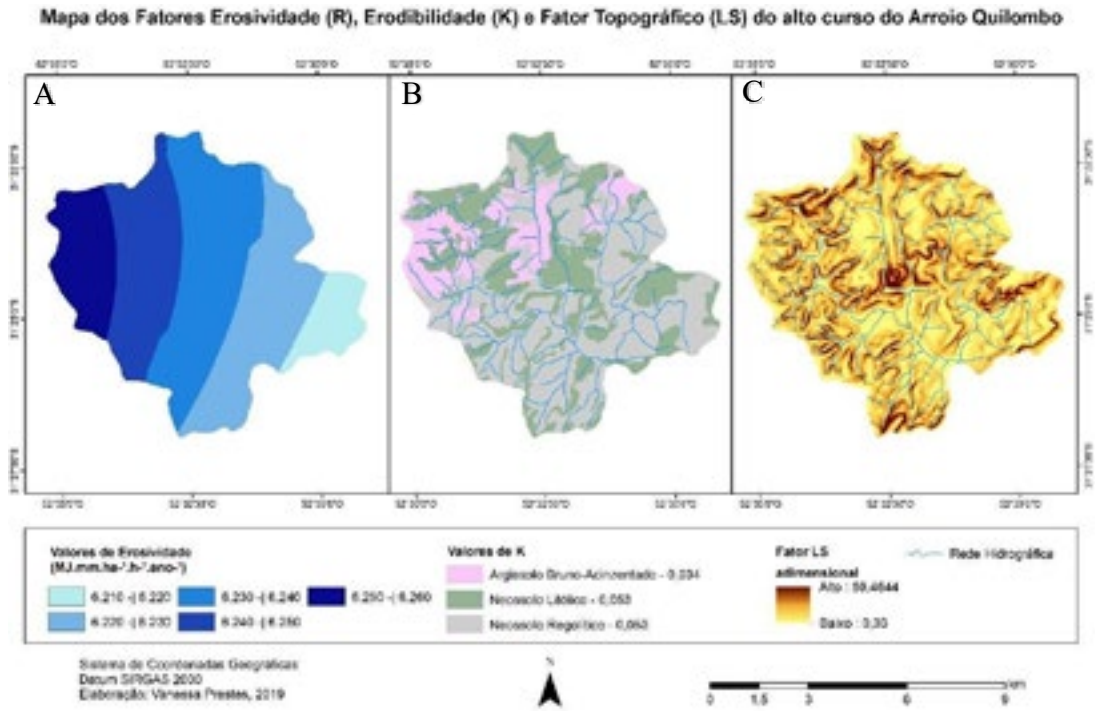


Figura 2 - Mapa dos Fatores R, K e LS do alto curso do Arroio Quilombo, RS.
Fonte: Os autores.

Foi possível observar que a erosividade apresenta relação com as características do relevo. As porções de maior altitude da área interpolada, localizadas ao norte-oeste da bacia apresentaram índices de erosividade mais elevados, demonstrando maior intensificação da ação erosiva das chuvas.

Em relação aos solos, na bacia hidrográfica do alto curso do Arroio Quilombo verificou-se a ocorrência de Argissolos Bruno-Acinzentados, Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos (Figuras 3a, 3b e 3c). Os Argissolos Bruno-Acinzentados ocupam predominantemente a porção norte da unidade (7,64 km²). Já na parte sul, há a ocorrência dos Neossolos Litólicos em áreas de interflúvio com baixa declividade (32,82% ou 17,49 km² da área de estudo). Os Neossolos Regolíticos têm 52,84% ou 28,16 km² de área, sendo a classe com maior predomínio, e localizados, predominantemente na média e baixa vertente (Figura 2b). Conforme apresentado por Flach (2018), no geral, os solos da área de estudo apresentam pouca profundidade, presença de grande quantidade de material pouco alterado, baixa fertilidade e baixo teor de matéria orgânica além de forte acidez e alta saturação por alumínio.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 3a, 3b e 3c - Neossolo Regolítico, Neossolo Litólico e Argissolo Bruno-Acinzentado.
Fonte: Os autores.

Conforme observado em campo (Figuras 3a e 3b), os solos são rasos com predomínio de areia e cascalhos, pouco estruturados e em áreas declivosas. Isto caracteriza a susceptibilidade desses solos à erosão, a qual é intensificada pelos cultivos de fumo, prática frequente na região. Além da fumicultura, outros usos temporários realizados em plantio convencional foram observados na área de estudo (Figuras 4a e 4b).

Figuras 4a e 4b. Culturas temporárias presentes na área de estudo. A: Abóbora e milho. B: Fumo.
Fonte: Os autores.

A declividade bem como a extensão da vertente são os fatores que determinam a velocidade do escoamento superficial. Neste sentido, auxiliam na caracterização do potencial de carregamento pela erosão em termos de tamanho e quantidade de material (CORRÊA, 2011).

Os valores do fator topográfico variaram de 0,03 a 59,46 (valores adimensionais) (Figura 2c). As áreas com convergência de fluxo e de elevada declividade apresentaram valores elevados do fator

ISBN: 978-85-7282-778-2

topográfico. Por outro lado, as áreas de interflúvios com baixa declividade e ausência de convergência de fluxo, observa-se valores baixos de LS.

As características físicas, como relevo ondulado, solos rasos e chuvas erosivas denotam características de elevado Potencial Natural de Erosão na área. Neste sentido é possível observar na figura 5 que as classes de PNE variam de muito baixo (0-|50 t. ha^{-1}.ano^{-1}) a extremamente alto (>1000 t. ha^{-1}.ano^{-1}), sendo possível verificar o predomínio das classes alto (200 -| 600 t. ha^{-1}.ano^{-1}), muito alto (600 -| 1000 t. ha^{-1}.ano^{-1}) e extremamente alto (> 1000 t. ha^{-1}.ano^{-1}) em 76,86% da área de estudo, as quais são ocorrentes em vertentes com inclinação superior a 20%, caracterizando um relevo forte ondulado à montanhoso. Nessas áreas é comum verificar a presença de cultivos temporários, conforme apresentado na 4b. As classes com potencial erosivo menor (0-|50; 50-|100 t. ha^{-1}.ano^{-1}) têm 11,62% de área e apresentam-se na porção inferior da bacia, devido a ocorrência de declives suaves e solos com poucos cascalhos.

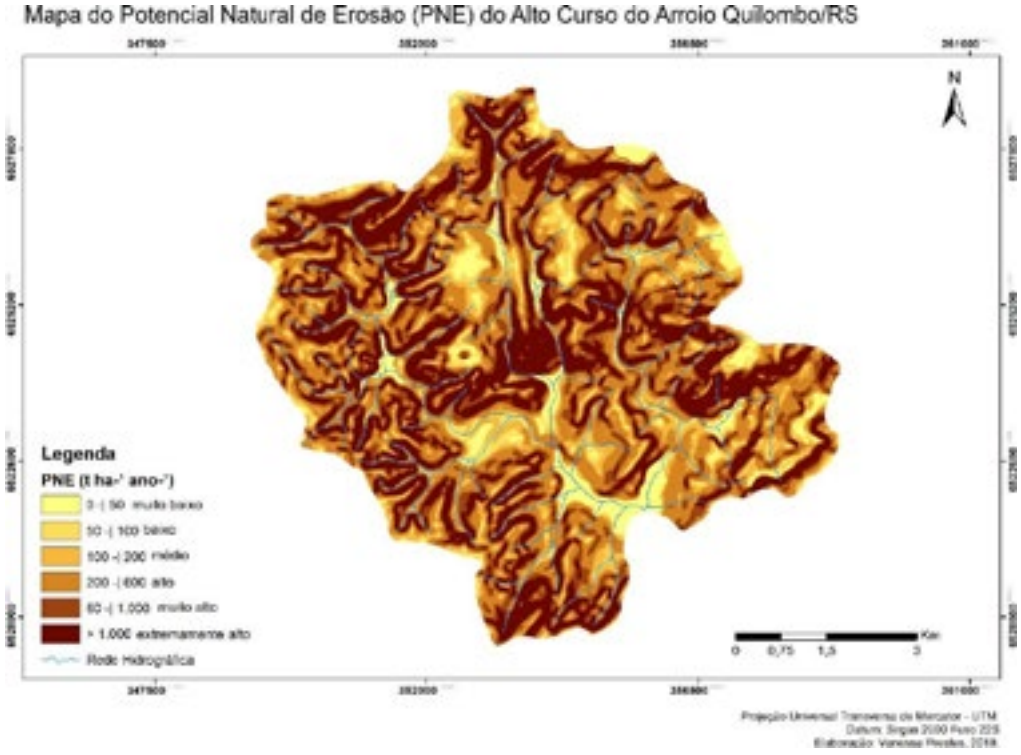


Figura 5 - Mapa do Potencial Natural de Erosão no alto curso do Arroio Quilombo, RS.
Fonte: Os autores.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

O modelo PNE possibilitou ter uma visão dos processos erosivos naturais do alto curso do Arroio Quilombo, devido às características naturais do meio, como as chuvas, solos e relevo. Foi possível observar que a área de estudo apresenta locais com elevada predisposição natural aos processos erosivos, sendo necessária a adoção de um adequado uso e ocupação das terras. Neste sentido, a aplicação da EUPS pode servir como ferramenta para o planejamento ambiental e maior compreensão da dinâmica erosiva em bacias hidrográficas brasileiras.

Aconselha-se para um estudo mais detalhado, a aplicação de modelos mais completos, que consideram a cobertura vegetal e o uso antrópico. Também se sugere a realização de maiores estudos tendo como objetivo a aquisição de valores de erodibilidade referentes às particularidades dos solos da região.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pelo apoio financeiro por meio do projeto "Análise de desempenho dos modelos de perda de solo MEUPS e EUPS: contribuição em uma bacia hidrográfica sulina" (Edital ARD 01/2017).

Referências Bibliográficas

AHAMEFULE, H.E.; FATOLA, F.O; OLANIYAN, J.O.; AMANA, M.S; EIFEDIYI, E.K; IHEM, E; NWOKOCHA, C.C; ADEPOJU, A.S; ADEPOJU, I.O; BABALOLA, M.J. **Prediction Models for Water Erosino Risk Management: A Review** Erosion Risk Assessment model (The PESERA model), the Coordination Information. Jasem. Vol. 22 (9) 1389-1396. 2018.

BAZZANO, M.G.P.; ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34: 235-244, 2010.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Editora Ícone, 2012.

BOTELHO, M.R.; PINTO, L.F.S.; LIMA, A.C.R.; NUNES, M.R. Caracterização e classificação de solos com horizontes subsuperficiais escuros derivados de rochas graníticas no escudo sul-rio-grandense. **R.Bras.Ci.Solo**, v.38, p.1066-1076, 2014.

CORRÊA, E. A**. Caracterização da cobertura vegetal na Equação Universal de Perda de Solos (fator C) por meio de geotecnologias**. 2011. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

CORRÊA, E.A.; PINTO, S.A.F.; COUTO JÚNIOR, A.A. **Espacialização Temporal das Perdas de Solo em uma Microbacia Hidrográfica com predomínio de Solos Arenosos.**Geografia, Rio Claro, v. 40, n. 1, p. 101-118, jan./abr. 2015.

CUNHA, H. N. **Plugin do Fator Topográfico**. Informação pessoal. 2018.

CUNHA, N.G. da.; SILVEIRA, R. J. C da. **Estudo dos Solos do município de Pelotas**. EMBRAPA: CPACT: Pelotas, 1996. 1 mapa. Escala 1:100.000.

CUNHA, N.G. da.; SILVEIRA, R. J. C. da; SEVERO, C. R. S..; NUNES, M. L.; SOARES, M. J.; COSTA, C. das N. **Estudo dos Solos do município de Canguçu**. EMBRAPA: CPACT: Pelotas, 1997. 1 mapa. Escala 1:200.000.

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; PASCOTINI, P.B**.** Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** v.15, n.4, p.331-337, 2011.

FLACH, C. W. **Esboço fotopedológico, análise morfológica e de indicadores da qualidade dos solos submetidos a diferentes usos no alto curso da bacia hidrográfica do Arroio Quilombo**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Instituto de Ciências Humanas. Universidade Federal de Pelotas, 2018.

FEITOSA, A. FECHINE, J.A.L.; FERREIRA, C.W.S.; ARAÚJO, M. do S.B. de. Modelagem Dinâmica do Escoamento Superficial influenciando a susceptibilidade à erosão dos solos num município do semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 11, n.2 (2010).

LAGO, J.C. **Erosividade das chuvas na metade sul do Rio Grande do Sul.** Pelotas, Universidade Federal de Pelotas, 2000. 123p. (Tese de Doutorado).

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAEUR, W.C.; Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). VIII Conservação do Solo. **Bragantia**, Campinas, 51(2): 189-196, 1992.

MEHL, H.U.; ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; DIDONÉ, I.A. Caracterização de padrões de chuvas ocorrentes em Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 25: 475-483, 2001.

MERRITT, W.S., LETCHER R.A., JAKEMAN., A.J. **A review of erosion and sediment transport models**: Environmental Modelling & Software 18: 761 – 799. 2003.

ISBN: 978-85-7282-778-2

NASCIMENTO, M. A. **Bacia do rio João Leite: influência das condições ambientais naturais e antrópicas na perda de terra por erosão laminar.** 1998. 176 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1998.

PIMENTEL, D. Soil erosion: a food and environmental threat**. Environment, Development and Sustainability** 8: 119-137. 2006.

PRESTES, V. **Erosão hídrica e uso da terra no alto curso do Arroio Quilombo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) — Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, 2018. 64f.

RUTZ, E. C. **Análise Histórica das Enxurradas no Município de Pelotas e as Consequências da Enxurrada de 2009 na Bacia Hidrográfica do Arroio Quilombo, Pelotas/ RS.** 2015. 124 f. Dissertação (mestrado em Geografia). Instituto de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2015.

SCOPEL, I. **Avaliação da Erosão com Auxílio de Sensoriamento Remoto e da Equação Universal de Perdas de Solo a Nordeste de Cornélio Procópio (PR).** 1988. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, 1988.

TOMAZONI, J.C.; GUIMARÃES, E. A Sistematização dos fatores da EUPS em SIG para Quantificação da Erosão Laminar na Bacia do Rio Jirau. **Revista Brasileira de Cartografia** Nº 57/03, 2005, p.235-244.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Predição de argila no solo: modelos utilizando sensores proximais do solo VS atributos derivados de MDE

Hugo Machado Rodrigues [(a)], Gustavo Mattos Vasques [(b)], Yuri Gelsleichter[(a)], Marcos Bacis Ceddia[(a)]

[(a)] Agronomia (Ciência do Solo)/UFRRJ, rodrigues.machado.hugo@gmail.com; marcosceddia@gmail.com

[(b)] Embrapa Solos, gustavo.vasques@embrapa.br

[(C)] PPGCTIA (Interdisciplinar)/UFRRJ, yuriplanta@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O gerenciamento adequado de áreas agrícolas ou a modelagem de erosão de bacias são alguns dos desafios ambientais que requerem quantidades de dados, precisos e gerados tempo hábil para a pesquisa. Dos atributos do solo de interesse ambiental, o atributo argila é um dos primordiais, conquanto a mensuração desse é obtida convencionalmente por granulometria em laboratório, apresentando descompasso para o fornecimento dessa informação. Sendo assim, avaliaram-se os mapas preditos de argila realizado por sensores proximais portáteis (condutivímetro/susceptibilímetro e gamarradiômetro) e outro utilizando 21 derivadas do MDE (gerado por GPS geodésico), com resolução de 1 metro, em 3,4 ha de área de estudo em Seropédica - RJ. Os modelos de predição da argila apresentaram valores de R^2 0.91 e 0.74, para derivadas de MDE e sensores proximais, respectivamente. Embora, o mapa que apresentou menores erros, mas não tão discrepantes, foi o baseado no modelo utilizando sensores proximais.

Palavras chave: Proximal Soil Sensing, DEM, Brasil, Comparação de métodos, Predição de argila

1. Introdução

O reconhecimento dos padrões de distribuição de atributos do solo não é um impasse recente para a agricultura global. Há muito tempo o homem busca obter o maior

número de informações dos atributos do solo com a finalidade de manejar o uso de água ou insumos para sua plantação. Por exemplo, a partir do reconhecimento de regiões em uma plantação que, mesmo apresentando uma morfologia homogênea, o solo pode apresentar distribuição distinta de suas características morfológicas. A busca pela maior quantidade de dados de campo e pelo menor desprendimento de trabalho, encontra na tecnologia sua maior aliada para fins de mapeamentos dos atributos de interesse agrícola e ambiental. O advento de sensores com maior precisão, como os atuais GPS com erros de poucos metros, bem como da possibilidade de utilização de sensores portáteis manuais com leitura direta em campo, permitindo recobrir áreas de interesse com um número elevado de pontos e dispensando as análises laboratoriais, são alguns dos exemplos de utilização de tecnologias que está avançando do campo da pesquisa somente, para a realidade de alguns agricultores e modelagens ambientais.

Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo comparar os mapas de argila predita a partir de dados de campo em duas abordagens metodológicas. Para isso, ajustaram-se dois modelos de predição para argila: o primeiro utilizou as variáveis de dois sensores proximais (condutivímetro/susceptibilímetro e gamarradiômetro); o segundo utilizou 17 covariáveis derivadas do MDE com resolução de 1 metro. Após a krigagem ordinária dos valores de argila predita pelos dois modelos, avaliou-se a acurácia dos mapas utilizando amostras externas (ambos os modelos não "visualizaram" esses novos dados de argila para validação), e o erro médio e a raiz do erro quadrado médio.

2. Materiais e Métodos

A área de estudo possui aproximadamente 3,4 ha e está localizada em uma fazenda experimental no município de Seropédica, RJ (Figura 1). Foi estabelecida uma malha amostral de 20 x 20 m, constituída de 7 transetos longitudinais à topossequência com 15 pontos em cada um, perfazendo 105 pontos. Além desses pontos, 25 pontos foram alocados, para fins de validação externa dos mapas produzidos a partir dos modelos

gerados, utilizando o método do hipercubo latino condicionado (MINASNY; McBRATNEY, 2006), totalizando 130 pontos.

Nos 130 pontos amostrais foram medidas, na superfície do solo, a susceptibilidade magnética (SM) e a condutividade elétrica aparente (CEa) do solo usando o sensor KT-10 S/C (Terraplus Inc., Richmond Hill, Canadá), e os teores de tório (eTh) e urânio (eU) equivalentes, usando o espectrômetro de raios gama RS-230 BGO (Radiation Solutions Inc., Mississauga, Canadá). Além disso, amostras de solo a 0-10 cm foram coletadas e analisadas em laboratório para medição dos teores de argila, segundo Teixeira et al. (2017).

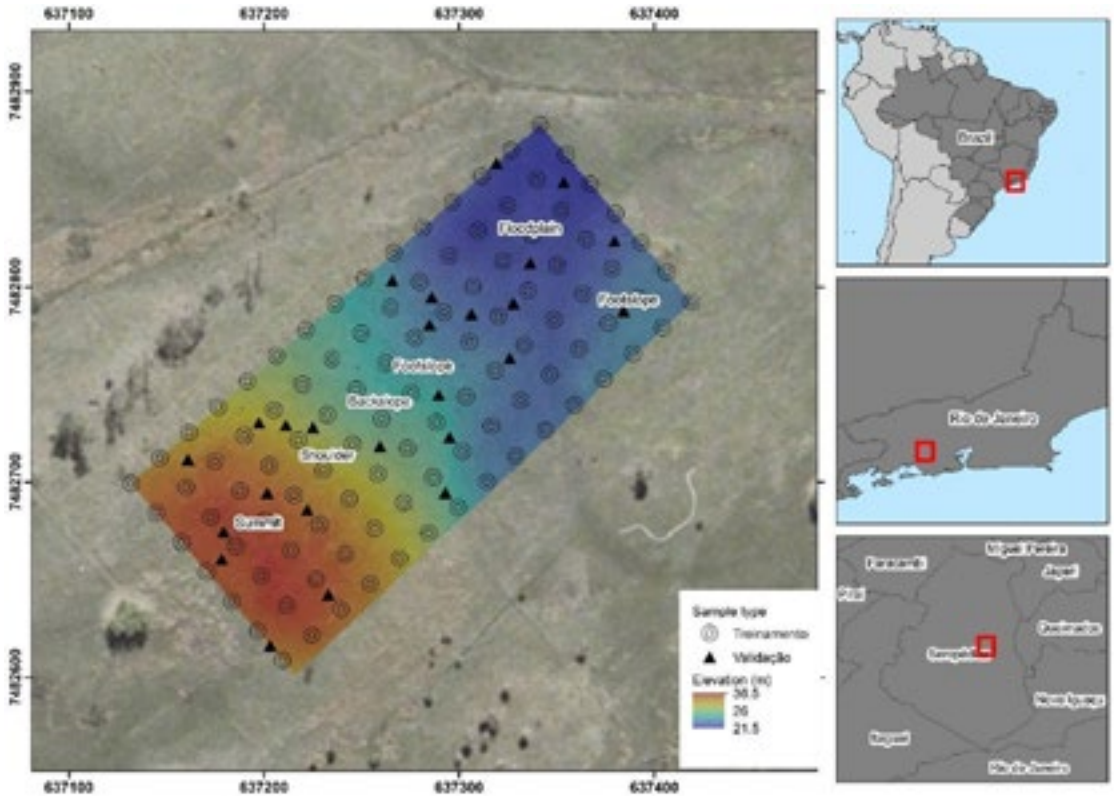


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo e delineamento amostral.

O modelo digital de elevação (MDE) foi gerado por interpolação dos dados primários obtidos DGPS Trimble R4 (Trimble Navigation Limited, Westminster USA)

utilizando coleta estática, com 2 minutos em cada ponto, apresentando um MDE com resolução de 1 metro. O modelo digital de elevação (MDE) foi gerado por interpolação de dados primários de elevação e se restringiram aos limites da área de estudo. O modelo de elevação foi gerado pela ferramenta "*Topo To Raster*", com base no algoritmo ANUDEM desenvolvido por Hutchinson (1993) implementado no software ArcGis (ESRI, 2017). No software R (R CORE TEAM, 2015), as covariáveis foram geradas a partir do MDE utilizando a função *rsaga.geoprocessor* do mesmo pacote *RSAGA* (Brenning, et al. 2018) para compor o conjunto de variáveis preditoras usadas como entrada para os modelos preditivos.

Os atributos utilizados e derivados do MDE foram: Elevação *(DEM)*, Northernness, Plano de Curvatura *(plan curv),* Perfil de Curvatura *(prof curv),* Índice de Convergência *(convergence),* Índice Topográfico de Umidade *(twi),* Posição de inclinação relativa *(rsp),* Distância da rede de canais *(chnd),* Nível de base da rede de canais *(chnb) e Fator LS*, todos esses derivados utilizando a função *rsaga.geoprocessor*, e os atributos Declividade *(slope) e* Aspecto *(aspect)* foram obtidos utilizando a função *rsaga.slope.asp.curv*, uma vez que desejava-se esses em porcentagem, ambas funções presentes no pacote *RSAGA* (Brenning, et al. 2018). Para completar as informações utilizadas como entrada para os modelos preditivos, foram utilizadas as bandas: *band1, band2, band3, band4, band5*, do sensor *Rapideye* e gerados dois índices espectrais a partir dos dados do sensor: o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada *(NDVI)* e o Índice de Vegetação Ajustado ao Solo *(SAVI)*, ambos utilizando a função *raster::overlay* presente no pacote *raster* (Robert, 2017). No total foram selecionadas 17 variáveis independentes utilizadas para o modelo de predição utilizando as variáveis derivadas do MDE.

Dos atributos utilizados pelos dois sensores proximais foram transformados para logaritmo neperiano as variáveis SM e CEa, e após, ajustou-se um modelo linear para predição da argila utilizando três (SM, eTh e eU) dos quatro atributos de sensores

proximais, uma vez que esses apresentaram a melhor combinação utilizando o R^2 ajustado como critério.

Os semivariogramas foram ajustados manualmente usando o modelo esférico (Figura 2). Após a seleção dos modelos de predição, os valores de argila predita foram mapeados por krigagem ordinária utilizando a função *krige* presente no pacote *gstat* (GRÄLER et al., 2016; PEBESMA, 2004), e os mapas foram gerados com tamanho de pixel de 1 m.

A avaliação da qualidade dos mapas foi feita por validação externa calculando-se o erro médio (EM) e a raiz do erro quadrado médio (REQM) a partir das 25 amostras de validação usando o pacote *gstat* (GRÄLER et al., 2016; PEBESMA, 2004).

3. Resultados e discussões

As estatísticas descritivas das variáveis de argila medida em laboratório e das argilas preditas utilizando os modelos de sensores proximais e o de atributos derivados do MDE são apresentados na tabela 1. Os parâmetros de ajustes dos modelos bem como os valores de R^2 e R^2 ajustado dos modelos de predição são apresentados na tabela 2. O modelo de predição que obteve R^2 e R^2 ajustado mais elevado foi o modelo utilizando as variáveis derivadas do MDE (0,91 para ambos), seguido do modelo de predição utilizando as variáveis de sensores proximais (0,74 e 0,73, respectivamente).

Tabela 1. Estatística descritiva da argila medida em laboratório da argila predita pelos sensores proximais e pelos atributos derivados do MDE.

	nobs	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	DP
Argila original	105	20.0	380.0	172.2	160.0	89.4
Argila Sensores	102	31.2	371.3	172.0	168.7	76.9
Argila MDE	1217	39.9	290.0	159.3	144.2	74.2

nobs, número de observações; DP, desvio padrão.

Os parâmetros dos semivariogramas são mostrados na tabela 3. O alcance do semivariograma ajustado para a variável de argila de laboratório apresentou os maiores valores (261 m, Figura 2, A.1), enquanto os valores para argila predita por sensores proximais e por MDE se ajusatram a distâncias próximas (200 e 160 metros,

respectivamente, Tabela 3 e Figura 2, B.1 e C.1). O efeito pepita do semivariograma de sensores proximais apresentou valores maiores que os de MDE, provavelmente pela maior quantidade de pontos amostrais e variáveis utilizadas. Enquanto o patamar entre os dois semivariogramas se manteve similar.

Tabela 2. Parâmetros de ajustes dos modelos de predição

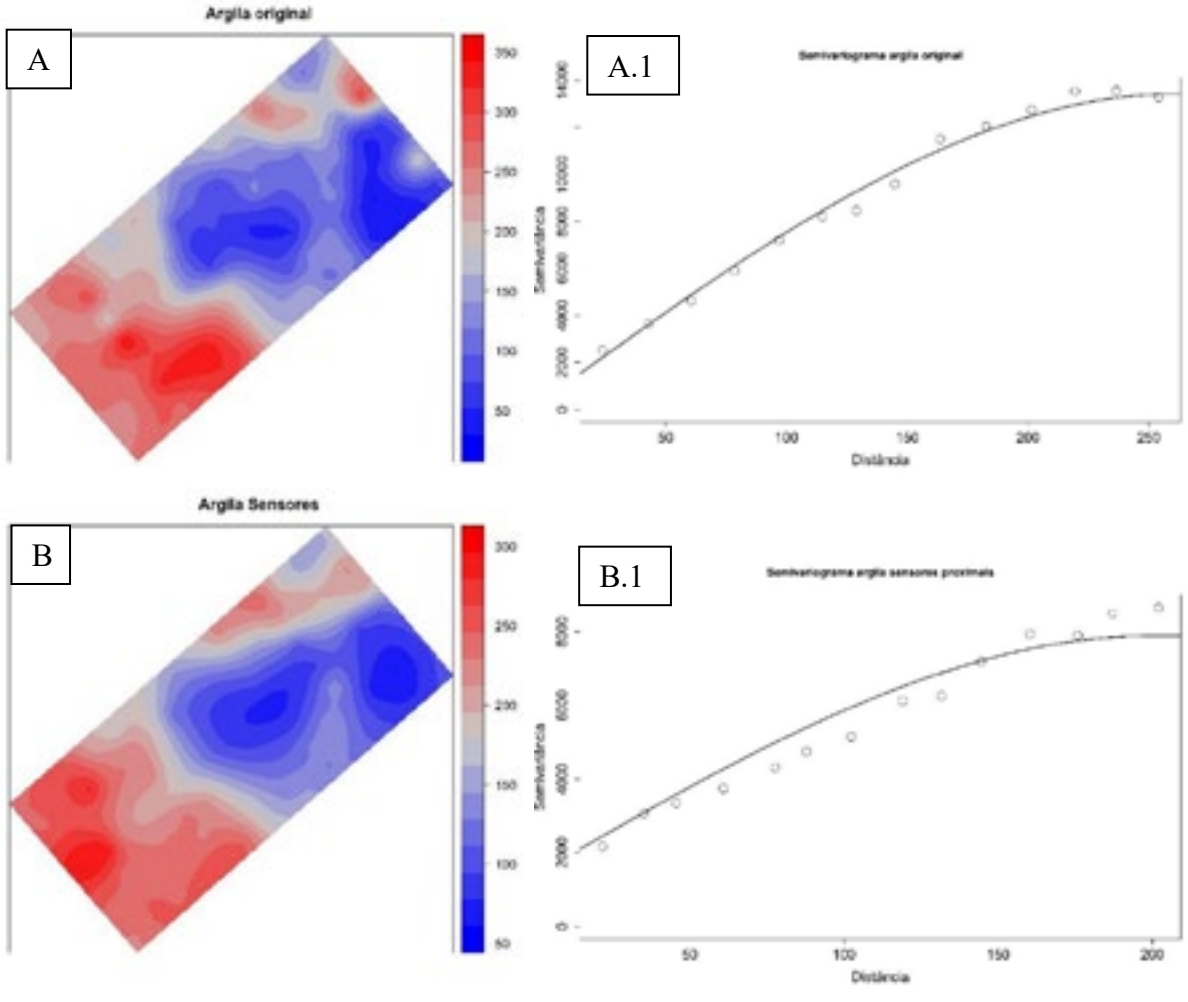
	Argila predita por MDE		**Argila predita por Sensores Proximais**	
Predictores	***Estimado***	***Intervalo de confiança (95%)***	***Estimado***	***Intervalo de confiança (95%)***
(Intercept)	460.01 ***	380.09 – 539.92	80.68 ***	39.89 – 121.47
DEM	18.23 ***	17.37 – 19.10		
slope	-0.00 ***	-0.00 – -0.00		
aspect	0.01	-0.00 – 0.03		
northernness	-0.31 ***	-0.37 – -0.25		
plan curv	-0.00 ***	-0.00 – -0.00		
prof curv	0.00 ***	0.00 – 0.00		
convergence	-0.56 ***	-0.76 – -0.35		
twi	-10.07 ***	-11.34 – -8.81		
ls factor	47.14 ***	40.78 – 53.49		
chnd	-0.00 ***	-0.00 – -0.00		
band 1	-0.05 ***	-0.06 – -0.04		
band 2	-0.07 ***	-0.08 – -0.06		
band 3	0.01	-0.07 – 0.09		
band 4	0.07 ***	0.05 – 0.09		
band 5	-0.04	-0.10 – 0.03		
NDVI	-17273483.83 **	-29087821.57 – -5459146.08		
SAVI	11516050.76 **	3639077.73 – 19393023.79		
log SM			16.22 **	5.22 – 27.22
eTh			25.83 ***	22.04 – 29.61
eU			-36.68 **	-60.33 – -13.04
Observações	1217		102	
R^2 / R^2 ajustado	0.91 / 0.91		0.74 / 0.73	

** p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001*

Tabela 3. Parâmetros de ajuste dos semivariogramas dos atributos do solo a partir dos valores originais e preditos.

Argila	**Efeito pepita**	**Patamar**	**Efeito pepita/ patamar**	**Alcance (m)**
		Valores originais		
Original	430	13430	0.03	261
		Valores preditos		
Sensores	1400	7900	0.18	200
MDE	500	7500	0.07	160

Os padrões de distribuição espacial obtidos pela krigagem ordinária da argila predita pelos modelos utilizando sensores proximais e derivadas do MDE apresentaram padrões espaciais similares entre si (Figura 2, B e C, respectivamente) e corresponderam aos padrões reais de distribuição da argila visualizável no mapa krigado dos valores originais (Figura 2 A). No geral, os padrões exibidos por todos os mapas preditos apresentam os maiores valores para o atributo argila na parte sudoeste do mapa (*summit*), sendo essa a parte mais elevada da área de estudo como pode ser visto no modelo digital de elevação apresentado na figura 1. Secundariamente, no extremo norte e na área central dos mapas são localizadas as manchas com os menores valores para o atributo argila.



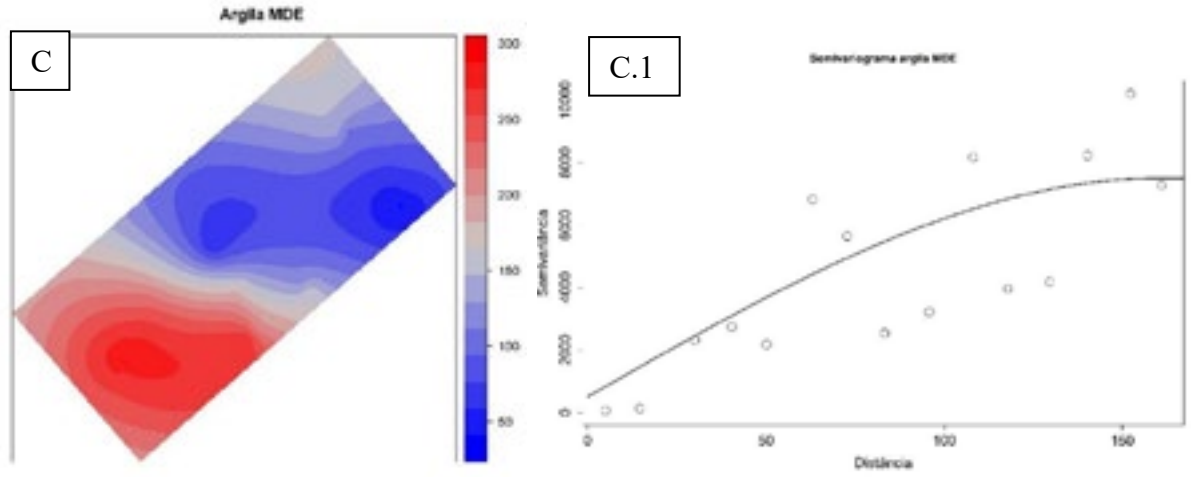


Figura 2. A: Mapa krigado de argila dos valores originais, **A.1**: Semivariograma preliminar e ajustado da argila original; **B**: Mapa krigado de argila predita utilizando o modelo de sensores proximais, **B.1:** Semivariograma preliminar e ajustado da argila predita por sensores proximais; **C**: Mapa krigado de argila predita utilizando os o modelo de derivadas do MDE, **C.1**: Semivariograma preliminar e ajustado da argila predita por derivadas do MDE.

Os índices de incerteza dos mapas, calculados a partir das 25 amostras de validação externa, apresentaram resultados melhores para o modelo ajustado utilizando as variáveis de sensores proximais (Tabela 5). É possível notar que, tanto o EM quanto o REQM para os valores de argila predita por sensores proximais apresentaram resultados praticamente iguais de validação externa dos mapas originais de argila medidos em laboratório. Mesmo que os erros utilizando os modelos de predição via sensores proximais tenha apresentado um resultado melhor se baseando na validação externa, a estimativa dos erros dos mapas de argila predita via atributos de MDE são próximos e suficientemente aceitáveis. O resultado dos erros dos mapas de atributos de MDE não distaram tanto dos erros dos mapas de argila originais uma vez que a resolução espacial do MDE é de 1 metro, e vale lembrar que o mesmo é um sensor de campo e portátil.

Tabela 5. Índices de incerteza, obtidos por validação externa, dos mapas de atributos do solo produzidos por krigagem ordinária e regressão-krigagem, respectivamente.

Argila	REQM	EM
Original	59.8	20.8
Sensores Proximais	61.8	20.7
MDE	72.6	32

EM, erro médio; REQM, raiz do erro quadrado médio.

Os sensores proximais do solo permitiram predizer e mapear, via modelo linear e posterior krigagem dos valores, os teores de argila com eficiência e sem perda de qualidade em relação à krigagem ordinária diretamente dos valores dos atributos medidos em laboratório. Ambos os mapas apresentados pelos dois modelos de predição, tanto os utilizando as variáveis de sensores bem como os utilizando as variáveis derivadas do MDE honram os principais padrões de variação espacial dos atributos, conforme os mapas obtidos via krigagem dos seus valores preditos. Mesmo com esses padrões similares nos mapas, os mapas de sensores proximais apresentaram erros menores quando submetidos à validação externa, demonstrando serem mais eficientes do que os mapas gerados pelo modelo utilizando as derivadas do MDE, mesmo que esse tenha apresentado um R^2 superior. É interessante notar que os atributos do relevo apresentados pelas derivadas do MDE mostraram os padrões espaciais similares aos mapas de sensores proximais, podendo sugerir que o relevo é principal controlador da distribuição espacial dos atributos mensurados pelos sensores proximais.

Sendo assim, os resultados mostram o potencial do uso de sensores proximais, quanto de posicionamento global (GPS), com resolução adequada, para atuarem em um nível de gerenciamento e fornecimento de dados para o manejo agrícola. Apresentando-se como alternativas de geração de dados frente aos métodos convencionais de análise laboratorial.

4. Agradecimentos

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Solos e ao CNPq pelo suporte financeiro e às equipes dos respectivos projetos pelo apoio e incentivo incondicional. O primeiro autor agradece à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Solos) e ao CNPq pelo apoio financeiro via bolsa de iniciação científica (PIBIC) número 144933/2016-0.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

5. Referências Bibliográficas

GRÄLER, Benedikt et al. 2016. **Spatio-Temporal Interpolation using gstat.** The R Journal 8(1), 204-218.

BRENNING A; BANGS D; BECKER M. (2018). **RSAGA: SAGA Geoprocessing and Terrain Analysis.** R package version 1.2.0. https://CRAN.R-project.org/package=RSAGA

ESRI 2017. **ArcGIS Desktop**: Release 10.5. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

HUTCHINSON, M. F. 1993. **Development of a continent-wide DEM with applications to terrain and climate analysis**. In Environmental Modeling with GIS, ed. M. F. Goodchild et al., 392–399. New York: Oxford University Press.

LUMLEY, T. **leaps**: Regression Subset Selection. R package version 3.0. 2017. (Based on Fortran code by Alan Miller)

MINASNY, Budiman; MCBRATNEY, Alex B. A conditioned Latin hypercube method for sampling in the presence of ancillary information. **Computers and Geosciences**, v. 32, n. 9, p. 1378–1388, 2006.

PEBESMA, E.J., 2004. **Multivariable geostatistics in S: the gstat package**. Computers & Geosciences, 30: 683-691.

R CORE TEAM. **R**: A Language and Environment for Statistical Computing. Viena, Áustria: R Foundation for Statistical Computing, 2015.

ROBERT J. H. (2017). **raster**: **Geographic Data Analysis and Modeling**. R package version 2.6-7. https://CRAN.R-project.org/package=raster

TEIXEIRA, Paulo César et al. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

RECONSTRUÇÃO TOPOGRÁFICA DIGITAL DE ÁREAS AFETADAS POR MOVIMENTOS DE MASSA E CÁLCULO DO VOLUME DE MATERIAL MOBILIZADO

João Paulo de Carvalho Araújo [(a)], Renato Fontes Guimarães [(b)], Nelson Ferreira Fernandes [(c)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jpaulo_geo@hotmail.com
[(b)] Departamento de Geografia , Universidade de Brasília, renatofg@unb.br
[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Uma vez impactada por momentos de massa, a área afetada sofre alterações morfométricas que modificam o arranjo das forças internas responsáveis pela estabilidade das encostas. MDTs de alta resolução, obtidos após a ocorrência dos escorregamentos não são, portanto, adequados para serem utilizados em modelos matemáticos que visam prever/validar escorregamentos já mapeados. Este trabalho apresenta um método de reconstrução topográfica que estima a morfologia do terreno sobre o qual os escorregamentos do passado ocorreram. Em última análise, a diferença entre superfície pré-ruptura e pós-ruptura permite estimar a espessura e o volume dos solos nos locais de ruptura e transporte dos escorregamentos.

Palavras chave: LIDAR, MDT pré-ruptura, MDT pós-ruptura, Movimentos de massa.

1. Introdução

Os modelos digitais do terreno (MDTs), utilizados na modelagem de previsão de movimentos de massa são, tradicionalmente, obtidos após a ocorrência dos eventos de escorregamento. Entretanto, uma vez impactada por movimentos de massa, a área afetada apresentará mudanças na rugosidade do terreno, no gradiente, na forma das encostas e, consequentemente, na dinâmica de fluxos superficiais e subsuperficiais. Estas mudanças

morfométricas são especialmente quantificadas por MDTs de alta resolução espacial, como por exemplo, aqueles obtidos pelos sistemas ALS (*Airbone Laser Scanning*). Consequentemente, o conjunto de forças que mantinha uma encosta estável no passado se modifica em um novo arranjo de forças que será erroneamente computado pelos modelos de estabilidade determinísticos ou estatísticos.

Uma possível solução para este problema, segundo Conoscenti *et al.* (2015), é assumir que a morfologia pré-ruptura pode ser inferida pelas áreas adjacentes às cicatrizes mapeadas que não foram atingidas pelos escorregamentos. Nesse sentido alguns trabalhos buscam inferir, indiretamente, as características topográficas do terreno que geraram escorregamentos (SÜZEN e DOYURAN, 2004a; b; NEFESLIOGLU, HAKAN A. *et al.*, 2008; NEFESLIOGLU, H. A. *et al.*, 2008; BAI *et al.*, 2010; NANDI e SHAKOOR, 2010; NEFESLIOGLU *et al.*, 2011; COSTANZO *et al.*, 2012) ou utilizam métodos de reconstrução da superfície erodida a fim de representar a topografia pré-ruptura (Van Den EECKHAUT *et al.*, 2006; GORUM *et al.*, 2008; CONOSCENTI *et al.*, 2015; STEGER *et al.*, 2016).

Este trabalho apresenta um novo método de reconstrução da topografia das áreas afetadas por movimentos de massa, baseado na interpolação dos pontos editados do último retorno do sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*). O método visa reproduzir o cenário pretérito, sob o qual os escorregamentos tiveram lugar e desta forma, dá suporte à modelagem de susceptibilidade à escorregamentos. Por fim, a razão entre os MDTs pré-ruptura e pós-rutpura permite estimar a espessura e o volume do material mobilizado pelos escorregamentos.

2. Área de Estudo

Foram selecionadas duas bacias piloto, denominadas bacias dos rios Quitite e Papagaio (5,4 km²), localizadas na parte oeste do Maciço da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro. A área de estudo foi atingida por chuvas de 380mm, em menos de 24h (1996),

ISBN: 978-85-7282-778-2

deflagrando centenas de escorregamentos translacionais e corridas de detritos nos canais principais (GEORIO, 1996).

Segundo Coelho Netto (1997), no vale do rio Quitite, a espessura média dos solos, nas cicatrizes de escorregamento, é de 2 metros. (GOMES *et al.*, 2013) estimaram a espessura dos solos, nas cicatrizes de escorregamento, em 1 metro. Os autores também calcularam o volume do material mobilizados pelas corridas de detritos, originadas pelos escorregamentos, em 137.800m³. Já a GEORIO (1996), estimou o volume total mobilizado pelas corridas de detritos de detritos em 132.000m³.

3. Materiais e Métodos

3.1 Modelo Digital do Terreno LIDAR Pós-ruptura (MDT-Pós)

A base de dados LIDAR foi adquirida pela Fundação Instituto de Geotécnica "Geo-Rio", no ano de 2013, e foi amplamente discutida por (BARBOSA, 2015). Os retornos dos pontos LIDAR, na área de estudo, foram classificados pelo *software TerraScan* e interpolados pelo *software* Surfer, produzindo um MDT pós-ruptura (MDT-Pós) com resolução de 2m.

3.2 Inventário de Cicatrizes

O mapeamento foi realizado pelo método de vetorização interativa, pela interpretação e identificação das rupturas de escorregamento e das zonas de transporte, utilizando, principalmente, as informações topográficas obtidas pelo MDT-Pós (199 cicatrizes).

3.3 Modelo Digital do Terreno LIDAR Pré-ruptura (MDT-Pré)

O MDT pré-ruptura (MDT-Pré) representa as mudanças nos valores de elevação dos *pixels* localizados nas áreas erodidas pela ruptura e pelo transporte dos escorregamentos mapeados. A confecção do MDT-Pré seguiu as seguintes etapas: i) os polígonos de feições de escorregamentos mapeadas (zonas de ruptura e de transporte) foram integrados; ii) os pontos do último retorno do sensor LIDAR, localizados dentro dos polígonos gerados na etapa anterior, foram excluídos; iii) os pontos da superfície do terreno, que não foram excluídos na

ISBN: 978-85-7282-778-2

etapa anterior, foram novamente interpolados no *software* Surfer (MDT-Pré - 2m) (ARAÚJO, 2018).

4. Resultados e Discussões

Os MDTs pré-ruptura e pós-ruptura foram computados, conforme metodologia apresentada e, posteriormente, subtraídos, de forma a obter a variação espacial da espessura do solo erodido pelos escorregamentos, tanto pelo transporte, quanto pela ruptura. A figura 1 destaca os perfis longitudinais de duas feições de escorregamento nos MDTs pré-ruptura e pós-ruptura. É possível observar que a diferença de elevação entre os MDTs, nas feições de escorregamento, varia entre 0,3m a 23m.

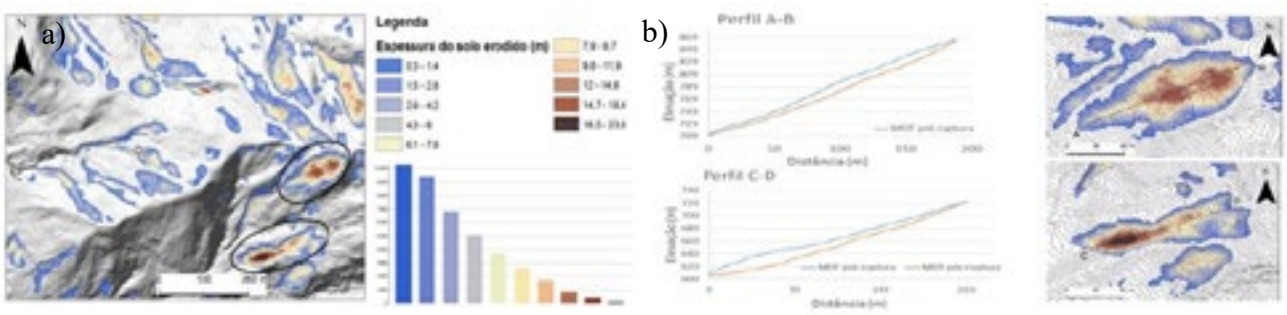


Figura 1: a) Distribuição espacial da espessura do solo nas feições de escorregamento: em azul, valores de menor espessura e em vermelho, valores de maior espessura. b) Destaque para dois escorregamentos e seus respectivos perfis longitudinais A-B e C-D sobre os MDTs pré-ruptura e pós-ruptura.

O valor médio da espessura do solo erodido é de 3,7m. A área real (3D) das feições de escorregamento é de 307.175 m² e o volume do material erodido estimado é de 1.078.125 m³. O volume de solo estimado neste trabalho é substancialmente superior aos volumes apresentados por (GEORIO, 1996; GOMES *et al.*, 2013), uma que este dado é obtido a partir dos valores distribuídos da espessura dos solos, nos locais dos escorregamentos (ruptura) e nas zonas de transporte, que foram deflagradas por diferentes eventos de chuva, incluindo a do ano de 1996.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Conclusões

O trabalho apresenta um método de reconstrução da superfície pré-ruptura que pode ser utilizada nos cálculos de estabilidade, em modelos estatísticos e determinísticos. A razão entre superfície pré-ruptura e pós-ruptura permite estimar a espessura distribuída dos solos mobilizados por escorregamentos, assim como seu volume. A espessura do solo, no local de ruptura, também é um parâmetro importante que pode ser utilizado em modelos determinísticos de previsão de escorregamentos.

6. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, J. P. C. **Reconstrução Topográfica e Previsão de Escorregamentos Translacionais Utilizando Modelos Estatísticos e Determinísticos de Susceptibilidade**. 2018. Tese (Doutorado). Departamento de Geografia (PPGG/UFRJ), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (RJ).

BAI, S.-B. et al. GIS-based logistic regression for landslide susceptibility mapping of the Zhongxian segment in the Three Gorges area, China. **Geomorphology,** v. 115, n. 1, p. 23-31, 2010/02/15/ 2010. ISSN 0169-555X.

BARBOSA, L. S. **Avaliação de Modelos Digitais do Terreno por escaneamento a laser (LIDAR) no Maciço da Tijuca, RJ**. 2015. 107 Mestrado (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro.

COELHO NETTO, A. L. **Geologia Estrutural e Hidrogeologia da Região do Quitite, Jacarepaguá (RJ): Condicionantes dos Escorregamentos nas Encostas**. 1997. 29 Monografia Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CONOSCENTI, C. et al. Assessment of susceptibility to earth-flow landslide using logistic regression and multivariate adaptive regression splines: A case of the Belice River basin (western Sicily, Italy). **Geomorphology,** v. 242, p. 49-64, 2015/08/01/ 2015.

COSTANZO, D. et al. Exporting a Google Earth™ aided earth-flow susceptibility model: a test in central Sicily. **Natural Hazards,** v. 61, n. 1, p. 103-114, 2012/03/01 2012.

GEORIO. **Estudos geológico-geotécnicos a montante dos condomínios capim melado e vilarejo, Jacarepaguá**. Fudação Instituto de Geotécnica -GEORIO. Órgão da Secretaria Municipal de Obras da cidade do Rio de Janeiro -RJ. 1996

GOMES, R. A. T. et al. Combining Spatial Models for Shallow Landslides and Debris-Flows Prediction. **Remote Sensing,** v. 5, p. 2219-2237, 2013.

GORUM, T. et al. Implementation of reconstructed geomorphologic units in landslide susceptibility mapping: the Melen Gorge (NW Turkey). **Natural Hazards,** v. 46, n. 3, p. 323-351, 2008. ISSN 0921-030X.

NANDI, A.; SHAKOOR, A. A GIS-based landslide susceptibility evaluation using bivariate and multivariate statistical analyses. **Engineering Geology,** v. 110, n. 1-2, p. 11-20, 2010.

NEFESLIOGLU, H. A.; DUMAN, T. Y.; DURMAZ, S. Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). **Geomorphology,** v. 94, n. 3-4, p. 401-418, 2008.

NEFESLIOGLU, H. A.; GOKCEOGLU, C.; SONMEZ, H. An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. **Eng. Geology,** v. 97, n. 3-4, p. 171-191, 2008.

NEFESLIOGLU, H. A. et al. Medium-scale hazard mapping for shallow landslide initiation: the Buyukkoy catchment area (Cayeli, Rize, Turkey). **Landslides,** v. 8, n. 4, p. 459-483, December 01 2011. ISSN 1612-5118.

STEGER, S. et al. The propagation of inventory-based positional errors into statistical landslide susceptibility models. **Nat. Hazards Earth Syst. Sci.,** v.16, n.12, p. 2729-2745, 2016.

SÜZEN, M. L.; DOYURAN, V. A comparison of the GIS based landslide susceptibility assessment methods: multivariate versus bivariate. **Environmental Geology,** v. 45, n. 5, p. 665-679, March 01 2004a. ISSN 1432-0495.

_____. Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to Asarsuyu catchment, Turkey. **Engineering Geology,** v. 71, n. 3, p. 303-321, 2004b.

VAN DEN EECKHAUT, M. et al. Prediction of landslide susceptibility using rare events logistic regression: A case-study in the Flemish Ardennes (Belgium). **Geomorphology,** v. 76, n. 3, p. 392-410, 2006/06/30/ 2006.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

RELAÇÃO ENTRE AS MUDANÇAS DE USO E COBERTURA DO SOLO NA BACIA DO RIO GUANDU E AS TAXAS DE ACUMULAÇÃO RECENTE DE FÓSFORO NO MANGUEZAL DE GUARATIBA (RJ)

Eugenio Tuorto de Moraes[(a)], Emanuel Francisco Santos do Nascimento[(b)], Leonardo Amora Nogueira[(c)], Pedro José Farias Fernandes[(d),] Humberto Marotta Ribeiro [(e)]

[(a)]Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, eugeniotuorto@id.uff.br
[(b)]Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, emanuelnascimento@id.uff.br
[(c)]Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, leonardoamora@id.uff.br
[(d)]Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, pj_fernandes@id.uff.br
[(e)]Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, humbertomarotta@id.uff.br.

Eixo:
Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a relação entre as mudanças no uso/cobertura da terra na Bacia do Rio Guandu e a acumulação de fósforo total (PT) no sedimento de um manguezal em processo de eutrofização (Guaratiba, Rio de Janeiro/RJ). Foram realizados mapeamentos de uso e cobertura da terra, utilizando-se imagens de satélite da série LANDSAT entre 1975 – 2015. Nossos resultados mostram que o PT teve um aumento relativo de ~30% nos últimos 40 anos, o que evidencia a sua relação com o aumento da área urbana em ~70% na bacia e supressão de manguezal em ~25% no mesmo período. Como conclusão, a acumulação de PT no sedimento apresentou uma relação direta com a urbanização ao longo dos anos, refletindo importantes componentes antrópicos da eutrofização e de seus tempos de resposta na ciclagem de nutrientes, os quais apesar de ainda necessitarem de melhor entendimento podem ser essenciais ao planejamento e à gestão na bacia de drenagem.

Palavras-chave: Manguezais, Urbanização em bacias de drenagem, Poluição, Nutrientes.

1. Introdução

1.1 Características Gerais

O crescimento populacional e o processo de industrialização em áreas costeiras foram muito significativos globalmente no último século (VITOUSEK et al., 1997). No Brasil, estas atividades humanas têm resultado em significativos aportes de nutrientes e poluentes nos ecossistemas inseridos nessas áreas, como os manguezais (SEGOVIA, 2017). Em áreas costeiras abrigadas na transição entre os ambientes terrestres e marinhos, tende a ocorrer a acumulação de nutrientes nos sedimentos (FAUZI et al. 2014). Nestas áreas, a menor turbulência e baixa energia dos rios associada à vegetação arbórea dos ecossistemas contribuem para a retenção física de sedimentos e demais poluentes associados (WOODROFFE et al. 2016). Assim, sedimentos costeiros são de grande relevância na filtragem de nutrientes e contaminantes que são transportados de ambientes

terrestres em direção ao mar, através das bacias de drenagem (WASSERMAN et al., 2001).

Neste contexto, a bacia do Rio Guandu é importante no transporte de sedimentos e nutrientes na zona costeira do estado do Rio de Janeiro, abrigando importantes áreas de manguezais que vêm sendo impactadas por atividades humanas nos últimos 40 anos (ARAÚJO et al., 2017). Entretanto, a dimensão dos impactos dessas transformações neste ecossistema costeiro ainda é pouco compreendida (SEGOVIA, 2017). Neste sentido, estudos que propiciem análises integradas da dinâmica urbano-industrial e seus consequentes impactos na degradação de manguezais permanecem escassos. Diante disso, o presente trabalho analisou as mudanças no uso e cobertura do solo nesta bacia de drenagem a partir de 3 mapeamentos realizados para os anos de 1975, 1995 e 2015, em relação às taxas de acumulação de PT nos últimos 100 anos obtidas na literatura em um testemunho de sedimento de um manguezal às margens da Baía de Sepetiba.

1.2 Área de Estudo

A bacia hidrográfica do Rio Guandu se insere na porção oeste do estado do Rio de Janeiro, abrangendo 15 municípios, onde vivem aproximadamente 1 milhão de habitantes (FILHO, 2012). A área total compreende 3600km² e seus rios desaguam na Baía de Sepetiba, corpo d'água de aproximadamente 519 km² (ARAÚJO et al., 2017). A geomorfologia da bacia é composta por uma variedade de feições, entre elas: planícies costeiras; amplas planícies flúvio-marinhas; escarpas serranas; domínios montanhosos e serras baixas (CPRM, 2015). A vegetação natural da região é composta de floresta ombrófila densa e manguezais, que restaram do bioma Mata Atlântica (FILHO, 2012).

2. Metodologia

2.1) Análise do uso do solo com imagens de satélite

Para avaliar as mudanças de uso/cobertura do solo da bacia do rio Guandu durante os últimos trinta anos, primeiramente foi feito o *download* do arquivo *shapefile* dos limites da área de estudo no site "*SIGA web GUANDU*". Em seguida, foram obtidas gratuitamente três cenas de imagem de satélite do site http:// EarthExplorer.usgs.gov, separadas temporalmente por 20 anos cada, a partir de 1975. Após isso, as imagens foram segmentadas no software *eCognition Developer 9* através do algoritmo "Segmentação

ISBN: 978-85-7282-778-2

Multirresolução". Após a exportação dos arquivos *shapefile* correspondentes aos produtos desse processo, foi realizada uma Classificação Manual de cada imagem no software QGIS *Desktop 3.2.2*. Foram ao todo designadas 8 classes (Campo, Água, Vegetação, Solo Exposto, Área Urbana, Mangue e Extração de Areia). Os resultados numéricos da classificação foram gerados no software *R Studio.*

2.2) Análise de Fósforo Total

Os resultados de fósforo total (PT) ao longo do tempo foram obtidos de um testemunho de sedimento (23°0'58.10"S; 43°36'41.28"W) de 50 cm coletado em 2011 (SEGOVIA, 2017). A coleta foi realizada no interior de uma floresta de manguezal na Baía de Sepetiba, e o testemunho foi fatiado em intervalos de 2 cm. Cada intervalo foi datado por 210Pb e as idades permitiram calcular taxas de acumulação de PT ao longo dos últimos 100 anos. Estas taxas foram utilizadas na comparação com as mudanças no uso/cobertura do solo na bacia do Rio Guandu.

3) Resultados e Discussões

A partir dos resultados do mapeamento de uso/cobertura do solo da bacia de drenagem (Figura 1), foi possível observar uma tendência de aumento consistente da área urbana, de 1,1% em 1975, para 4,56% em 1995 e 10,38% em 2015. Já a área de Campo se manteve relativamente constante ao longo tempo, oscilando em torno de 44%. Por sua vez, a classe Vegetação caiu consideravelmente ao longo dos últimos 40 anos, declinando de 52% para 41,22%, entre os anos de 1975 e 2015, respectivamente. A área de mangue, uma das classes de menor área, foi reduzida de 1,39% em 1975 para 1,03%, em 1995 e finalmente para 0,86%, em 2015. Já a atividade de extração de areia foi expandida nos últimos 20 anos, apresentando valores percentuais de 0,21 em 1995 e 0,71, em 2015.

O declínio do mangue e da vegetação e o aumento da área urbana é explicado pelo expressivo crescimento populacional na bacia nas últimas décadas (ARAÚJO et al., 2017). O grande aumento da área de extração de areia, principalmente, no distrito areeiro Seropédica-Itaguaí, se deu devido à alta e crescente demanda da região metropolitana do Rio de Janeiro por esse mineral (MARQUES, 2006). Os resultados de PT do testemunho corroboraram os resultados dos mapeamentos de uso do solo. Conforme apresentado na Figura 2, registrou-se uma tendência ascendente de PT a partir de 1955, que está

relacionado à fertilização antropogênica das florestas de manguezais, como resultado do grande lançamento de esgoto na baía e da transposição do Rio Paraíba do Sul para o Rio Guandu (SEGOVIA, 2017). Esse aumento foi acompanhado paralelamente de uma expansão da área urbana e da supressão dos manguezais, devido à grande pressão populacional nas margens da baía e em outras áreas da bacia. O declínio nas taxas de acumulação de PT observado após 1990 é explicado pelas menores densidades nas camadas superficiais, resultante dos maiores teores de matéria orgânica (SEGOVIA, 2017).

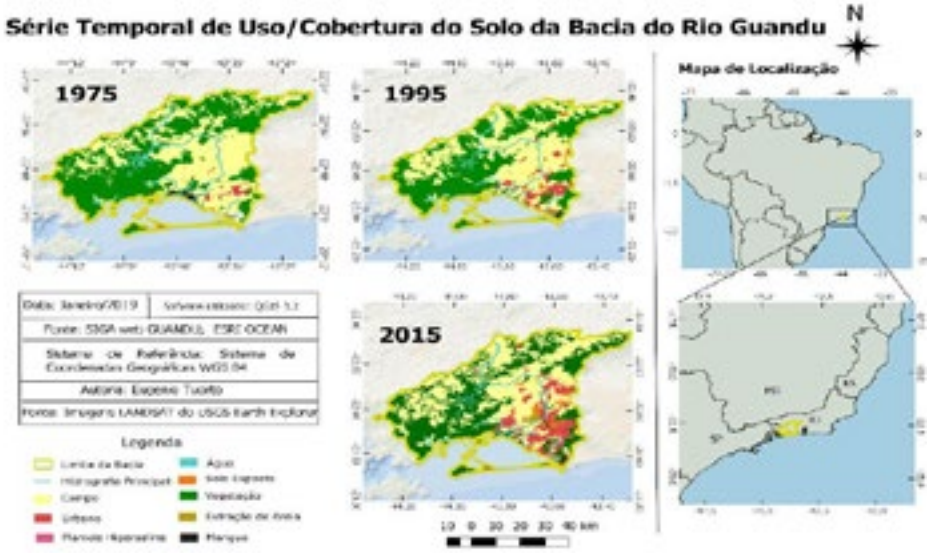


Figura 1 – Série temporal de mapeamentos de uso/cobertura do solo na área de estudo.

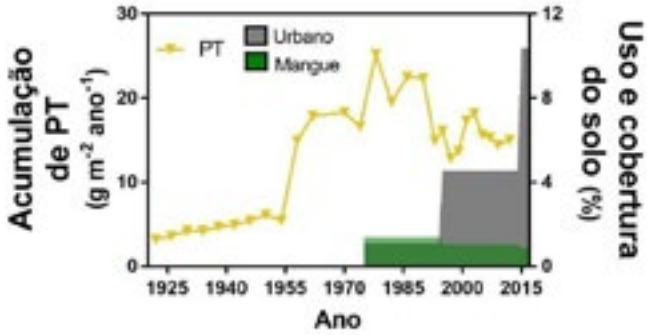


Figura 2 – Relação entre a acumulação de fósforo total (PT) e a variação dos percentuais das classes de uso e cobertura do solo "mangue" e "área urbana".

4. Considerações Finais

ISBN: 978-85-7282-778-2

A série histórica de 1975 a 2015, que representa um horizonte de 40 anos para análise, mostrou uma significativa variabilidade temporal do uso/cobertura do solo da bacia do rio Guandu (RJ). As análises tanto de geoprocessamento quanto de acumulação de PT no sedimento permitiram avaliar os crescentes efeitos da eutrofização antropogênica no manguezal, evidenciando diferenciados tempos de resposta que podem ser cruciais para melhorar as ações de planejamento e gestão urbano-ambientais na costa brasileira.

5. Agradecimentos

Ao Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal Fluminense (LAGEF) e ao Laboratório de Ecossistemas e Mudanças Globais (LEMG) que me deram suporte para construir o trabalho e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio no desenvolvimento do presente trabalho.

6. Referências Bibliográficas

ARAÚJO, D. F. et al. Assessing man-induced environmental changes in the Sepetiba Bay (Southeastern Brazil) with geochemical and satellite data. Comptes Rendus - Geoscience, v. 349, n. 6–7, p. 290–298, 2017.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Mapa de Geomorfologia CBH - Guandu. K2 Sistemas. Rio de Janeiro, 2015. Escala: 1:667000

FILHO, Décio Tubbs et al. Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim. Inea (Instituto estadual do ambiente). Rio de Janeiro, 2012, 340 p.

MARQUES, Eduardo Duarte. Hidrogeoquímica nas cavas de extração de areia na região do bairro piranema – Distrito Areeiro de Seropédica-Itaguaí – RJ. Dissertação de Mestrado Geoquímica UFF. Niterói, 2006.

SEGOVIA, Alexander Pérez. Fatores ambientais e antrópicos que controlam a acumulação de carbono em sedimentos de manguezal. Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Niterói, 2017.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. a; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human Domination of Earth's Ecosystems. Science, v. 277, n. 5325, p. 494–499, 1997.

WASSERMAN, J. C. et al. Elemental composition of sediment cores from a mangrove environment using neutron activation analysis. Journal of Geochemical Exploration, v. 72, n. 2, p. 129–146, 2001.

FAUZI et al.. 2014. "Eutrophication of Mangroves Linked to Depletion of Foliar and Soil Base Cations." Environmental Monitoring and Assessment 186 (12): 8487–98. doi:10.1007/s10661-014-4017-x.

WOODROFFE, C.D et al.. 2016. "Mangrove Sedimentation and Response to Relative Sea-Level Rise." Annual Review of Marine Science 8 (1): annurev-marine-122414-034025. doi:10.1146/annurev-marine-122414-034025.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

REMANESCENTE DE VEGETAÇÃO NATIVA, EUCALIPTAL E CARBONO RETIDO: MONTE ALEGRE DO SUL (SP)

Victor Grannier Bittencourt Pinto [(a)], Cristina Aparecida Gonçalves Rodrigues[(b)], Cristina Criscuolo [(c)], José Roberto de Miranda[(d)]

[(a)]Geografia/PUC-Campinas, victor.grannier@colaborador.embrapa.br, (b), (c), (d) Embrapa Territorial, cristina.rodrigues@embrapa.br; cristina.criscuolo@embrapa.br; jose-roberto.miranda@embrapa.br.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo: A proteção das florestas e o reflorestamento são eficientes armazenadores de carbono e sua prática poderia ser mais estimulada por políticas públicas locais, com ênfase no pagamento por serviços ambientais para geração de renda e remuneração do trabalho dos proprietários rurais que cuidam e aumentam a cobertura florestal. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso e cobertura das terras (classes florestas nativas e plantadas) de Monte Alegre do Sul (SP) que faz parte da rota turística do Circuito das Águas Paulista, e obter a estimativa de carbono armazenado nas florestas mapeadas (Floresta Ombrófila Densa e eucaliptais). Para quantificar o carbono armazenado em biomassa aérea, utilizou-se método indireto baseado em valores de referência da literatura. Para florestas primárias e secundárias contabilizadas em Monte Alegre do Sul estimou-se a quantia de 204,0 Gg C estocados em sua biomassa aérea e para a cultura de eucalipto, o valor de 9,3 Gg C.

Palavras chave: floresta, biomassa aérea, armazenamento, CO_2.

1. Introdução

Monte Alegre do Sul é um dos nove municípios que compõem o Circuito das Águas Paulista. Trata-se de uma rota turística das águas (rios, cachoeiras, nascentes, fontes hidrominerais terapêuticas), dos remanescentes de florestas naturais, do clima montanhoso agradável, da tranquilidade, do resgate da tradição de roça (costumes e gastronomia) e outros atrativos que fazem forte o turismo rural e ecoturismo regional. Em Monte Alegre do Sul,

além do turismo rural, prevalecem como outras atividades econômicas, a agropecuária e o reflorestamento com espécies de eucalipto, sobretudo em áreas que anteriormente existiam cafezais que deixaram de ser cultivados (Fuini, 2010).

As coberturas florestais de vegetação nativa remanescente (primária e secundária) e o reflorestamento contribuem não só para a manutenção da bela paisagem do Circuito das Águas Paulista, utilizada como produto turístico, mas atua também para a manutenção do microclima regional e para absorção de carbono (C). O sequestro ou absorção de C é um processo natural que ocorre por meio da fotossíntese durante a fase de crescimento das árvores, que absorvem o dióxido de carbono (CO_2) do ar e devolvem oxigênio para a atmosfera durante seu crescimento (Di Vita et al., 2017). Lennox et al. (2018) determinaram em florestas secundárias de 20 anos na Amazônia uma recuperação da biomassa florestal de 1,2% ao ano, o que correspondeu a um sequestro de carbono da atmosfera de 2,25 Mg por hectare por ano.

O objetivo desse trabalho foi mapear o uso e ocupação das terras de Monte Alegre do Sul, sobretudo da cobertura florestal e estimar os estoques de carbono disponíveis na biomassa viva acima do solo de florestas nativas primárias e secundárias, além das florestas plantadas de eucalipto.

2. Materiais e Métodos

O município de Monte Alegre do Sul (SP) está localizado no Vale do Camanducaia (SP) e tem 11.030,6 hectares de área (IBGE, 2019). Localiza-se entre as coordenadas 22º 40’ 57’’ Sul e 46º 40' 53’’ Oeste (figura 1) e tem altitude média de 750 metros (m) acima do nível do mar. Possui clima subtropical úmido - Cfa (classificação climática de Köppen) com temperatura média anual de 20,8ºC e precipitação pluvial média anual de 1.451,1mm, média dos anos de 2009 a 2019 (Ciiagro, 2019). A vegetação natural arbórea primária é classificada como Floresta Ombrófila Densa Montana (500m a 1500m de altitude) e a secundária de Vegetação Secundária de Floresta Ombrófila Densa Montana. O mapeamento do uso e cobertura das terras de Monte Alegre do Sul foi realizado por interpretação visual, por meio

ISBN: 978-85-7282-778-2

do software ArcGis 10.5 (ESRI, 2016) e imagens Sentinel-2A. As classes utilizadas nesse trabalho foram florestas nativas primárias, secundárias e plantadas. Para obter a estimativa do estoque de C por área, utilizou-se a metodologia de Ronquim et al (2016).

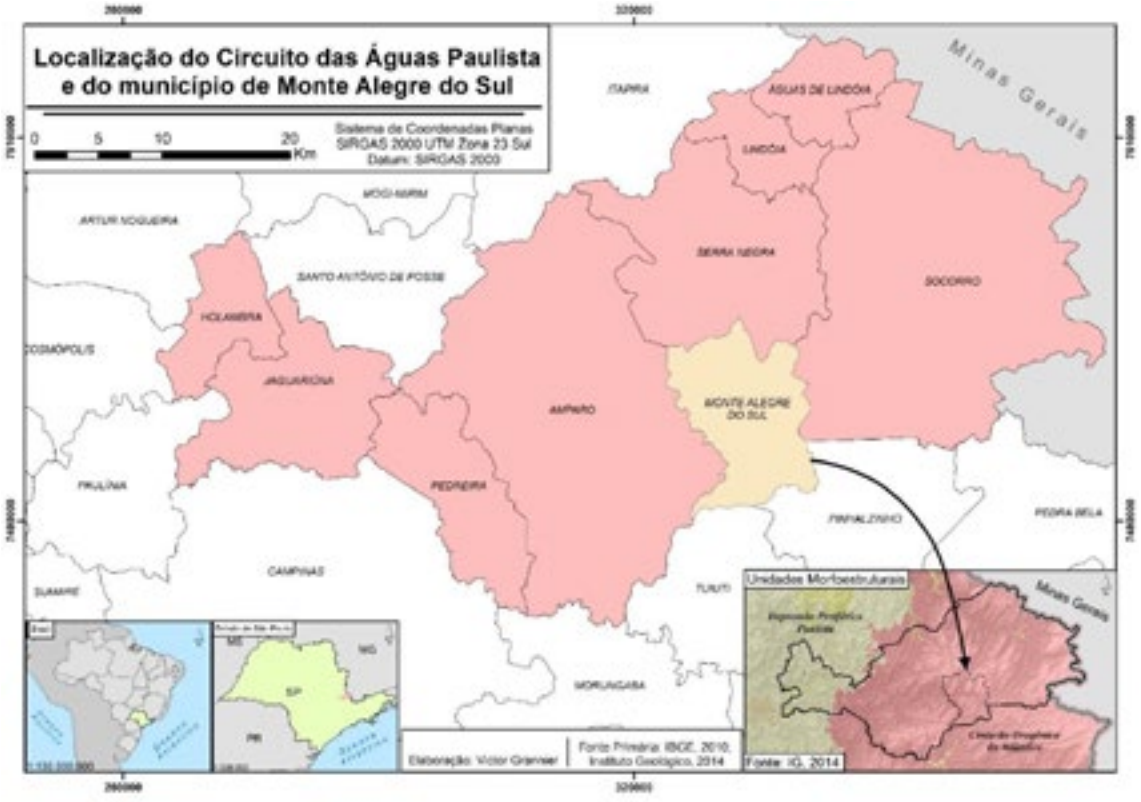


Figura 1. Localização de Monte Alegre do Sul (SP) no Circuito das Águas, no Estado de SP.

3. Resultados e discussões

Monte Alegre do Sul (SP) possui a maior área ocupada por vegetação arbórea entre os municípios do Circuito das Águas Paulista - UGRHI 05 – (São Paulo, 2013). A figura 2 apresenta as classes de florestas obtidas pelo mapeamento do uso e cobertura das terras em 2018. Foram determinados 2.802,0 hectares de remanescentes de Florestas Ombrófilas Densas primárias e secundárias o que representa 25,4% da área municipal (figura 2). O Inventário Florestal da Vegetação Nativa do Estado de SP de 2010 elaborado pelo Instituto Florestal (São Paulo, 2019) considerou 20,5% de área territorial coberta por Floresta Ombrófila Densa

ISBN: 978-85-7282-778-2

(2.275 ha), ou seja, de 2010 a 2018 houve um aumento aproximado de 527 ha em Monte Alegre do Sul (vegetação secundária). Quanto às florestas plantadas de eucalipto (*Eucalyptus* spp) foram identificados 859,6 ha de área plantada que representa 7,8% de área municipal (figura 2).

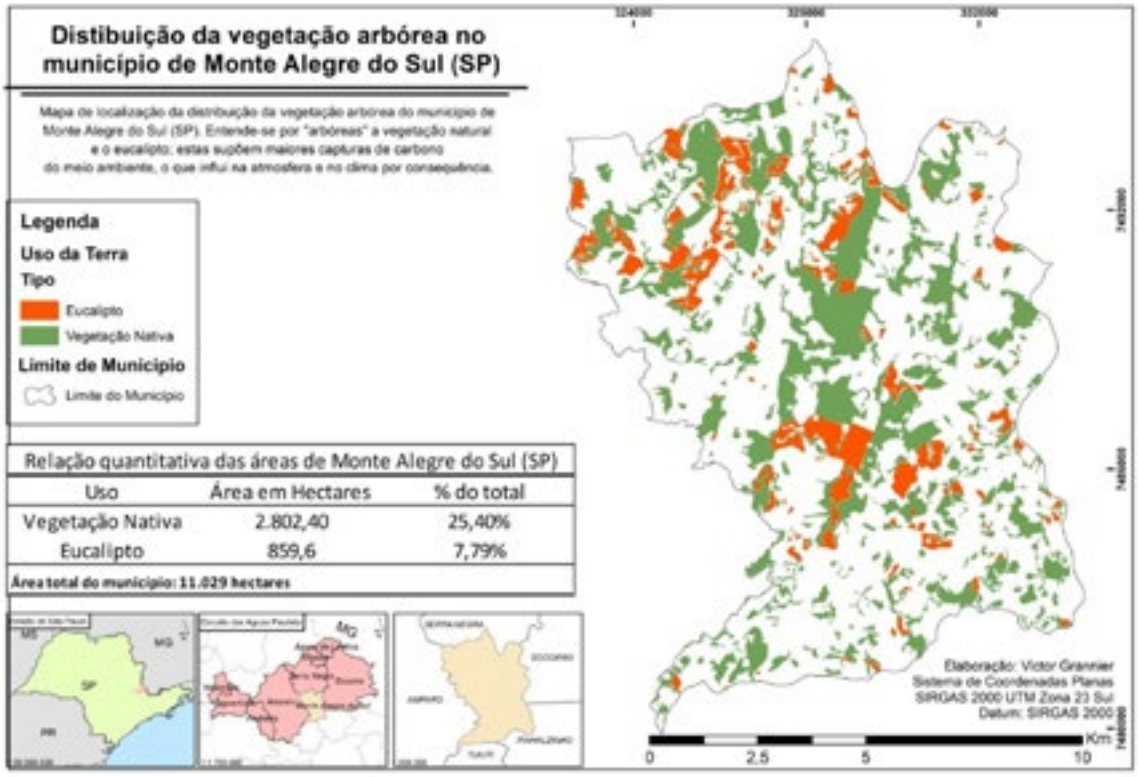


Figura 2. Uso e cobertura de florestas em Monte Alegre do Sul (SP).

O valor médio de estoque de C nas áreas de Floresta Ombrófila Densa encontrado por Ronquim et al., (2016) foi de 96,0 Mg C ha^{-1} para florestas nativas primárias e 49,5 Mg C ha^{-1} para florestas nativas secundárias. Portanto, estima-se que as florestas primárias e secundárias contabilizadas em Monte Alegre do Sul (média de 72,8 Mg C ha^{-1} para primárias e secundárias) têm estocadas em sua biomassa acima do solo a quantia de 204,0 Gg C em seus 2.802,4 ha. Para a cultura de eucalipto, o valor médio de estoque de carbono da literatura foi de 10,8 Mg C ha^{-1} (Ronquim et al., 2016). Assim, tem-se 9,3 Gg C em seus 859,6 ha plantados.

4. Considerações finais

Ferreira et al. (2018) consideraram que o reflorestamento e a proteção das matas são vistos como uma estratégia econômica viável de sequestro e armazenamento do carbono. Portanto, esses são importantes serviços ambientais para compensação aos proprietários rurais que aumentam a cobertura florestal em suas propriedades. E ainda, Ferreira et al. (2018) verificaram em pesquisa que, quanto mais carbono estocado nas florestas nativas, maior será a biodiversidade nas florestas em recuperação. Assim é importante que a biodiversidade também seja incorporada ao planejamento de conservação de carbono para garantir que as florestas sejam ecologicamente mais valiosas.

Referências Bibliográficas

CIIAGRO. **Centro integrado de informações agrometeorológicas**. Disponível em: http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/. Acesso: 11 jan. 2019.

DI VITA, G.; PILATO, M.; PECORINO, B.; BRUN, F.; D'AMICO, M. A Review of the Role of Vegetal Ecosystems in CO_2 Capture. **Sustainability**, v. 9, n. 10, p. 1840, 2017.

ESRI. Environmental Systems Research Institute. **Using ArcMap**. ESRI: Redlands, 2016.

FERREIRA, J.; LENOXX, G. D.; GARDNER, T. A.; THOMSON, J. R.; BERENGER, E.; LEES, A. C.; NALLY, R. M.; ARAGÃO, L. E. O. C.; FERRAZ, S. F. B.; LOUZADA, J.; MOURA, N. G.; OLIVEIRA, V. H. F.; PARDINI, R.; SOLAR, R. R. C.; VIEIRA, I. C. G.; BARLOW, J. Carbon-focused conservation may fail to protect the most biodiverse tropical forests. **Nature Climate Change**, v. 8. Ago. p. 744-749, 2018.

FUINI, L. L. **Manifestações da Governança territorial no Brasil**: uma análise do Circuito das Águas Paulista e do Circuito das Malhas do Sul de Minas Gerais. 2010. 191 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Rio Claro.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama>. Acesso em: 11 jan. 2019.

LENNOX, G. D.; GARDNER, T. A.; THOMSON, J. R.; FERREIRA, J.; BERENGUER, E.; LEES, A. C.; NALLY, R. M.; ARAGÃO, L. E. O. C.; FERRAZ, S. F. B.; LOUZADA, J.; MOURA, N. G.; OLIVEIRA, V. H. F.; PARDINI, R.; SOLAR, R. R. C.; VAZ-DE MELLO, F. Z.; VIEIRA, I. C. G.; BARLOW, J. Second rate or a second chance? Assessing biomass and biodiversity recovery in regenerating Amazonian forests. **Global change biology**, v. 24, n. 12, p. 5680-5694, 2018.

RONQUIM, C. C.; SILVA, R. F. B.; DE FIIGUEIREDO, E. B.; BORDONAL, R. O.; TEIXEIRA, A. H. C.; COCHARSKI, T. C. D.; LEIVAS, J. F. Carbon sequestration associated to the land-use and land-cover changes in the forestry sector in Southern Brazil. **Proceedings - SPIE**, v. 9998, p. 99981T-1-99981T-14, 2016.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Instituto Florestal**. Disponível em: <https://www.ambiente.sp.gov.br/sifesp/inventario-florestal/>. Acesso: 11 jan. 2019.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Mapeamento do uso e cobertura da terra da UGRHI 05 (PCJ) de 2013**. Disponível em: <https://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/mapa-de-uso-e-ocupacao-da-terra-ugrhi-5-pcj/>. Acesso em: 11 jan. 2019.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

REPRESENTAÇÃO ESPACIAL: UMA INTERFACE GEOAMBIENTAL, ANALÍTICA, VISUAL E GEOGRÁFICA

Renata Jordan Henriques[(a)]

[(a)] Doutoranda em Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, renatajhques@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A representação gráfica espacial por meio de croquis/ilustrações são um recurso para a análise dos fenômenos que ocorrem na superfície terrestre. As habilidades manuais que o desenho/ilustração proporciona favorecem a percepção do objeto pelo sujeito que investiga os fenômenos espaciais. Associados a essa percepção ainda pode ser conjugado ao uso de geotecnologias para refino de aspectos precisos matemáticos. Nesse contexto, este artigo objetiva apresentar possíveis potencialidades do uso de recursos visuais de forma analógica para a análise espacial, isto é, o desenho/ilustrações/blocos diagramas, além de realizar um breve panorama geral de sua evolução. Como metodologia foram consultadas referências na literatura, além de trabalhos de campo na região do Espinhaço Meridional, em Minas Gerais, e parte da Serra do Mar, no Rio de Janeiro. Como resultado, notadamente, essas representações qualitativas sugerem uma importante ferramenta em um estudo geográfico, que pode ser conjugado a métodos quantitativos de análises por meio de geotecnologias.

Palavras chave: Design gráfico; Cartografia; Geodesign; Bloco-diagrama

1. Introdução

A Geografia possui forte amparo na análise espacial dos fenômenos, que torna essencial que se utilize de linguagens, sobretudo, visuais para que se represente e analise aquilo que se investiga na superfície terrestre, sendo essa linguagem respaldada, sobretudo, pela cartografia. As diversas linguagens, dentre elas, a matemática, a verbal, a visual, a escrita e a musical, permitem a representação de uma realidade, isto é, as linguagens edificam a construção do pensamento por meio da criação de signos e sistemas simbólicos para estruturar e comunicar informações (COUTO, 2000). Conforme Paulet (2002) e Nakao (2005), cada

sujeito possui um sistema de filtros/lentes inerentes s si mesmo que o guia quando executa uma representação do mundo real. Quer dizer que a idade, ideologias, vivências, estado de espírito, época vivida, dentre uma infinidade de variáveis, interferem na maneira como o sujeito observa o mundo, logo, influencia na maneira como concebe o espaço e o representa, e, por conseguinte, como o analisa.

Nesse aspecto, este artigo tem como finalidade a apresentação, contextualização e discussões acerca do uso da representação espacial por meio da representação de croquis/ilustrações/blocos diagramas para a análise espacial no exercício do geógrafo, especialmente quando esse trata sobre componentes físicos do espaço. Para isso escolheu-se esse tipo de representação gráfica confeccionada de maneira manual, de punho. Esse é um tipo de representação espacial que utiliza, sobretudo, de recursos humanos para sua elaboração, podendo posteriormente ser incorporado a *softwares* de geotecnologias. Essa escolha se deve em razão de serem recursos que podem ser realizados durante o campo, além de poder desenvolver habilidades motoras, tanto de precisão ao realizar os traços, como também o exercício de observação de detalhes, estes essenciais para uma análise espacial.

2.Materiais e métodos

Para a realização desse trabalho, a pesquisa foi dividida em dois principais módulos: o primeiro dedicado a realizar um panorama geral histórico a representação espacial por meio das ilustrações/croquis para os estudos da superfície terrestre; e o segundo dedicado a apresentar exemplos práticos da aplicabilidade para esses materiais gráficos. Para o primeiro módulo, portanto, foram consultadas literaturas clássicas e contemporâneas acerca do uso, sobretudo, dos blocos-diagramas para ilustrar/analisar um dado fenômeno espacial.

Para o segundo módulo, por sua vez, são apresentados alguns exemplos publicados em manuais de geomorfologia, além de se confeccionar representações gráficas tridimensionais a partir de fotos que foram realizadas durante trabalhos de campo. Esses

ISBN: 978-85-7282-778-2

materiais gráficos são baseados no Espinhaço Meridional, em Minas Gerais, além da Serra do Mar, no Rio de Janeiro. Para a elaboração desses materiais, portanto, foi utilizado ainda o software CorelDRAW X8 para realizar a vetorização digital sobre as fotografias selecionadas.

3. Blocos-diagramas e ilustrações: uma contextualização histórica

O uso de representações espaciais da superfície terrestre são um recurso utilizado de maneira recorrente ao longo da história. Segundo Wheate (1996) citado por Vieira (2005), há pelo menos três principais momentos que podem ser compartimentados, sendo o primeiro denominado de Época da Renascença (por volta de 1450~1800), cuja representação da superfície era dada principalmente por observações e técnicas de pintura/ilustração, porém, sem tanta exatidão de medidas reais matemáticas. Notadamente, nesse período a pintura é uma das principais formas de registros. A Figura 1A lustra a erupção do Vesúvio em 1631, enquanto a Figura 1B corresponde à erupção do Monte Etna, em 1669, que culminou em 15.000 vítimas.

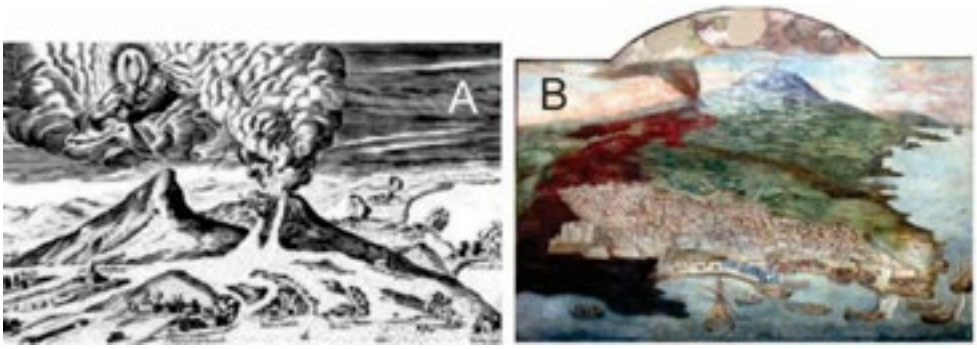


Figura 1: Em A erupção do Vesúvio em 1631, em B erupção do Monte Etna em 1669.
Fonte: Adaptado do site "http://historyofgeology.fieldofscience.com/2016/" (2016).

O segundo momento é denominado Época Analógica/Tradicional (por volta de 1801-1980), em que foram inseridas as linhas isarítmicas, isto é, as curvas de nível foram colocadas como tipo de técnica padrão em substituição às hachuras. Juntamente às técnicas de curvas de nível, a produção das representações gráficas também incluiu cores hipsométricas e sombreamento, sendo o detalhamento dependente da experiência de quem confeccionava os

croquis (WHEATE, 1996, citado por VIEIRA, 2005). Dentro desse período é possível encontrar a maior expressão da confecção de blocos diagramas esquemáticos, que não tinha preocupação em reproduzir medidas precisas, porém, se preocuparam também em ilustrar processos e fenômenos geomorfológicos reais (Figura 2).

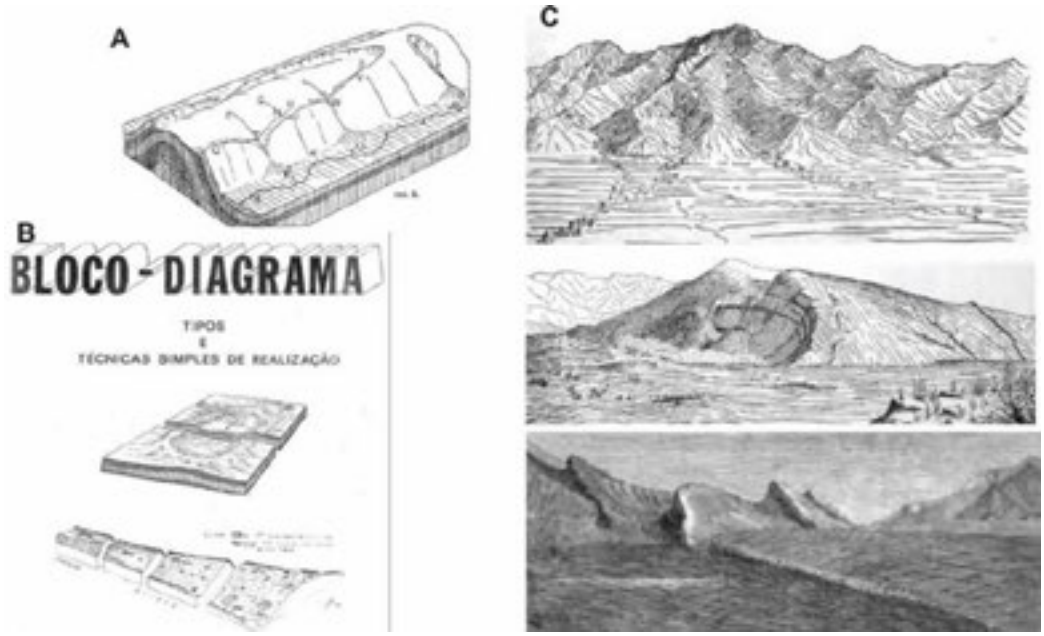


Figura 2: Exemplos de representações espaciais da superfície terrestre.
Fonte: A: Davis (1899); B: Deveau (1982); C: Gilbert (1877)

Por fim, o terceiro momento é a Era Digital segundo Wheate (1996) citado por Vieira (2005), iniciada a partir de 1980, cujo período é marcado não somente para a elaboração de um produto final cartesiano da superfície terrestre, mas também pela inserção de realizar cálculos e quantificações por meio de geotecnologias. Nesse último momento, por vezes, são os *softwares* que geram representações gráficas tridimensionais da superfície terrestre, e não o sujeito que realize traços ilustrativos de próprio punho (Figura 3).

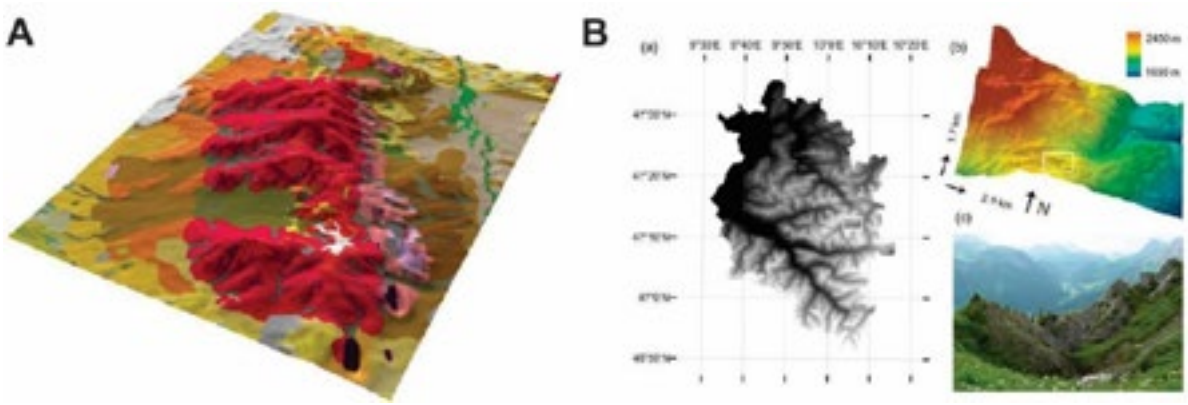


Figura 3: Modelos tridimensionais gerados por meio de geotecnologias.
Fonte: Adaptado de Smith et al., 2011.

A definição desses três principais períodos é dada conforme agrupamentos de características recorrentes e reconhecidas, sendo que atualmente estar na Era Digital não implica necessariamente em somente se utilizar modelos matemáticos. No cenário atual nota-se a recorrência do uso de geotecnologias para tratar um vasto volume de dados da superfície terrestre, todavia, também existem representações gráficas tais como ocorriam, sobretudo, no período da Era Analógica/Tradicional (Figura 4).

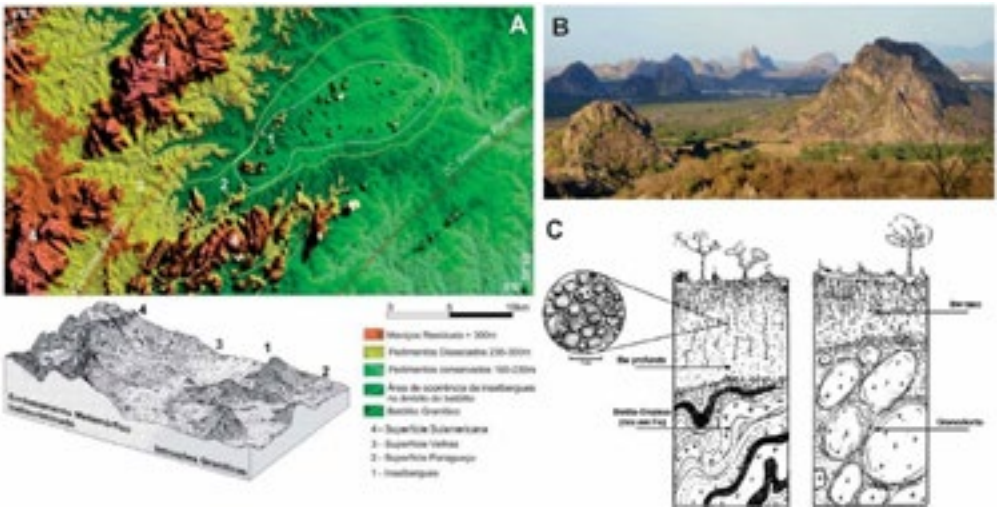


Figura 4: Exemplos de associação entre representações digitais e analógicas.
Fonte:A e B adaptado de Maia et al., 2015; C Schaefer (2013).

ISBN: 978-85-7282-778-2

4.Representações espaciais manuais como instrumento de análise do espaço geográfico

4.1 Curvas de nível, o bloco-diagrama e a análise espacial

Na confecção de um bloco-diagrama/croqui, o campo, muitas vezes, auxilia nessa percepção de detalhe sobre as formas da superfície. As curvas de nível, por sua vez, podem ser um dos elementos da superfície terrestre passíveis de serem representados e que auxiliam nas mais variadas aplicações de estudos ambientais. Muitas vezes, os dados disponíveis para se analisar um determinado fenômeno na superfície demandam detalhamentos cujos dados acessíveis não são capazes de suprir. Por exemplo, investigações vertentes de extensões por volta de 100m, a depender do trabalho, demandam que se haja os dados sutis de rupturas de declives locais. Rupturas, estas, que não são percebidas na maioria dos dados atualmente disponíveis, tais como o SRTM (90x90m), o AsterGDEM (30x30m), ou mesmo o AlosPALSAR (12,5x12,5m).

Portanto, sugere-se que a elaboração de curvas de nível, sobretudo, pela percepção em campo e por imagens auxiliam a interpretações preliminares sobre os fenômenos observados. Notadamente, elaborar curvas de nível em campo não implica em exatidões matemáticas, contudo, a percepção do observador que investiga seu fenômeno na superfície terrestre pode ser aguçada e favoreça um exercício mental de compreender e olhar como as formas podem indicar processos e fenômenos.

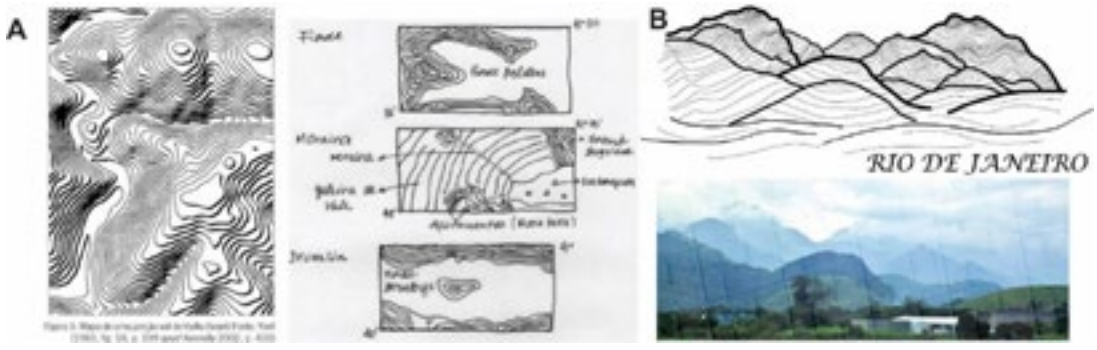


Figura 5: Curvas de nível que transcrevem feições reais.
Fonte: A: adaptado de Souza e Valadão (2013); B: Elaborado pelo autor.

A Figura 5 são exemplos de representações de curvas de nível, sendo na Figura 5A representações de variadas morfologias da superfície. A Figura 5B, por sua vez, corresponde à transcrição de curvas de nível a partir de fotos e observações realizadas em campo na região da Serra do Mar, no Rio de Janeiro. Nota-se que noções de diferenças e amplitudes de cotas altimétricas auxiliam na confecção do desenho dos modelos, bem como refinam o olhar para quando se utilizar de recursos geotecnológicos em gabinete.

Em grandes centros urbanos, por vezes, ocorrem problemáticas relacionadas à ocupação indevida de áreas susceptíveis a processos naturais. Um exemplo recorrente é a ocupação de fundos de vales e suas respectivas planícies fluviais naturais. Conforme Rocha (2011), a planície de inundação é uma feição deposicional sedimentar de um curso fluvial associado a um regime climático/hidrológico em uma bacia hidrográfica.

Em condições naturais, os processos de formação de planícies de inundação possuem uma dada dinâmica, enquanto que no meio urbano, por sua vez, percebe-se que o sistema hidrológico ocorre, muitas vezes, de maneira bastante distinta daquela em condições naturais. Isto é, morfologicamente as águas continuam a drenar para fundos de vales, contudo, o processo de urbanização altera a dinâmica fluvial natural. Essa alteração pode modificar a dinâmica de cheias e enchentes que, por vezes, implica em desastres para os habitantes das cidades (HENRIQUES, 2016).

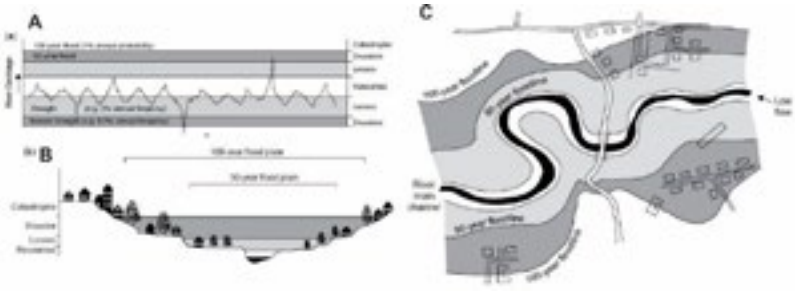


Figura 7: Dinâmica de inundação de planícies e intercessão com o meio urbano.
Fonte: Adaptado de Fookes et al., 2007.

A Figura 7A corresponde à magnitude e intensidade de fenômenos associados às descargas hídricas e seu respectivo extravasamento para as margens adjacentes. Em condições naturais, segundo Fookes et al. (2007), o sistema hidrológico varia ao longo do tempo, nas quais ocorrem eventos catastróficos de seca ou inundações severas. Isso significa que ainda que seja realizado um planejamento, ainda assim podem ocorrer grandes desastres associados a essa recorrência de longo prazo.

As Figuras 7B e 7C, por sua vez, revelam possíveis abrangências desses fenômenos ao longo do tempo que indica que mesmo havendo um planejamento urbano adequado às condições físicas, ainda assim podem ocorrer desastres. Contudo, há exemplos de desastres urbanos por planícies fluviais indevidamente ocupada, como exemplo o município de Belo Horizonte em Minas Gerais (HENRIQUES, 2016), cujas precipitações comuns e regulares são capazes de causar grandes desastres de maneira recorrente. Nesse aspecto, um estudo geral e preliminar da morfologia do terreno, sobretudo por meio de croquis e variações visuais de cotas altimétricas seriam suficientes para, talvez, as consequências fossem menos severas.

4.2 Voçorocas e a erosão acentuada: uma necessidade do olhar calibrado

A erosão é um processo geomorfológico que impacta, geralmente, de maneira negativa a ocupação humana. Voçorocas é um tipo de erosão de grande amplitude e magnitude, cujo terreno em que ocorrem dificulta sua destinação para algum uso e/ou ocupação. As medidas de mitigações são variadas e por vezes são necessárias grandes intervenções de obras de engenharia para reconfigurar os materiais e selá-los para que os materiais não se mobilizem. Porém, antes de se realizar qualquer intervenção, é necessário investigar os processos, os materiais, o tempo, a magnitude espacial e o conjunto de fatores envolvidos.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Nessa etapa envolve o planejamento de campo, a geração de dados, a contextualização histórica da área, bem como demais fatores condicionantes do relevo. Portanto, técnicas como a aerofotogrametria podem ser instrumento para geração de curvas de nível de detalhe centimétrico, ou seja, curvas de nível de bom detalhamento permitem identificar trechos de movimentação de massa local em alguma das margens, identificar caminhos preferenciais de escoamento das águas superficiais e/ou subsuperficiais, além de poder determinar quanto de materiais que já foi perdido.

Como os recursos para se realizar uma fotogrametria, por vezes, são escassos, por depender de operação de voo com avião ou aeronaves não tripuladas, os croquis e ilustrações feitas pela percepção espacial em campo podem fornecer indicadores com maior detalhamento que os modelos matriciais disponíveis, que são, geralmente, de resolução por volta de 30m. A Figura 6 é uma maneira de se usar da representação espacial por meio da ilustração/croqui para análise do fenômeno, associado a trabalhos pré-existentes. Ao se realizar a representação manual do traçado dos sulcos e ravinamentos, bem como as bordas das voçorocas, há um desenvolvimento da percepção sobre possíveis fenômenos e processos. Ou seja, tal observação permite ao sujeito que sejam observados detalhes morfológicos que, por ventura, passariam desapercebidos durante uma análise automatizada em um *software*.

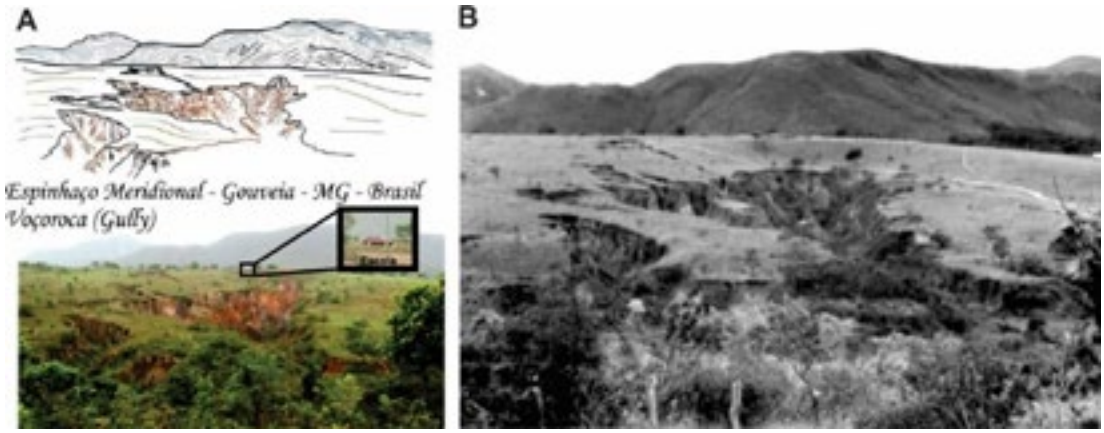


Figura 6: Voçoroca no Espinhaço Meridional, Minas Gerais, e formas de sua apresentação.
Fonte: A elaborado pelo autor; B Augustin e Aranha (2006).

A voçoroca retratada é uma das maiores existentes no município de Gouveia, Minas Gerais, no planalto do Espinhaço Meridional. Na região ocorre uma multiplicidade de voçorocas, dos mais variados tamanhos e formas, sendo o contexto histórico indicando que houve, de certo modo, interferência antrópica durante o período da mineração de diamantes, porém, juntamente a fatores naturais potencializados pelas ações antrópicas (AUGUSTIN e ARANHA, 2006).

4. Considerações finais

O uso de ilustrações gráficas de confecção de próprio punho é um recurso utilizado desde os primórdios da representação de fenômenos espaciais. A curva de nível é uma das principais técnicas de representação tridimensional da superfície terrestre que revela bastantes características da organização morfológica e respectivos processos e fenômenos. A representação gráfica da superfície terrestre não é um tipo de dado quantitativo/matemático, mas sim um dado que traduz muito da observação do investigador sobre a superfície terrestre. Tal observação é permeada de um arcabouço teórico/conceitual associado a um sistema de filtros conforme apresentado por Paulet (2002) e Nakao (2005). O exercício de representar visualmente algo na superfície auxilia na percepção de quem analisa um determinado fenômeno, sobretudo, quando variáveis física/naturais culminam em fortes reflexos para a organização espacial.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de Doutorado do Programa de Excelência Acadêmica, número 88882.184275/2018-01, que possibilitou a dedicação exclusivas a pesquisas na universidade para além do objeto de estudo da tese.

3. Referências Bibliográficas

AUGUSTIN, C.H.R.R.; ARANHA, P.R.A. A ocorrência de voçorocas em Gouveia, MG: características e processos associados. **Geonomos**, v.14, n.1,2 p.75-86, 2006.

COUTO, R.C. **A escolarização da linguagem visual: uma leitura dos documentos ao professor**. 2000. 160f. Dissertação (Mestrado em Educação e Linguagem) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

DAVEAU, S. **Bloco-diagrama: tipos e técnicas simples de realização**. Centro de Estudos Geográficos: Lisboa, 17p. 2ª tiragem, 1982.

DAVIS, W.M. **The geographical cycle**. The Geographical Journal. v.14, n. 5, p. 481-504, 1899.

FOOKES, P.G.; LEE, E.M.; GRIFFITHS, J.S. **Engineering Geomorphology: Theory and Practice**: Part 3: Rivers, 22 The Drainage Basin. Whittles Publishing CRC Press LLC, 307p., 2007.

FONSECA, B. M. **Conceitos e Práticas de Geodesign Aplicados ao Ordenamento Territorial do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo**. 2015. 224f. Tese (Doutorado em Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

GILBERT, G.K. **Report on the Geology of the Henry Mountains**. Department of the Interior U.S. Geographical and Geological Survey of the rocky Mountain Region; Washington: Government Printing Office, 1877.

HENRIQUES, R.J. Aspectos geomorfológicos que influenciaram (e influenciam) a ocupação urbana histórica de Belo Horizonte em Minas Gerais. **Revista de Geografia**, PPGEO - UFJF, Juiz de Fora, v.6, n.4, p.363-376, 2016.

HISTORY OF GEOLOGY **Field of science**. Disponível em: < http://historyofgeology.fieldofscience.com/2016/ >. Acesso em 20 nov. 2018.

MAIA, R.P.; NASCIMENTO, M.A.L.; BEZERRA, F.H.R.B.; CASTRO, H.S.; MEIRELES, A.J.A.; ROTHIS, L.M.; Geomorfologia do campo de inselbergs de Quixadá, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, n.2, 2015.

MILLER, W.R. **Introducing Geodesign: The Concept**. Director of GeoDesign Services: Esri. USA, 2012.

MUNARI, B. **Design e comunicação visual: contribuição para uma metodologia didática**. Trad. Daniel Santana. 13 Ed. Lisboa: Edições 70, 324p., 2014.

NAKAO, J. **A costura do invisível**. São Paulo: SENAC-SP, 202p. 2005.

PAULET, J.P. **Les représentations mentales em géographie**. Oaris, Anthrops, coll. Géographie. 152p. 2002.

ROCHA, P.C. Sistemas rio-planície de inundação: geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. **Caderno Prudentino de Geografia**, n.33, v.1, p.50-67, 2011.

SCHAEFER, C.E.G.R. Bases físicas da paisagem brasileira: estrutura geológica, relevo e solos. **Tópicos Ciências do Solo**, v.8 p.221-278, 2013.

SMITH, M.J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J.S. **Geomorphological mapping**. Elsevier: Earth Surface Processes 15, Series Editor: Shroder Jr, J.F. 661p., 2011.

SOUZA, C.J.O.; VALADÃO, R.C. Visualização e representação espaciais no ensino de Geomorfologia. **TERRÆ DIDATICA**, v.9, n.2, 105-113p., 2013.

STEINITZ C. A **Framework for Geodesign: Changing Geography by Design**. 1. ed. Redlands, CA: ESRI Press,2012. 360p.

VIEIRA, E.F.C. **O bloco-diagrama na representação do relevo no 1º ano do Ensino Médio: uma análise a partir dos recursos cartográficos presentes em livros didáticos de geografia**. 2005. 121f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

WHEATE, Roger. Re-examinig the Cartographic Depiction of Topography. In: WOOD, C.H.; KELLER, C.P.. **Cartographic design: theoretical and pratical perspectives**. New York: John Wiley & Sons, Inc., cap. 12, p. 147-155, 1996.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

RETROPARAMETRIZAÇÃO DO MODELO SHALSTAB PARA PREVISÃO DE ESCORREGAMENTOS

João Paulo de Carvalho Araújo [(a)], Leonardo Sattler Cassará [(b)], Renato Fontes Guimarães [(c)], Nelson Ferreira Fernandes[(d)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, jpaulo_geo@hotmail.com
[(b)] Departamento de Geografia , Universidade Federal do Rio de Janeiro, leocassara@igeo.ufrj.br
[(c)] Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, renatofg@unb.br
[(d)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A modelagem determinística de previsão de escorregamentos translacionais demanda parâmetros geotécnicos do solo, muitas vezes difíces de serem obtidos. Este trabalho apresenta uma rotina de retromodelagem automatizada para estimar valores dos parâmentros do solo no modelo SHALSTAB. A rotina foi implementada em MATLAB e inclui métodos automatizados de validação e ranqueamento dos resultados. Os procedimentos de modelagem foram aplicados nas bacias piloto do Quitite e Papagaio, na cidade do Rio de Janeiro, produzindo 17.010 resultados e 68.040 validações.

Palavras chave: Movimentos de massa, Retromodelagem, SHALSTAB

1. Introdução

Escorregamentos são fenômenos controlados por leis mecânicas e podem ser modelados empiricamente, estatisticamente ou por métodos determinísticos (GUZZETTI *et al.*, 1999). Modelos determinísticos, particularmente os modelos desenvolvidos sobre bases físicas, apresentam a vantagem de estarem respaldados pelas leis físicas que controlam a

estabilidade das encostas e proporcionam, desta forma, uma melhor informação quantitativa (Safaei *et al.*, 2011).

O modelo SHALSTAB (*Shallow, Landslide Stability Model*) (MONTGOMERY e DIETRICH, 1994) é um dos modelos físicos de estabilidade mais utilizados mundialmente (FERNANDES, 2016; VIEIRA e MARTINS, 2016). O SHALSTAB combina um modelo hidrológico "*steady state"* com um modelo de estabilidade baseado na teoria do talude infinito e pode ser descrito pela equação 1.

$$\frac{q}{T} = \frac{b}{a}.\sin\theta \left[\frac{\rho_s}{\rho_w}.\left(1 - \frac{\tan\theta}{\tan\Phi}\right) + \frac{C'}{(\cos\theta^2).\tan\Phi.\ \rho_w.g.z}\right] \qquad \text{Eq. 1}$$

Onde: q [m/d] é a taxa de recarga uniforme; T [m²/d] é a transmissividade do solo; a [m²] = é a área de contribuição a montante; b [m] é o comprimento de contorno; ρ_w [1000kg/m³] é a massa específica da água; ρ_s [kg/m³] é a massa específica do solo úmido; θ [graus] é o ângulo da encosta; ϕ [graus] é o ângulo de atrito interno do solo; C [N/m²] é a coesão total; g [9,8m/s²] é a aceleração da gravidade; z [m] é a espessura do solo.

Os parâmetros distribuídos "ângulo de encosta θ" e "área de contribuição a" são facilmente obtidos do modelo digital do terreno (MDT). Entretanto, os parâmetros do solo "ρ_s, z, C e ϕ" são obtidos através de trabalhos de campo e análises laboratoriais e, portanto, demandam tempo, esforço de pesquisa e investimentos financeiros.

Este trabalho apresenta uma rotina de retromodelagem automatizada, que combina listas dos intervalos dos parâmetros do solo no modelo SHALSTAB. A rotina inclui diferentes métodos automatizados de validação e ranqueamento dos resultados. O número de resultados possíveis é equivalente ao número de combinações proporcionadas pelas listas. A rotina de retromodelagem automatizada é adequada para as seguintes situações: i) ausência de dados de campo na área de estudo. Neste caso, os parâmetros do solo são obtidos por revisão bibliográfica; ii) em situações onde o pesquisador, de posse dos dados obtidos em campo e em laboratório, medidos em diferentes locais na área de estudo, deseje encontrar, dentro dos intervalos medidos, a combinação dos parâmetros do solo que melhor respondam aos cenários de instabilidade.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Área de Estudo

Foram selecionadas duas bacias piloto, denominadas bacias dos rios Quitite e Papagaio (5,4 km²), localizadas na cidade do Rio de Janeiro, na parte oeste do Maciço da Tijuca. Em fevereiro de 1996, a área de estudo foi atingida por chuvas de 380mm, em menos de 24h, que deflagraram centenas de escorregamentos translacionais (GEORIO, 1996).

Dentre os muitos trabalhos realizados na área de estudo, (GUIMARÃES *et al.*, 2003) combinaram dos parâmetros ϕ, ρ_s e C'/z (125 combinações) a fim de obter o melhor resultado no modelo SHALSTAB. A melhor combinação foi: ϕ = 45°; ρ_s = 1.500 kg/m³; e C'/z = 2 kPa/m.

3. Materais e Métodos

3.1 Pré Processamento

Um modelo digital do terreno (MDT) pré-rutpura foi produzido a partir de uma base de dados LIDAR (*Ligth Detection And Ranging*) (2m), adquirida pela Fundação Instituto de Geotécnica "Geo-Rio", amplamente discutida por (Barbosa, 2015). O ângulo da encosta e a área de contribuição foram calculados pelo *software* livre SAGA (Conrad *et al.*, 2015). A área de contribuição foi calculada pelo algoritmo de fluxo múltiplo (QUINN *et al.*, 1991). Para mais detalhes sobre o MDT pré ruptura, consultar (Araújo, Cassrá*, et al.*, *in prep.-a*).

3.2 Implementação do Modelo SHALSTAB

O modelo SHALSTAB (Eq. 1) foi implementado em MATLAB (*MATrix LABoratory*). Os parâmetros do solo utilizados nas listas de intervalos, nas múltiplas modelagens, foram obtidos em locais com características físicas/ambientais semelhantes à área de estudo, ou na própria área de estudo (COSTA Nunes, 1969; DE PLOEY, 1979; DE CAMPOS, 1992; De CAMPOS *et al.*, 1997; GOMES *et al.*, 2016; SEEFELDER *et al.*, 2017; ARAÚJO*, et al.*, *in prep.*): (ϕ = 25°, 27.5°, 30°, 32.5°, 35°, 37.5°, 40°, 42.5° e 45°; ρ_s = 1.000, 1.200, 1.400, 1.600, 1.800, 2.000, 2.200, 2.400 e 2.600 kg/m³; C' = 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20,

ISBN: 978-85-7282-778-2

22, 24 kN/m², onde *C'*é a coesão efetiva; z = 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 15 m).

3.3 Validação dos Resultados

Os mapas de susceptibilidade gerados pela rotina de múltiplas modelagens foram validados e ranqueados automaticamente. O método de validação utilizado foi o Índice de Ajuste (I.A) entre o mapa de cicatrizes e as áreas mais instáveis de cada modelo de susceptibilidade (GUIMARÃES *et al.*, 2003), de acordo com a equação 2.

$$\text{I.A} = PMC/PC \qquad \text{Eq. 2}$$

Onde, *PMC* é o número de *pixels* instáveis do modelo localizados nas cicatrizes e *PC* é o número total de *pixels* nas cicatrizes.

O I.A utiliza apenas uma parte dos dados em cada teste, a saber 5%, 10%, 20% e 30% dos *pixels* mais instáveis (maiores valores de Log *q/T*) de cada mapa de susceptibilidade produzido. O ranking final é obtido por uma média aritmética das colocações de cada mapa das diferentes faixas percentuais. Para mais informações as etapas da modelagem, consultar (CASSARÁ *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, *in prep.-b*).

4. Resultados e Discussões dos Resultados

A rotina automatizada de múltiplas modelagens produziu 17.010 combinações entre os parâmetros do solo e realizou 68.040 validações pelo método de I.A. O melhor resultado foi obtido pelas combinações entre os parâmetros ϕ 25°, ρ_s 1.200 kg/m³, *C'* 18 kN/m² e *z* 11m.

Os resultados apresentados diferem daqueles obtidos por Guimarães *et al.* (2003) pelas seguintes razões metodológicas: i) os autores supracitados utilizaram um MDE 1:10.000 produzido por técnica de restituição aerofotogramétrica; ii) as técnicas de mapeamento de cicatrizes diferem daquelas utilizadas neste trabalho; iii) este trabalho utiliza rotinas automatizadas e, portanto, realizou maior número de combinações entre os parâmetros do solo.

5. Conclusões

Não raro, na modelagem física de estabilidade, há a necessidade de testar diferentes cenários para escolher o mais adequado ao mundo real (validação utilizando as cicatrizes). Este trabalho apresenta soluções automatizadas para produzir diferentes cenários de susceptibilidade a escorregamentos, utilizando listas dos parâmetros do solo. Entretanto, os parâmetros do solo apresentados nesse trabalho (melhor combinação) ainda precisam ser validados em campo e em laboratório.

6. Bibliografia

ARAÚJO, J. P. C. et al. Comparação entre modelos digitais de terreno pré-ruptura e pós-ruptura na análise da estabilidade de encostas utilizando um modelo determinístico. *in prep.-a*.

_____. Parametrização automática das propriedades do solo de um modelo determinístico para previsão de escorregamentos translacionais: estudo de caso das bacias do Quitite e Papagaio na cidade do Rio de Janeiro., *in prep.-b*.

ARAÚJO, J. P. C.; GOMES, G. J. C.; FERNANDES, N. F. Levantamento em campo da espessura do regolito e discretização em laboratório do saprolito e do solo pedogenético nas bacias do Quitite e Papagaio, na cidade do Rio de Janeiro. *in prep.*

BARBOSA, L. S. **Avaliação de Modelos Digitais do Terreno por escaneamento a laser (LIDAR) no Maciço da Tijuca, RJ**. 2015. 107 Mestrado (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro.

CASSARÁ, L. S.; ARAÚJO, J. P. D. C.; FERNANDES, N. F. **Contrução de uma rotina automatizado de previsão e validação de escorregamentos: aplicação do modelo SHALSTAB - in press**. XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada (SBGFA). Fortaleza, CE**:** 5 p. 2019.

CONRAD, O. et al. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. **Geosci. Model Dev.,** v. 8, n. 7, p. 1991-2007, 2015. ISSN 1991-9603.

COSTA NUNES, A. J. Landslides in soils of decomposed rock due to intense rainstorms., 7th Int. Confer. on Soil Mech. and Found. Eng., 1969, Mexico. p.547-554.

DE CAMPOS, T. M. P., ANDRADE, M.H.N. E VARGAS JR., E.A. Unsaturated Colluvium Over Rock Slide in a Forested Site in Rio de Janeiro. 6th International Symposium on Landslides, 1992, Christchurch. p.1357-1364.

DE CAMPOS, T. M. P. et al. **Instabilization factors of the residual soil slope in Nova Friburgo**. II PSL COBRAE: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro (BR). 2**:** 967–975 p. 1997.

DE PLOEY, J., AND CRUZ, O. **Landslides in the Serra do Mar, Brazil**. Catena. 6**:** 111-122 p. 1979.

FERNANDES, N. F. Modelagem em Geografia Física: Teoria, Potencialidades e Desafios. **Espaço Aberto,** v. 6, n. 1, p. 209-247, 2016. ISSN 2237-3071.

GEORIO. **Estudos geológico-geotécnicos a montante dos condomínios capim melado e vilarejo, Jacarepaguá**. Fudação Instituto de Geotécnica -GEORIO. Órgão da Secretaria Municipal de Obras da cidade do Rio de Janeiro -RJ. 1996

GOMES, G. J. C. et al. **In-situ regolith depth measurements by DPL tests**. XVIII Brazilian Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering. The Sustainable Future of Brazil goes through our Minas. COBRAMSEG 2016. Belo Horizonte, MG. 2016.

GUIMARÃES, R. F. et al. Parameterization of soil properties for a model of topographic controls on shallow landsliding: Application to Rio de Janeiro. **Engineering Geology,** v. 69, n. 1-2, p. 98-108, 2003.

GUZZETTI, F. et al. Landslide Hazard Evaluation: A Review of Current Techniques and their Application in a Multi-Scale Study, Central Italy. **Geomorphology,** v. 31, p. 181-216, 1999.

MONTGOMERY, D. R.; DIETRICH, W. E. A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. **Water Resources Research,** v. 30, n. 4, p. 1153-1171, 1994.

QUINN, P. et al. The prediction of hillslope paths for distributed hydrological modeling using digital terrain models. **Hydrological Processes,** v. 5, p. 59-79, 1991.

SAFAEI, M. et al. Deterministic Rainfall Induced Landslide Approaches, Advantage and Limitation **EJGR,** v. 16, p. 1619-1650, 2011.

SEEFELDER, C. L. N.; KOIDE, S.; MERGILI, M. Does parameterization influence the performance of slope stability model results? A case study in Rio de Janeiro, Brazil. **Landslides,** v. 14, n. 4, p. 1389-1401, August 01 2017. ISSN 1612-5118.

VIEIRA, B. C.; MARTINS, T. D. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online),** v. 20, n. 1, p. 194-206, 2016. ISSN 2179-0892.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À ANÁLISE DAS MUDANÇAS NA COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO GURGUÉIA (PIAUÍ)

Reurysson Chagas de Sousa Morais [(a)], Marta Celina Linhares Sales [(b)]

[(a)] Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia, Instituto Federal do Piauí, reurysson@ifpi.edu.br
[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, mclsales@uol.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo deste trabalho foi analisar o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e pretérita da bacia hidrográfica do Alto Gurguéia com uso de imagens da satélite Landsat. Para tanto, calculou-se o Índice de Cobertura Vegetal através do cálculo da diferença entre os valores do Índice de Vegetação Ajustada ao Solo (Soil Adjusted Vegetation Index - SAVI) referente aos anos de 1984 e 2016. Os resultados apontaram que 77,9% da área da bacia apresenta nível muito alto de semelhança da vegetação entre as datas analisadas. As maiores discrespâncias ocorreram nas regiões de planaltos e chapadas devido a presença da agricultura comercial. A metodologia, apesar de eficiente, necessita de adequações para sua plena efetividade em regiões de cerrado e caatinda, dada a carasterística decidual e variabilidade dos ciclos fenológicos das espécies. Sugere-se o uso do balanço hídrico como critério adicional para a escolha das de imagens de satélites.

Palavras chave: Geoprocessamento. Índice de vegetação. Monitoramento ambiental.

1. Introdução

O avanço da agricultura comercial e pecuária na região dos cerrados brasileiro tem sido responsável por transformações sócioeconômicas e mudanças na estrutura da paisagem. Do ponto de vista ambiental, a substituição da vegetação natural por espécies comerciais e pastagens tem implicações diretas sobre a estabilidade do ambiente, podendo resultar no

empobrecimento dos solos, desencadeamento de processos erosivos e o consequente assoreamento dos corpos hídricos.

A identificação do grau de semelhança da cobertura vegetal atual de uma determinada bacia hidrográfica em relação a seu estado clímax fornece subsídios para avaliação do risco de degradação física a que está submetida, conforme sugerido por Beltrame (1996).

Com o advento do sensoriamento remoto e o desenvolvimento de técnicas de processamento digital de imagens de satélites, a mensuração das mudanças impostas à cobertura vegetal passou a ser realizada de modo mais preciso, facilitanto o trabalho de monitoramento da cobertura vegetal e identificação de áreas submetidas a pressão antrópica.

Frente ao exposto, este trabalho teve como objetivo analisar o grau de semelhança entre a cobertura vegetal atual e pretérita da bacia hidrográfica do Alto Gurguéia a partir de imagens de satélite. Parte-se do pressuposto de que as atividades socioeconômicas desenvolvidas ao longo das últimas décadas têm provocado alterações na cobertura vegetal.

2. Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Alto Gurguéia refere-se a área de drenagem do seguimento de 203 km do rio Gurguéia, compreendido entre suas nascentes e a confluência com o rio Paraim. Esta bacia localiza-se entre as coordenadas 9º15’ e 10º25’ de latitude sul e 44º30’ e 45º40’ de longitude oeste. Ocupando uma área de aproximadamente 4.791 km², abrange áreas de sete municípios no estado do Piauí, e uma pequena parte do norte do município de Formosa do Rio Preto, no estado da Bahia (Figura 1).

Do ponto de vista de ocupação a BHAG é tipicamente rural visto que apenas três sedes municipais estão parcial ou totalmente inseridas na bacia: Gilbués, São Gonçalo do Gurguéia e Monte Alegre do Piauí. Apresenta diversos problemas ambientais decorrentes da ocupação desordenada como o desmatamento, erosão e, consequentemente, perda de solos produtivos e assoreamento dos corpos hídricos.

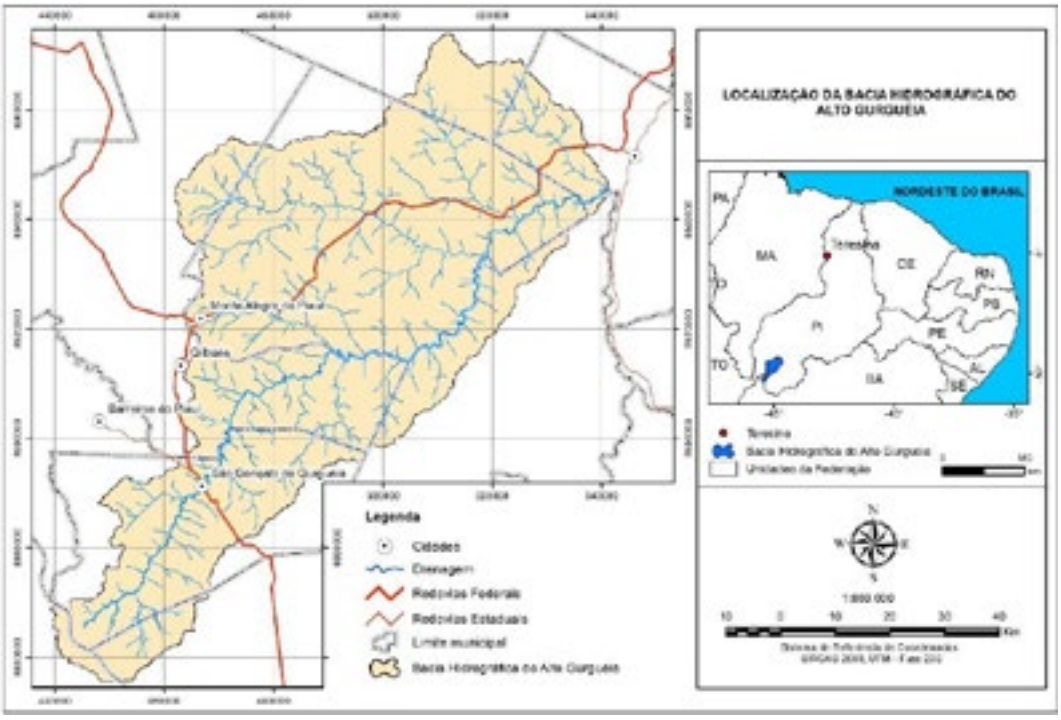


Figura 1 – Localização da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia.

Fonte: Elaborada pelos autores (2019).

Trata-se de uma região ambientalmente frágil que exibe associações de solos com forte predisposição à erosão que, associadas às características de chuva e declividade, apresenta grandes extensões de áreas sob domínio de processos erosivos (CREPANI, 2009; SALES, 2003).

A BHAG localiza-se na zona de transição entre o Cerrado e Caatinga e apresenta clima do tipo subúmido seco, com período chuvoso entre os meses de dezembro a abril, mesotérmico, com pequena amplitude térmica anual (24 a 26°C) e precipitação média anual da ordem de 1000 a 1200 mm (ANDRADE JÚNIOR *et al*., 2004).

3. Material e métodos

A análise do grau de semelhança entre a vegetação atual e pretérita da BHAG foi realizada com base no Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (*Soil Adjusted Vegetation*

Index - SAVI) resultante do processamento de imagens de satélite. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite da série Landsat obtidas por meio da página eletrônica do Serviço Geológico dos Estados Unidos (https://earthexplorer.usgs.gov/), que atendesse a dois critérios. O primeiro critério diz respeito a data de imageamento, onde deu-se preferência às imagens capturadas após o término do período chuvoso, quando a vegetação se apresenta mais exuberante (maio a julho). Este critério torna-se importante em virtude de a região apresentar vegetação caducifólia, típica de áreas de cerrado e caatinga. Essa característica implica que nos períodos de estiagem a ausência de massa foliar pode mascará a real expressão espacial da vegetação.

O segundo critério diz respeito a baixa cobertura de nuvem na área a ser mapeada. Com isso, definiu-se as imagens do satélite Landsat 5 datadas de 20 de junho de 1984 como representantes das condições originais de cobertura vegetal, e as imagens do satélite Landsat 8, datada de 28 de junho de 2016, como representantes das condições de cobertura vegetal atual da BHAG. As especificações técnicas para identificação das imagens utilizadas encontram-se descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Imagens de satélite utilizadas na obtenção do Índice de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia.

Satélite	Sensor[1]	Órbita/Ponto	Data	Bandas	Faixa espectral
Landsat 5	TM	220/66 e 67	20/06/1984	3 (Vermelho)	0,63 – 0,69
Landsat 5	TM	220/66 e 67	20/06/1984	4 (IV Próximo)	0,76 – 0,90
Landsat 8	OLI	220/66	14/07/2016	4 (Vermelho)	0,64 – 0,67
Landsat 8	OLI	220/67	14/07/2016	5(IV Próximo)	0,85 – 0,88

Fonte: Dados da pesquisa. [1]Tm = *Thematic Mapper*; OLI = *Operational Land Imager.*

Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2009), para a geração correta de imagens de índices de vegetação, os números digitais (ND) das imagens de satélites devem ser transformados em valores físicos, preferencialmente em Reflectância de Superfície, visto que os ND das diferentes bandas não estão na mesma escala radiométrica.

No processo de conversão de ND para valores de Reflectância de Superfície foi utilizado o *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), versão 5.3.6.1, a partir do *software* QGIS (versão 2.18). O SCP é uma plugin gratuito de código aberto para QGIS que permite a classificação semiautomática de imagens de sensoriamento remoto, além de fornecer ferramentas para o pré-processamento de imagens, pós-processamento de classificações e cálculos envolvendo arquivos *raster*. O processo utiliza duas etapas: conversão do ND para Reflectância no Topo da Atmosfera (TOA), seguido da correção dos efeitos da atmosfera com uso do método *Dark Object Subtraction 1* (DOS1) (CONGEDO, 2017).

A normalização radiométrica das imagens *Landsat* foi realizada por meio do Método de Uniformização das Médias e Variâncias (UMV), conforme descrito por Leonardi, Souza e Fonseca (2003), adotando-se como referência a imagem do ano de 2016 (Equação 1) . Para isto, foram calculados os parâmetros (*ganho* e *offset*) da função (Equação 2 e 3) que quando aplicada à imagem de ajuste, resultou em uma imagem com a mesma média e variância da imagem de referência.

$$S' = S \,.\, ganho + offset \tag{1}$$

$$ganho = \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \tag{2}$$

$$offset = \mu_R - \sqrt{\frac{\sigma_R^2}{\sigma_S^2}} \,.\, \mu_S \tag{3}$$

Onde, S' é a imagem normalizada; S é a imagem de ajuste; σ_R^2 é a variância da imagem de referência; σ_S^2 é a variância da imagem de ajuste; μ_R é a média da imagem de referência; e μ_S a média da imagem de ajuste.

Posteriormente procedeu-se ao cálculo do SAVI para os anos de 1984 e 2016. A escolha do SAVI deu-se devido a região de estudo apresentar vegetação esparsa, típica de cerrado e caatinga, com extensas áreas de solo exposto. Nessas condições os solos exercem forte influência no espectro de radiação proveniente de dosséis vegetais esparsos e interferem no cálculo dos índices de vegetação (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009). O SAVI, expresso

pela Equação 4, apresenta uma constante "L" que tem a função de minimizar o efeito do solo no resultado do índice.

$$SAVI = \left[\frac{(\rho_{nir} - \rho_r)}{\rho_{nir} + \rho_r + L}\right] . (1 + L) \quad (4)$$

Onde: L é a constante que minimiza o efeito do solo e pode variar de 0 a 1; *ρnir* é a banda correspondente ao infravermelho próximo e *ρr* é banda correspondente ao vermelho.

Segundo Huete (1988) os valores ótimos de L são: L=1 (para densidade baixas de vegetação); L = 0,5 (para densidade médias) e L = 0,25 (para densidades altas). Huete e Liu (1994) afirmam que um valor de L igual a 0,5 no espaço de reflectância (Vermelho x Infravermelho Próximo), reduz as variações de brilho dos solos, eliminando a necessidade de calibrações adicionais para diferentes tipos de solos. Este foi, portanto, o valor de L adotado neste estudo.

O SAVI apresenta valores entre -1 e 1, e é exibido na forma de imagens em níveis de cinza. Deste modo, os valores positivos estão relacionados aos valores mais elevado SAVI, e indicam presença de vegetação fotossinteticamente ativa, enquanto os valores negativos estão relacionados a valores SAVI mais baixos e indicam áreas com ausência de vegetação na superfície, tais como corpos d'águas, solo exposto, nuvens e sombras (EHSAN; KAZEM, 2013).

O grau de semelhança entre a vegetação original e atual da BHAG foi definido com base nas diferenças entre os valores das imagens SAVI dos anos de 1984 e 2016. Assim sendo, procedeu-se a subtração dos valores da imagem SAVI de 2016 dos valores da imagem SAVI de 1984, que resultou em uma imagem residual, aqui denominada de Índice de Cobertura Vegetal (ICV) que expressa a magnitude das mudanças ocorridas na cobertura vegetal. Assim, quanto mais distante de zero (para mais e para menos) for o valor de ICV, maior a diferença entre as duas imagens SAVI. Logo, valores próximos de zero indicam alto grau de semelhança

entres as duas imagens. O limite das classes foi definido em função do valor do desvio-padrão dos números digitais da imagem ICV.

3. Resultados e discussão

A Figura 2 apresenta as imagens SAVI referentes aos anos 1984 e 2016 utilizadas para o cálculo do ICV. Para o ano 1984, a maior densidade de cobertura vegetal (valores próximos a 0,66) foi registrada nas áreas marginais dos rios e cabeceiras de drenagem, seguido das áreas no topo das chapadas e planaltos. Na porção central da bacia, assim como nas bordas das escapas verifica-se a ocorrência de amplas áreas de solo exposto, evidenciadas pelos valores de SAVI próximos a zero. Nas demais porções da bacia verifica-se uma associação de áreas com média a baixa densidade de cobertura vegetal.

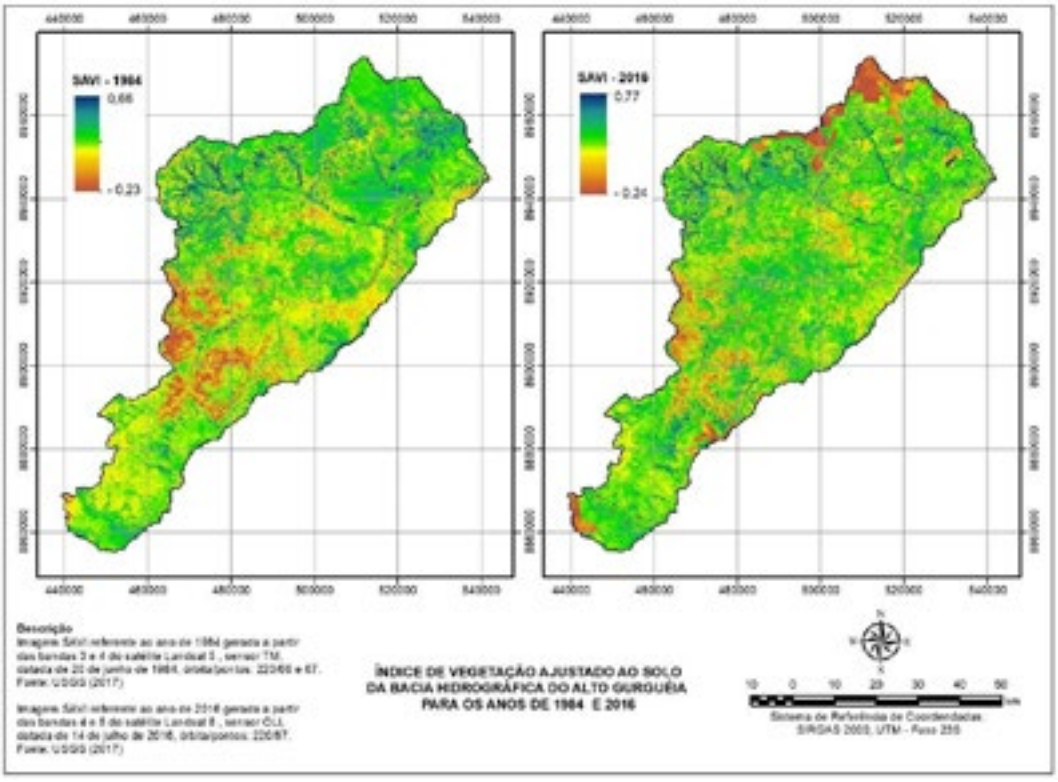


Figura 2 – Imagens SAVI da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia referentes aos anos 1984 e 2016.

Fonte: Morais (2018). Adaptada.

Por meio da análise do padrão irregular e fragmentação das densidades de cobertura vegetal expressas pelos valores SAVI é possível observar que em 1984 não havia ocupação expressiva, salvo às áreas de entorno dos pequenos aglomerados populacionais. Portanto, acredita-se que as variações de densidade da cobertura vegetal observadas em 1984 (Figura 2) decorre de processos ligados à dinâmica natural do ambiente.

Na imagem SAVI referente ao ano de 2016 é possível verificar uma mudança significativa na distribuição das áreas indicativas de solo exposto (valores SAVI próximos a zero). A análise do padrão geométrico dessas áreas indica a ocupação dos planaltos e chapadas para produção agrícola comercial. Nestes casos, a condição de solo exposto indica a fase de pós-colheita e ou preparação do solo para plantio.

De modo análogo ao ocorrido em 1984, no ano de 2016 as áreas marginais do rios e cabeceiras de drenagem apresentaram as maiores densidades de cobertura vegetal. Neste ano a introdução de agricultura irrigada próximo ao exutório da bacia resultou num incremento do valor máximo (SAVI $\cong 0{,}77$). Nas demais áreas da BHAG foram identificadas pequenas variações nos valores SAVI que resultou numa aparente redução das áreas de solo exposto no centro da bacia, bem como a ampliação das áreas com média a alta densidade de cobertura vegetal, representada por tons de verde na imagem.

Duas hipóteses podem ser levantadas para explicar tais variações. A primeira é um possível esvaziamento do campo, visto que o censo demográfico de 2000 e 2010 indicam uma tendência de urbanização dos municípios que integram a bacia, conforme demonstrado por Morais (2018). A segunda hipótese baseia-se em aspectos físico-ambientais, pois é provável que as variações apresentadas nas imagens SAVI de 1984 e 2016 estejam relacionadas a diferentes estágios de desenvolvimento do ciclo fenológico das espécies da região.

Uma análise comparativa das estatísticas referente as imagens SAVI de 1984 e 2016, demostrou não haver diferenças nos valores mínimos, média e desvio-padrão, ao passo que o valor máximo registrado na imagem de 2016 foi ligeiramente superior àquele identificado em

1984 (Tabela 1), fato decorrente da introdução da agricultura irrigada numa pequena área no setor nordeste da bacia.

Tabela 1 – Estatística das imagens SAVI referente aos anos de 1984 e 2016.

Variáveis	$SAVI_{1984}$	$SAVI_{2016}$
Mínimo	-0,22	-0,24
Máximo	0,66	0,77
Média	0,29	0,29
Desvio-padrão	0,064	0,064

Fonte: Dados da pesquisa.

A imagem ICV foi fatiada em nove classes tendo como referência para o limite das classes o valor do desvio-padrão dos números digitais da camada *raster*, conforme sugerido por Ferrari, Santos, Garcia (2011). Como a cálculo das diferenças entre as imagens SAVI resulta em números positivos e negativos, procedeu-se a codificação das classes de modo a expressar, por meio de um índice, seu afastamento em relação ao valor zero, indicativo de imutabilidade da densidade de cobertura vegetal no decorrer do período analisado, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Níveis categóricos do Índice de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia.

Intervalo de classe	Índice	Nível de semelhança
ICV > 0,256	5	Muito baixo
0,192 a 0,256	4	Baixo
0,128 a 0,192	3	Médio
0,064 a 0,128	2	Alto
0,064 a -0,064	1	Muito alto
-0,128 a -0,064	2	Alto
-0,192 a -0,128	3	Médio
-0,256 a -0,192	4	Baixo
ICV < -0,256	5	Muito baixo

Fonte: Dados da pesquisa.

Com base no ICV apresentado na Figura 3 é possível observar que a Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia apresentou pouca alteração em sua cobertura vegetal ao longo dos últimos 32 anos (1984 a 2016), pelo menos no que diz respeito a densidade de vegetação expressa por meio do SAVI. De acordo com o critério adotado, cerca de 77,9% da área da bacia apresenta nível muito alto de semelhança entre a cobertura vegetal original e atual. Uma análise da distribuição espacial desta classe indica que a mesma se refere a áreas localizadas ao longo de toda a extensão do vale do Alto Gurguéia, sem influências expressivas da atividade antrópica.

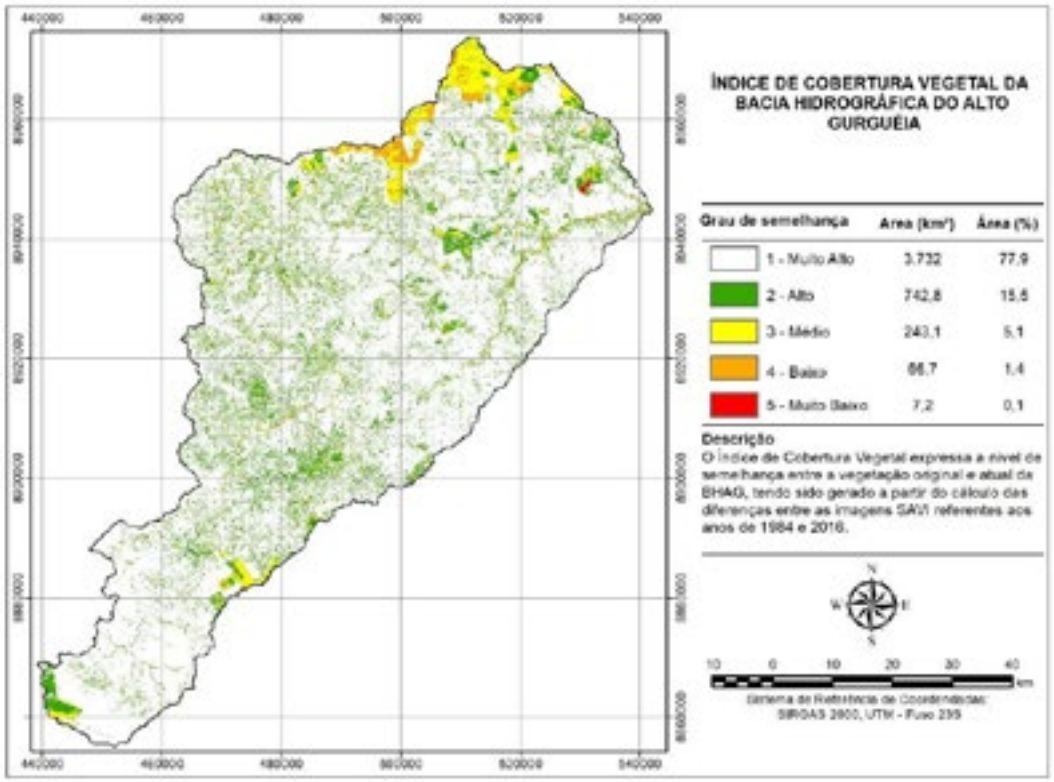


Figura 3 – Índice de Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Alto Gurguéia.
Fonte: Morais (2018). Adaptada.

Embora 15,5% da área da bacia tenha apresentado alto grau de semelhança entre a vegetação original e atual, é possível observar que parte dessa área está inserida em locais

ocupados por agricultura mecanizada que inexistia no ano de 1984. O mesmo ocorre com as classes 3 e 4 (médio e baixo grau de semelhança, respectivamente).

4. Conclusões

A metodologia utilizada possibilitou a avaliação do grau de semelhança espectral entre a cobertura vegetal atual e pretérita da BHAG, onde 77,9% da área estudada apresenta grau de semelhança muito alto. A distribuição espacial das classes de ICV demonstrou que as maiores mudanças de cobertura vegetal ocorreram nas regiões de planaltos e chapadas, embora se reconheça que tais mudanças também vêm ocorrendo ao longo do vale.

Isso demonstra que a definição de datas equivalentes para seleção de imagens de satélites para fins de detecção de mudanças na cobertura vegetal por meio de índices de vegetação é pouco eficiente para região com predomínio de vegetação típica de cerrado e caatinga, dada sua característica decidual e variabilidade dos ciclos fenológicos.

Como forma de contornar esta situação propõe-se o desenvolvimento de pesquisas que possam estabelecer critérios mais consistentes para seleção de imagens de satélites para regiões do cerrado e caatinga. Acredita-se que a análise do balanço hídrico possa balizar a escolha de imagens de satélites minorando os problemas causados pelos diferentes estágios dos ciclos fenológicos na estimativa de índices de vegetação quando se leva em consideração apenas as datas no processo de seleção das imagens de satélite.

3. Referências Bibliográficas

ANDRADE JÚNIOR, A. S. *et al*. **Atlas Climatológico do Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio Norte, 2004. 151 p. (Documentos, 101). Disponível em: <https://goo.gl/vTC8BF>. Acesso em: 12 fev. 2019.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994. 111 p.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 5.3.6.1, 2017. Disponível em: <https://goo.gl/pBqp99>. Acesso em: 27 maio 2017.

CREPANI, E. *et al*. **Banco de dados geográficos dos municípios de Gilbués e Monte Alegre do Piauí (PI) (Municípios pertencentes ao Núcleo de Desertificação de Gilbués)**. São José dos Campos: INPE, 2008a. Disponível em: <https://goo.gl/FpsNDs>. Acesso em: 12 fev. 2019.

EHSAN, S.; KAZEM, D. Analysis of land use-land covers changes using normalized difference vegetation index (NDVI) differencing and classification methods. **African Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 8, n. 37, p. 4614–4622, 2013. Disponível em: <https://goo.gl/vn1no1>. Acesso em: 12 fev. 2019.

FERRARI, J. L.; SANTOS, A. R. Dos; GARCIA, R. F. Análise da vegetação por meio da subtração de imagem NDVI na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Horizonte, Alegre, ES. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 3–18, 2011. Disponível em: <https://goo.gl/58J7iL>. Acesso em: 12 fev. 2019.

HUETE, A. A Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 295–309, 1988. Disponível em: <https://goo.gl/HijYf9>. Acesso em: 12 fev. 2019.

MORAIS, R. C. S. **Contribuição metodológica para elaboração do Diagnóstico Físico-Conservacionista (DFC) em bacias hidrográficas**: aplicação na bacia do alto Gurguéia, Piauí (Brasil). 2018. 151 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PINTO, M. S. C.; CAVALCANTE, M. A. B.; ANDRADE, M. V. M. avaliação da área foliar e o efeito do déficit hídrico sobre o crescimento de plantas. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**, [s. l.], v. VII, n. 4, p. 1–11, 2006. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040406.html%0APotencial>. Acesso em: 22 ago. 2018.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 135 p.

SALES, V. D. C. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica. **Geousp - Espaço e Tempo**, São Paulo, v. 16, p. 125–141, 2004. Disponível em: <https://goo.gl/kb4KAa>. Acesso em: 10 fev. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SIG E INDICE DE VEGETAÇÃO APLICADOS A ANÁLISE AMBIENTAL PARA AREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM CURSOS D´AGUA NO PERÍMETRO URBANO, PRESIDENTE PRUDENTE-SP/ BRASIL

Luana Novais de Andrade

Departamento de Geografia/Faculdade de Ciencias e Tecnologias, Universidade Estadual Paulista - Unesp, luluzinhaunesp@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A pesquisa teve como objetivo caracterizar e avaliar a vegetação dentro do limite das Áreas de Preservação Permanente (APP), localizados no perímetro urbano em Presidente Prudente durante quatro anos no período chuvoso e seco. Para isso foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, índice vegetação e sistema de informações geográficas para o tratamento e cálculo das informações matriciais de imagens do satélite Landsat 8. A base cartográfica foi construída a partir das informações de cartas topográficas obtidas pelo acervo da Infraestrutura de dados espaciais ambientais do Estado de São Paulo (DATAGEO, 2018), e a definição da faixa de proteção dos afluentes que compõem a rede dos cursos d'água foi realizada conforme a lei do Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), considerando a largura de 30 metros. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi realizado utilizando as banda espectrais do infravermelho próximo e vermelho das imagens de satélite Landsat 8, sensor Oli. Todos os procedimentos foram executados no software ArcGis 10.2.2. Os resultados mostraram que a perda de folhagem e a ausência de cobertura vegetal em períodos secos resultam em aumento da exposição ao solo, afetando o balanço energético – albedo e, consequentemente podendo interferir na interpretação e analise dos índices de NDVI.

Palavras chave: Cobertura Vegetal. Área de Preservação Permanente. Sensoriamento Remoto. Geoprocessamento.

1. Introdução

Buscamos neste artigo mostrar as possíveis aplicações das geotecnologias e sensoriamento remoto para avaliar a situação da vegetação em Áreas de Preservação Permanente (APPs) atual em comparação a periodos das estaçoes opostas, chuvoso e seco. Sendo assim, o objetivo da pesquisa foi levantar e apresentar dados que servirão para execução de medidas de recuperação e monitoramento ambiental, dando suporte à gestão ambiental municipal (urbana e rural). As Áreas de Preservação Permanente são áreas de grande importância ecológica, cobertas ou não por vegetação nativa, que têm como função preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem estar das populações humanas. Essas áreas são protegidas pela Lei Federal nº 4.771/65 (alterados pela Lei Federal nº 7.803/89 e 12.651/2012).

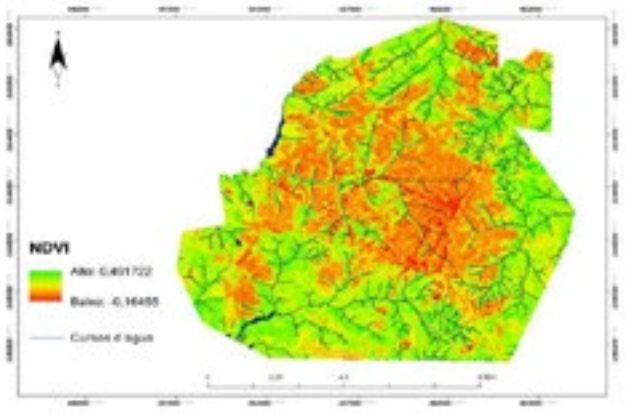
Diante desse contexto, a fim de evitar a descontinuidade de fragmentos florestais e promover formas de conexão de fragmentos para, além disso, preservar os recursos hídricos de possíveis assoreamentos pela ausência de mata ciliar e da densidade de vegetação, o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) e a ferramenta Buffer que os SIGs oferecem, tornam-se bastante útil para o monitoramento ambiental permitindo diagnosticar o seu estado de conservação ou degradação em Áreas de Preservação Permanente (APPs). Para realização das aplicações propostas, optou-se, como exemplo análitico, o perímetro urbano de Presidente Prudente-SP.

2. Materiais e Métodos

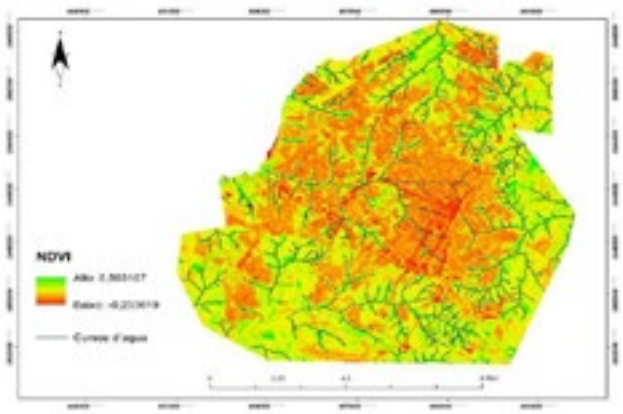
Para a delimitação da faixa de proteção de APPs entorno da rede dos cursos d'água foi realizada com base no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012), considerando a largura dos rios. Delimitou-se faixas de proteção de 30 metros, considerando a metade da largura de margem de 10 metros. Para este procedimento foi utilizado o comando buffer do software-SIG ArcGis 10.2.2. Para a elaboração e aplicação do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), proposta por Rouse (1973), foi realizada utilizando as bandas

espectrais do infravermelho próximo (banda 5) e vermelho (banda 4) da imagem de satélite Landsat 8 disponibilizadas gratuitamente no site <http://earthexplorer.usgs.gov/>, sensor Oli, utilizando a ferramenta raster calculator, do SIG ArcGis 10.2.2 para aplicação do calculo.

3. Resultados e discussões



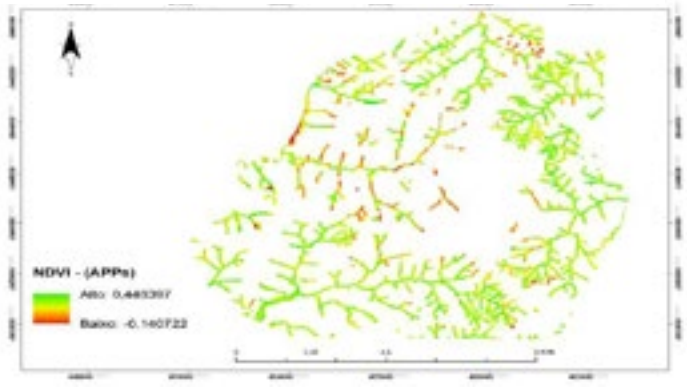
A – NDVI – 08/08/2014 (chuvoso)



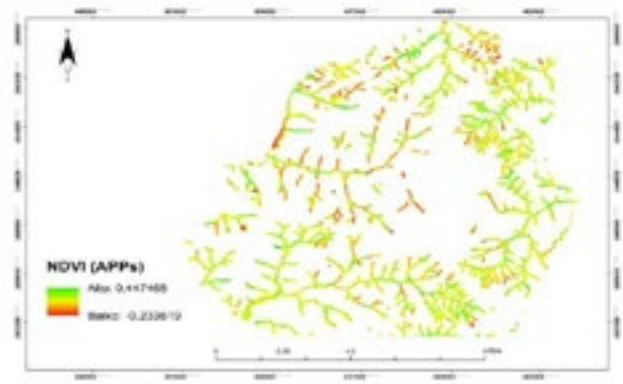
B – NDVI – 08/19/2018 (seco)

08/08/2014	Dias que antecederam a coleta das imagens.			
	5 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Chuva (mm)	115.1	227.6	405.8	602.9

08/19/2018	Dias que antecederam a coleta das imagens.			
	5 dias	10 dias	20 dias	30 dias
Chuva (mm)	0.0	0.0	39.2	0.0



C – NDVI – APPs – 08/08/2014 (chuvoso)



D – NDVI – APPs – 08/19/2018 (seco)

Projeção: UTM, Datum: SIRGAS 2000, 22S. Elaboração: Luana Novais de Andrade, 2018.

Dados de precipitação: A707 <http://satelite.cptec.inpe.br >. Acessado em 13 dez. 2018.

Figura 1: Cartas de NDVI - (A) e (C) nos períodos chuvoso e seco (B e D).

Observa-se que as cartas de NDVI geradas na A e B (figura 1), apresentam escores diferentes. Na carta A (representando o período chuvoso), com escores entre – 0,16 a 0,49. Já a carta B (representando o período seco), com escores entre – 0,23 a 0,50. Entre outras análises revelaram que a aplicação dos índices de NDVI relacionado com a distribuição dos dados de precipitação acumulada ao longo dos dias que anteciparam a aquisição das imagens de satélite é mais expressivos para melhor avaliação e monitoramento das APPs ao longo da rede dos cursos d´agua em períodos chuvosos, isso ocorre dado o aumento da biomassa e alta atividade fotossintética. Amorim (2018), além disso, as altas temperaturas permitem a rápida evaporação das águas da superfície.

Ainda, Amorim (2018) [...] quando as condições atmosféricas predominantes são estáveis e as chuvas são baixas durante o período anterior à aquisição de imagens, a perda de folhagem e a ausência de cobertura vegetal resultam em aumento da exposição ao solo, afetando o balanço energético – albedo e, consequentemente podendo interferir na interpretação e analise dos índices de NDVI. Observou-se que no período seco apresentados nas cartas B e D (Figura 1), apresentaram escores alto de 0,23, pouca densidade de vegetação ao longo das APPs e baixa atividade fotossiténtica, registrou-se menor indice de precipitaçao acumulada: 39,2mm nos 30 dias quando comparado no período chuvoso.

Quanto maior a atividade fotossintética das plantas, maior será a absorção do vermelho e a reflectância do infravermelho próximo. Assim, a diferença entre as reflectâncias das bandas do vermelho e do infravermelho será tanto maior quanto mais verde for a vegetação (VELASCO et al., 2007).

4. Considerações finais

Os mapas eleborados nesta pesquisa mostraram que os eventos de precipitação acabam refletindo no estado ou na produtividade da vegetação local. A vegetação fica com as folhas mais desenvolvidas e há maior umidade no solo, fazendo com que, comparativamente, os escores de NDVI nessas áreas, sejam menores do que nos ambientes construídos. Pode-se

afirma que menos da metade das APPs é dominada por vegetação, não fornecendo a proteção necessária para os rios. Desta forma, medidas mitigadoras devem ser focadas nessas regiões, regularizando a ocupação uso da terra nas APPs a fim de evitar a descontinuidade de fragmentos florestais e promover formas de conexão de fragmentos, para, além disso, preservar os recursos hídricos de possíveis assoreamentos pela ausência de mata ciliar e da densidade de vegetação, com objetivo de recuperar a biodiversidade da fauna e flora, colaborando com o reabastecimento do ecossistema em ambientes urbanos e rurais.

A presente pesquisa apresenta-se como resultado parcial de um projeto que esta em construção.

5. Referências Bibliográficas

AMORIM, M. C. C. T. **Spatial variability and intensity frequency of surface heat island in a Brazilian city with continental tropical climate through remote sensing**. 2018.

Lei Federal nº 4771/65,de 15 de setembro de 1965, alterada pela Medida Provisória nº 2.166–67, de 24 de agosto de 2001, revogada pela lei 12.651 de 25 de Maio de 2012. . Brasília, DF: Congresso Nacional, 2012.

VIANA, V.M. **Biologia e manejo de fragmentos florestais.** In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. Anais. Curitiba: Sociedade Brasileira de Silvicultura/Sociedade de Engenheiros Florestais, 1990. p. 113-118. BRASIL.

Pozoni, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2007. 127 p.

Resolução do CONAMA 302,de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, defnições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artifciais e o regime de uso do entorno. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2002.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. **Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS.** In Earth Resources Tecnology Satellite- 1 Symposium,3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec. A, p. 309-317.

VELASCO, Giuliana Del Nero; POLIZEL, Jefferson Lordello; COLTRI, Priscila Pereira; LIMA, Ana Maria Liner Pereira; FILHO, Demóstenes Ferreira da Silva. **Aplicação Do Índice de Vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Em Imagens de alta resolução no Município de São Paulo e suas limitações.** REVISTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA, v.2, 2007.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SIG E MDE *SRTM* COMO SUBSÍDIO AO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E PLANEJAMENTO AMBIENTAL NO MUNICIPIO DE JUAZEIRO DO PIAUÍ

Francílio de Amorim dos Santos [(a)]

[(a)] Instituto Federal do Piauí / *Campus* Piripiri, Email: francilio.amorim@ifpi.edu.br

Eixo: 5 - Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A pesquisa foi tomou como objeto para estudo o município de Juazeiro do Piauí, localizado no Território de Desenvolvimento dos Carnaubais, e teve como objetivo realizar o mapeamento das feições geomorfológicas do referido município. A metodologia apresenta natureza descritiva e tomou como base o Modelo Digital de Elevação (MDE), critério topo-morfológico, Sistema de Informação Geográfica (SIG) e trabalho de campo como elementos para o mapeamento geomorfológico. Desse modo, foi possível identificar três feições geomorfológicas no município estudado, a saber: Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas, Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti e o Vale da Bacia do rio Poti. Essas feições possuem distintas potencialidades, particularmente ligadas ao uso agrícola, mineração, Geoturismo e educação ambiental. Ressalta-se que essas potencialidades devem subsidiar o planejamento ambiental, cujo uso e ocupação devem ser condizentes com as mesmas. Destaca-se que a metodologia tenha mostra-se adequada, podendo ser utilizada em outras áreas, que não as semiáridas.

Palavras chave: Semiárido, Relevo, Planejamento Ambiental.

1. Introdução

Inicialmente, cabe destacar que as paisagens terrestres exibem uma intrincada e delicada rede de interação, no que diz respeito aos seus componentes ambientais. Contudo, esse equilíbrio interativo tem sido perturbado, principalmente devido às atividades humanas, particularmente àquelas praticadas sem o conhecimento da dinâmica das componentes ambientais da área onde são desenvolvidas. Fato que, muitas vezes, limita ações de voltadas ao planejamento ambiental e, como tal, uso equilibrado dos recursos naturais disponíveis.

Nesse contexto, insiram-se as paisagens semiáridas, que são dotadas de dinâmica própria e exibem feições oriundas de processos diversos, fruto da atuação de forças endógenas e exógenas influência deu-se no tempo passado e atual, particularmente no Quaternário. Nesse sentido, o mapeamento dessas paisagens torna-se de suma importância, tanto no que diz respeito à relevância acadêmica quanto econômica. A primeira no sentido de ampliar a gama de conhecimentos da ciência geográfica e a segunda como forma de utilizar de forma racional os recursos disponíveis nesse meio.

Nesse sentido, Pinheiro (2011) ressalta a importância em conhecer a gênese e a evolução da morfologia terrestre como forma de compreensão a dinâmica ambiental, visto que a geomorfogênese é responsável pela constante modificação nas paisagens. Florenzano (2008) complementa e reafirma a relevância da análise do relevo, posto que seja possível estimar a vulnerabilidade ambiental e possibilitar a criação de legislação para sua ocupação e proteção.

Salienta-se, desse modo, que os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) constituem poderosa ferramenta no que concerne ao mapeamento geomorfológico. De acordo com Beltrame (1994), os SIGs dizem respeito a dados, métodos e pessoas que possibilitam a integração de dados temáticos de fontes distintas sobre uma mesma área pesquisada. Dessa forma, permitem o agrupamento de informações acerca do meio físico e geração de práticas voltadas ao manejo adequado e ações conservacionistas considerando as características da área estudada, de forma integrada.

Diante do supracitado, deve enfatizar a importância do emprego de SIGs no mapeamento geomorfológico como subsídio ao planejamento ambiental, particularmente em as áreas semiáridas, onde se insere o município de Juazeiro do Piauí. Nessa perspectiva, o estudo propôs-se a realizar o mapeamento das feições geomorfológicas do município de Juazeiro do Piauí, situada no Nordeste do Estado do Piauí.

2. Materias e métodos

2.1. Localização da área em estudo

A pesquisa teve como locos o município de Juazeiro do Piauí, que está localizado no Território de Desenvolvimento dos Carnaubais. A sede municipal juazeirense situa-se às Coordenadas Geográficas de 05º10'19"S e 41º42'10"O, conforme está exposto na Figura 1, tendo os seguintes limites: ao norte com Sigefredo Pacheco e Milton Brandão; ao sul Castelo do Piauí e Buriti dos Montes; a leste Buriti dos Montes; a oeste Castelo do Piauí e Sigefredo Pacheco (AGUIAR; GOMES, 2004).

Juazeiro do Piauí foi desmembrado de Castelo do Piauí, em 1997, e elevado à categoria de município por meio da Lei Estadual nº 4.810, de 14 de dezembro de 1995 (IBGE, 2018). O município pesquisado possui 827,2 km^2 de extensão e de acordo com o Censo de 2010, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possuía 4.757 habitantes (IBGE, 2018), logo densidade demográfica de 5,75 hab./km^2. Ressalta-se que o município estudado apresenta importantes fontes historiográficas, registros fósseis, vegetação de transição caatinga arbustivo/arbórea e carnaubal, com formações rochosas areníticas.

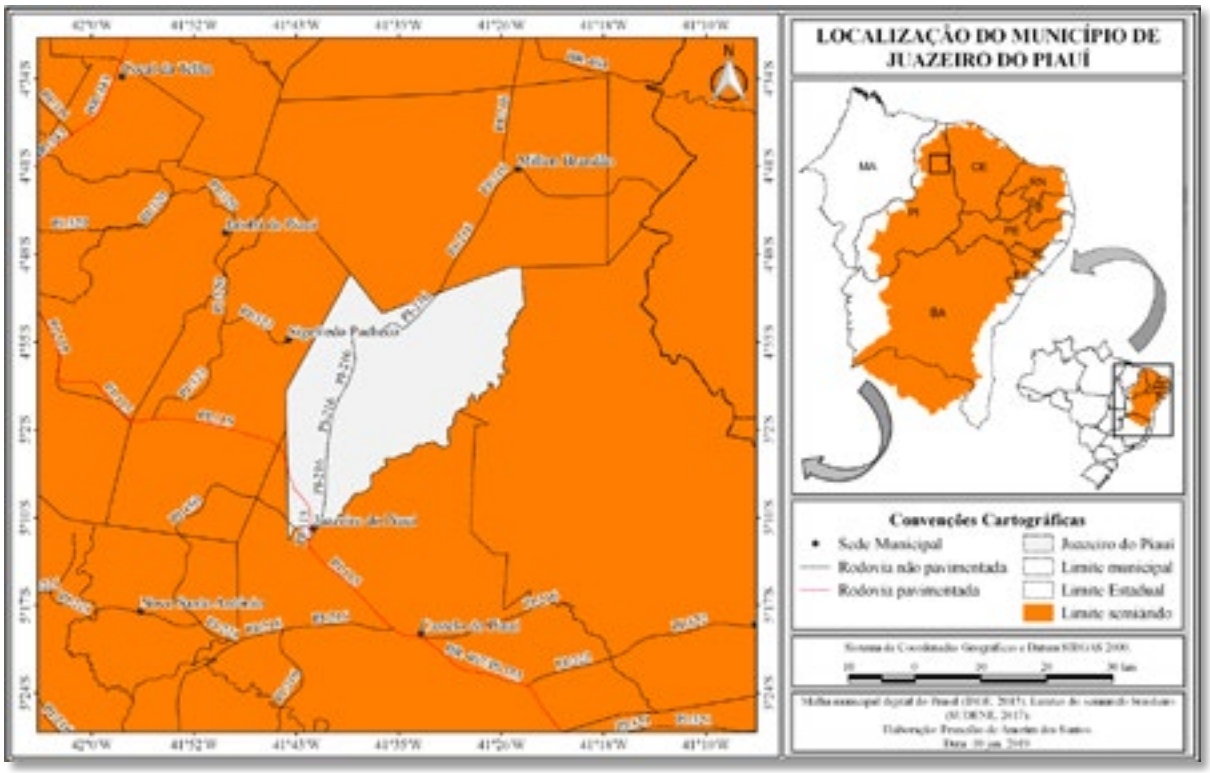


Figura 1 - Localização do município de Juazeiro do Piauí, setor nordeste do estado do Piauí.
Fonte: IBGE (2015); SUDENE (2017).

2.2. Procedimentos metodológicos

A pesquisa apresenta cunho descritivo e sua efetivação deu-se em três etapas (Figura 2), a saber: atividades de gabinete, laboratório e de campo. Na primeira realizou-se o levantamento, organização e análise do material bibliográfico e cartográfico. Esse constou da aquisição dos seguintes dados: arquivo vetorial da geodiversidade do Piauí, em esca1a: 1.000.000, disponibilizado no banco de dados do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2006); arquivo vetorial da malha municipal digital do Brasil, situação em 2015, em escala 1:1.000.000, disponível no banco de dados do IBGE (2018); arquivo matricial do Modelo Digital de Elevação (MDE), da missão da missão *SRTM* (*Shuttle Radar Topography Mission*), resolução espacial de 30 m, obtido no site do *United States Geological Service* (USGS, 2017).

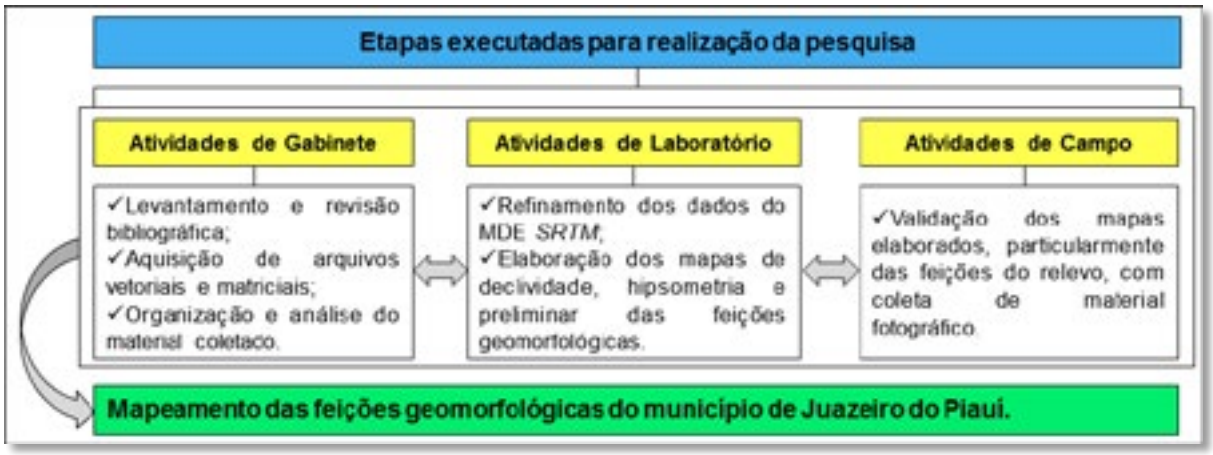


Figura 2 – Roteiro metodológico utilizado para mapeamento geomorfológico do município de Juazeiro do Piauí.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

A segunda etapa da pesquisa constou do manuseio e refinamento do material cartográfico, particularmente no SIG QGIS - versão 2.14, para produção dos mapas necessários para subsidiar a execução da terceira etapa. Essa, realizada em março de 2016, consistiu na validação dos mapas, principalmente das feições geomorfológicas, que tomou como base o critério topo-morfológico, considerando as cotas altimétricas e as classes de declividade de relevo da área em estudo.

3. Resultados e discussões

Inicialmente, salienta-se que o município de Juazeiro do Piauí está alicerçado sobre litologia predominantemente sedimentar, cujas formações geológicas datam da Era Paleozóica, a saber: Cabeças, que é formada por arenitos e siltito, estendendo-se por 78,2% da área do município; e Pimenteiras, constituída por arenitos vermelhos friáveis, siltitos e folhelhos, distribuindo-se por 21,8% da área em estudo (CPRM, 2006).

O relevo da área estuda apresenta altitudes modestas, variando de 128 a 380 m de altitude (Figura 3). Em Juazeiro do Piauí predominam as altitudes situadas entre 236 a 272 m, que ocorrem por 30,6% desse município e localizam-se no topo das áreas mais planas. Seguem-se a esse intervalo as classes de 200 a 236 m e 164 a 200 m, cuja distribuição dar-se

por 27,6% e 22,2% da área estudada, respectivamente, e enquanto a primeira ocupa o topo das áreas tabulares, a segunda está associada às áreas pediplanadas. As áreas mais elevadas, com 308 a 380 m, estão distribuídas pelas regiões tabulares e topos de morros e estendem-se por apenas 2% do município pesquisado.

No que diz respeito às classes de declividade, predomina no relevo juazeirense as classes plana e suave ondulada, ocorrendo em 87,3% (722,1 km^2) de sua área. Por seu turno, o relevo ondulado e forte ondulado distribui-se por 11,4% (94,3 km^2) e 1,3% (10,8 km^2), respectivamente, da área pesquisada (Figura 3). Nota-se, desse modo, que existe uma extensa área com potencialidade para o desenvolvimento de atividades humanas, contudo devendo-se considerar as limitações impostas pelos demais elementos ambientais. Por outro lado, uma pequena parte do relevo, particularmente 1,3%, constitui área de preservação permanente conforme assegurado pelo Código Florestal (BRASIL, 2012), em relação aos topos de morros com altura mínima de 100 m e inclinação média maior que 25°.

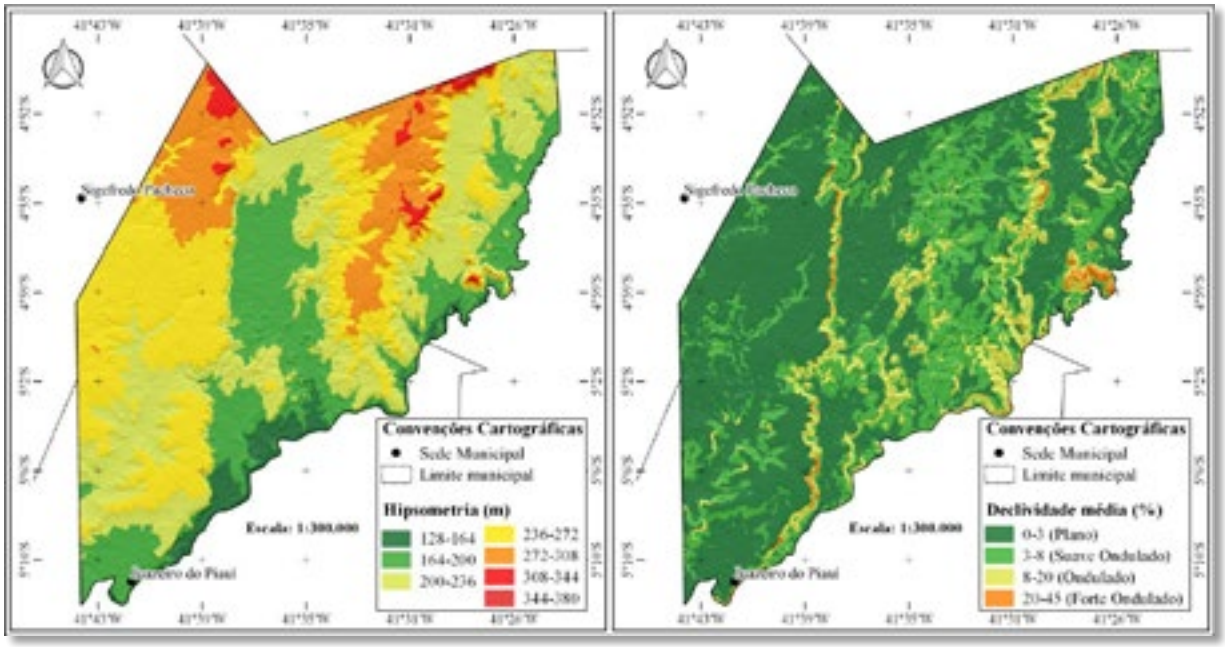


Figura 3 – Classes de hipsometria e declividade média do relevo do município de Juazeiro do Piauí.

Fonte: MDE *SRTM* (USGS, 2017).

Tomando com base o MDE *SRTM* e as características apresentadas, particularmente a hipsometria e a declividade, associada ao trabalho de campo, foi possível realizar o mapeamento de três feições geomorfológicas no município de Juazeiro do Piauí (Figura 4), quais sejam: Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas, Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti e o Vale da Bacia do rio Poti.

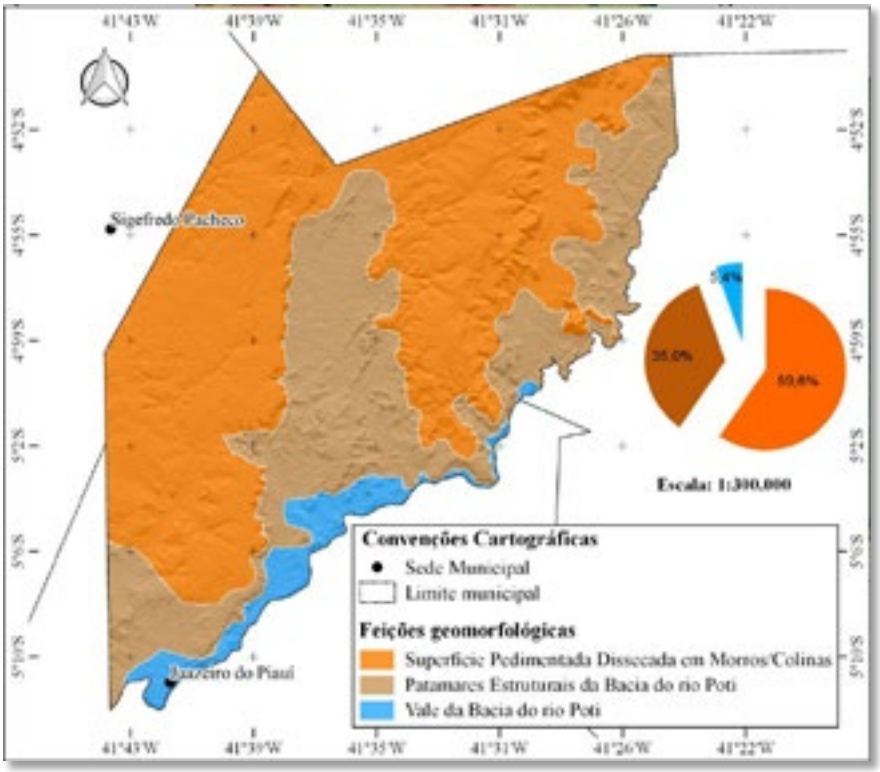


Figura 4 – Feições geomorfológicas mapeadas no município de Juazeiro do Piauí.

Fonte: Elaborado pelo autor (2019).

3.1. Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas

A Superfície Pedimentada Dissecada em Morros/Colinas estende-se por 59,6% (493 km^2) da área pesquisada e diz respeito a processos com ocorrência nas formações Cabeças e Pimenteiras. Essa feição geomorfológica é fruto de processos ocorridos em climas distintos: na fase climática seca com predomínio da morfogênese mecânica, recuo paralelo das vertentes

e desenvolvimento de superfícies horizontais; na fase de clima úmido há preponderância da morfogênese química e entalhamento generalizado da rede de drenagem (CASSETI, 2005).

Na área mapeada encontram-se extensas áreas de relevo tabular cuja dissecação ocorre em forma de morros e colinas, com níveis altimétricos variando de 180 a 380 m e predomínio de relevo plano o suave ondulado, distribuindo-se por 83,9% da área, ao passo que 3,1% tem-se relevo com declives forte ondulado a montanhoso. Na superfície mapeada pode-se observar em diversos pontos que o solo apresenta-se exposto ou recoberto por vegetação do tipo caatinga arbustiva aberta (Figura 5).

Figura 5 – Solo exposto e ao fundo vegetação arbustiva aberta.

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Em suma, é uma área predominantemente plana e pouco movimentada, mas que demanda ações de conservação e manejo adequados quando do desenvolvimento das atividades humanas. Ressalta-se a possibilidade para a prática de extração mineral nos afloramentos da formação Cabeças.

3.2. Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti

Os Patamares Estruturais da Bacia do rio Poti constituem a segunda feição do relevo mais abrangente da área em estudo, estendendo-se por 35% (289,5 km^2) da área total de Juazeiro do Piauí, cuja ocorrência está ligada às formações Cabeças e Pimenteiras. De acordo com Guerra e Guerra (2008) é uma superfície plana que, assemelha-se a terraços, interrompe a continuidade de uma vertente, possivelmente fruto da retomada de um processo erosivo.

Nessa área as altitudes oscilam entre 140 a 300 m, com relevo plano a suave ondulado em 78% da área. Diga-se, ainda, que o local apresenta extensos trechos com solo exposto, recoberto por vegetação tipo caatinga aberta e/ou carnaubal, em solos, possivelmente, salinos periodicamente inundáveis (Figura 6).

Figura 6 – Carnaubal em área de relevo plano e periodicamente inundável.

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

Essa área exibe grande potencial para prática de atividades agrícolas, notadamente por seu relevo plano, e exploração do quartzito oriundo da formação Cabeças. Por outro lado, apresenta áreas periodicamente inundáveis e, como tal, devem ser evitadas sob pena de ser atingida por inundações, caso sejam ocupadas.

3.3. Vale da bacia do rio Poti

O Vale da Bacia do rio Poti corresponde à feição mapeada que ocupa menor área no município pesquisado, estendendo-se por apenas 5,4% (44,7 km^2) sobre as formações Cabeças e Pimenteiras. Guerra e Guerra (2008) descrevem os vales como um corredor de forma longitudinal, constituídos por talvegues e duas vertentes com dois sistemas de declives convergentes (Figura 7A), cuja forma depende da estrutura, da natureza das rochas, do volume do relevo, do clima e da fase em que se encontra dentro do ciclo morfológico.

Ressalta-se que o vale mapeado foi entalhado (Figura 7B) pelo rio Poti durante o Lineamento Transbrasiliano, entre 750 e 540 milhões de anos antes do presente, no período em que o cráton do São Francisco chocou-se com o amazônico (CURTO *et al*., 2015). O Vale do rio Poti possui altitudes que variam de 100 a 220 m e as declividades oscilam entre plano a suave ondulado em 92,1% da área. No local ocorrem afloramento rochoso coberto por cerrado rupestre (Figura 7C) e presença de cactos.

Figura 7 – Vale do rio Poti. Em A: Canion do médio Poti; Em B: Entalhe e encaixe do rio Poti nos arenitos da formação Cabeças; Em C: Cerrado rupestre às margens do rio Poti.

Fonte: Arquivo pessoal (2016).

A área apresenta feições que podem ser utilizadas para a prática de Geoturismo e de atividades ligadas à educação ambiental. Destaca-se, ainda, a possibilidade de extração de rochas areníticas (quartzitos ornamentais) nos morros da formação Cabeças. Contudo, deve ser observada a área legal destinada à preservação permanente, como forma de proteção à mata ciliar do rio Poti.

4. Considerações finais

Salienta-se que o uso do MDE *SRTM* e critério topo-morfológico associado ao emprego de SIG e trabalho de campo constituíram-se procedimentos essenciais para realização do mapeamento das feições geomorfológicas no município de Juazeiro do Piauí. Desse modo, ressalta-se a importância da metodologia e reafirma-se a possibilidade de ser adaptada e utilizada em outras áreas, que não as semiáridas.

Nesse cenário, destaca-se que as três feições mapeadas apresentam características peculiares e potencialidades diversas, que vão desde a prática de atividades agrícolas a extração mineral, Geoturismo e desenvolvimento de atividades ligadas à educação ambiental. Nesse sentido, diga-se que as potencialidades apontadas devem orientar o planejamento ambiental, para fins de uso e ocupação condizente com as mesmas.

Referências bibliográficas

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí:** diagnóstico do município de Juazeiro do Piauí. – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 2004.

BELTRAME, A.V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas**: modelo e aplicação. – Florianópolis: Ed. da UFSC. 1994.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Resolução nº 107/2017**. Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência. 2017.

BRASIL. Novo Código Florestal. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Lei nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. 2012.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005].

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapas estaduais de geodiversidade**: Piauí. Rio de Janeiro: CPRM. 2006. Documento cartográfico em arquivo vetorial. Disponível em <http://geobank.sa.cprm.gov.br>. Acesso em: 29 jan. 2018.

CURTO, J.B.; VIDOTTI, R.; BLAKELY, R.J.; FUCK, R. Crustal framework of the northwest Paraná Basin, Brazil: Insights from joint modeling of magnetic and gravity data. **Tectonophysics**. v. 655, 58-72. jun. 2015.

FLORENZANO, T.G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T.G. (Org.). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos. 2008. p.12-30.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal digital do Brasil**: situação em 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em: 29 jan. 2018.

_____. **Cidades**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 09 jan. 2018.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. – 6ª ed.– Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

PINHEIRO, R.A.B. **Análise do processo de degradação/desertificação na bacia do Riacho Feiticeiro, com base no DFC, município de Jaguaribe-Ceará.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA). Fortaleza - CE. 2011.

USGS - United States Geological Service (Serviço Geológico dos Estados Unidos). **Earth Explorer - Digital Elevation** – SRTM 1 Arc-Second Global. 2017. Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 03 jun. 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SITUAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMAMENTE DA BACIA DO CÓRREGO BIRIGUIZINHO, BIRIGUI/SP

Alessandra Fagundes [(a)], Andréia Medinilha Pancher [(b)]

[(a)] Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, fagundes_alessandra@hotmail.com
[(b)] Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, medinilh@rc.unesp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A intensificação das atividades humanas causa uma série de desequilíbrios no meio ambiente. Em decorrência das alterações, foi necessário criar leis voltadas à proteção dos recursos naturais fundamentais para a nossa sobrevivência. Porém, o que se observa é o descumprimento dessas legislações, privilegiando a apropriação dos espaços para as atividades humanas. Dessa forma, este estudo tem por objetivo apresentar a situação das Áreas de Preservação Permanente (APP) da bacia do córrego Biriguizinho, localizada em Birigui/SP, com apoio em técnicas de geoprocessamento. Os procedimentos metodológicos consistiram em revisão bibliográfica, organização do material cartográfico, elaboração dos mapas temáticos e trabalho de campo. Pode-se constatar que quase 60% da área da APP encontra-se ocupada por gramíneas, e aproximadamente 32% pelo uso urbano e atividades agrícolas. Portanto, houve a supressão da mata ciliar nesta bacia, fato que tem ocasionado vários problemas ambientais.

Palavras chave: Impactos ambientais, uso e ocupação das terras, QGIS, conflitos de uso, Birigui.

1. Introdução

Durante a segunda metade do século XX, as discussões sobre as questões ambientais ganharam notoriedade no mundo. Neste período, intensificaram os efeitos negativos da chamada sociedade "urbano-industrial", em desenvolvimento desde a Primeira Revolução Industrial. O homem, que antes era considerado um componente do ecossistema, passou a dominar o meio físico, controlando a matéria e a energia necessária para o desenvolvimento das estruturas econômicas e sociais do mundo moderno, causando, desta forma, transformações na natureza (DREW, 2005; BONZI, 2013).

Na década de 1980, as questões relacionadas ao meio ambiente passaram a ser uma preocupação mundial. O mundo observava um aumento populacional que impactava os níveis de produção e consumo. Dessa forma, passou a se considerar que os recursos naturais, antes tidos como infinitos, eram finitos. Isso refletiu num crescente interesse pelos estudos ambientais no meio científico, abrangendo o levantamento e a análise de dados com o objetivo de se conhecer como que as ações antrópicas alteram a natureza, rompendo com o seu equilíbrio, visando propor alternativas para amenizar o impacto ambiental.

No Brasil, a preocupação com a preservação do ambiente, em especial das florestas e dos recursos hídricos tem início com o Código Florestal e de Águas, de 1934 (Decreto nº 24.643, de 10 de Julho de 1934). As florestas que preservavam as águas eram chamadas de florestas protetoras. A lei obrigava os proprietários a manterem 25% da área de seus imóveis com a cobertura vegetal de mata original. Porém, não era estabelecida a localização no interior da propriedade rural (BRASIL, 1934; ZANATTA; CUNHA; BOIN, 2014).

Em 1965, passou a vigorar o Código Florestal (Lei n° 4.771/1965), evidenciando as preocupações com a real proteção dos recursos hídricos e com a criação das áreas de preservação permanente (APP). Assim, as APP foram definidas como áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a fauna e a flora, o solo, além de assegurar o bem estar das populações humanas (BRASIL, 1965).

As faixas de proteção sofreram várias modificações, principalmente no que diz respeito à ampliação das áreas de preservação, através das leis 7.511/86 e 7.803/89. Em 2012, foi estabelecido o Novo Código Florestal (Lei n° 12.651/12), que manteve o conceito de APP definido em 1965 e fixou as faixas para a delimitação dessas áreas, em áreas rurais ou urbanas (BRASIL, 2012; ZANATTA; CUNHA; BOIN, 2014).

Apesar do aparato legal, o que se tem observado nas áreas urbanas é a transgressão da legislação vigente. Em muitas cidades, não há a devida preocupação com a preservação da

vegetação e dos recursos hídricos. É comum encontrar avenidas e/ou construções em áreas que deveriam estar ocupadas por mata ciliar, cursos d'água retificados e/ou canalizados, nascentes aterradas, lagos, lagoas e veredas ocupadas por parques, loteamentos ou outros usos propriamente urbanos. A intervenção nessas áreas altera seu equilíbrio dinâmico, causando consequências em toda a extensão da drenagem, sendo as enchentes como o mais conhecido desses processos (BOTELHO, 2011).

Há diversas pesquisas que buscaram apresentar a situação das APP em diversas localidades, podendo-se destacar a de Vieira e Pancher (2017), que buscou analisar o conflito do uso das terras nas APP no município de Cordeirópolis; a de Nunes, Silva e Aquino (2017), que analisou a situação das APP nas margens do Rio Poti, na zona urbana de Teresina/PI; e a de Borges e Queiroz (2017), que procurou avaliar a situação das APP na bacia do córrego Olhos d'Água, em Uberlândia/SP.

Diante do exposto, esse trabalho tem por objetivo apresentar os resultados obtidos através da análise da situação das APP da bacia hidrográfica do Córrego Biriguizinho, localizada na área urbana do município de Birigui/SP, por meio de técnicas de geoprocessamento. Justifica-se a escolha da unidade espacial bacia hidrográfica, por esta ser entendida como um sistema natural bem delimitado no espaço, sendo assim, célula básica de análise e planejamento ambiental (SILVEIRA, 2001; SANTOS, 2004; BOTELHO, SILVA, 2007).

2. Localização e Caracterização da Área de Estudo

A bacia hidrográfica do córrego Biriguizinho, localiza-se na área urbana do município de Birigui, entre as coordenadas geográficas 21°15'38" e 21°18'21"S e 50°18'35" e 50°22'19"O, abrangendo uma área de 18,5 km² (Figura 1).

ISBN: 978-85-7282-778-2

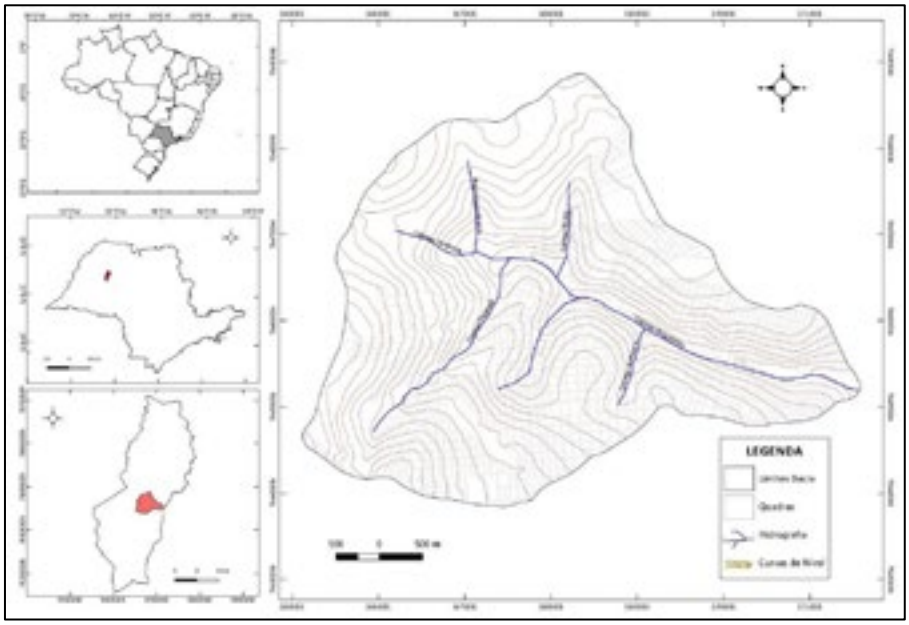


Figura 1 – Localização da bacia do córrego Biriguizinho. Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui (2017). Org: As autoras (2019).

O clima da bacia, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, ou seja, do tipo tropical úmido, caracterizando-se por invernos secos, cujo tempo é estável (outono-inverno); e, primavera-verão quente e úmida, com chuvas frequentes e intensas. A temperatura do mês mais frio do ano é superior a 18°C, com máximas de cerca de 35°C nos meses mais quentes do ano (GOMES, 2011; CEPAGRI, 2018).

Quanto à Geologia, a bacia engloba duas formações da Bacia Bauru: Araçatuba e Vale do Rio do Peixe. A litologia da Formação Araçatuba é constituída por siltitos arenosos e arenitos muito finos, lamíticos, com coloração cinza-esverdeada, sendo que essa unidade é o registro da sedimentação lacustre que imperou nos primeiros estágios de evolução da Bacia Bauru (BATEZELLI et. al., 2003). A litologia da Formação Vale do Rio do Peixe repousa diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), e é composta por estratos de espessura submétrica, de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos, de

ISBN: 978-85-7282-778-2

contatos pouco ou não erosivos. O contexto deposicional consiste em depósitos essencialmente eólicos (FERNANDES e COIMBRA, 2000).

O solo predominante da bacia é o Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura média. Caracterizam-se por serem solos profundos, bem drenados e com baixa fertilidade (OLIVEIRA, et. al., 1999). Em relação à Geomorfologia, a bacia se localiza no Planalto Ocidental Paulista, unidade morfoescultural pertencente à Bacia Sedimentar do Paraná. O relevo é suavemente ondulado, com predomínio de colinas amplas e baixas com topos aplainados e vertentes convexas. A declividade média predominante na bacia é em torno de 0% a 6% (ROSS; MOROZ, 2011; GOMES, 2011).

3. Materiais e Métodos

3.1. Materiais

- Base topográfica de 2017 (.dwg), na escala 1:10.000, da cidade de Birigui/SP, disponibilizado pela Secretaria de Cadastro Urbano da Prefeitura Municipal de Birigui.

- 1 imagem aerofotogramétrica digital, de 2010/11 (.tif), ortorretificada, na escala de 1:25.000, com resolução aproximada de 1 metro, fornecida pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA).

- SIG – QGIS Desktop, *software* de SIG, versão 2.18.18 (Las Palmas).

3.2. Métodos

Os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho constituem-se em: levantamento bibliográfico, organização do material cartográfico, elaboração do mapa de uso e ocupação das terras, do mapa de conflito de uso em APP e trabalho de campo.

Na etapa do levantamento bibliográfico, efetuou-se a fundamentação teórico-metodológica, que objetivou a compreensão dos conceitos e métodos empregados em pesquisas sobre essa temática, o levantamento da legislação urbana e ambiental e a caracterização da área de estudo.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Na etapa da organização do material cartográfico, inicialmente, delimitou-se o limite da bacia hidrográfica na base topográfica disponibilizada através de procedimentos semiautomáticos, conforme proposto por Bossle (2016), através das ferramentas de geoprocessamento GRASS, disponíveis no *software* QGIS em forma de *plugin*.

O mapa de uso e ocupação das terras foi elaborado através da fotointerpretação da ortofoto e do mapeamento manual das classes temáticas para o ano de 2010/11, com reambulações em campo. Para esta etapa, consideraram-se os seguintes elementos de interpretação de imagens, conforme proposta apresentada por Florenzano (2011): tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização. As classes de uso e ocupação das terras foram estabelecidas conforme parâmetros determinados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2013).

O mapa de conflito de uso em APP foi elaborado a partir da proposta metodológica de Bossle (2017) para o SIG QGIS, a qual tem por objetivo verificar quais usos das terras encontram-se em conflito com a legislação ambiental vigente. Para esta pesquisa, tomaram-se por base as determinações do artigo 4º do Código Florestal Brasileiro, no que diz respeito às seguintes características (BRASIL, 2012):

- Cursos d'água: "as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura".

- Nascentes: "IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros".

O trabalho de campo buscou verificar os principais conflitos de uso nas áreas de APP, identificados na etapa de mapeamento.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Resultados e discussões

O conhecimento do uso e ocupação das terras é uma informação fundamental para a compreensão dos processos ambientais que ocorrem em uma dada localidade. As intervenções antrópicas no meio natural causam desequilíbrios em seus processos, resultando na criação de novas paisagens, com novos elementos e novas dinâmicas. A figura 2 apresenta os resultados obtidos no mapeamento do uso e ocupação das terras da bacia do córrego Biriguizinho para o ano de 2010/11.

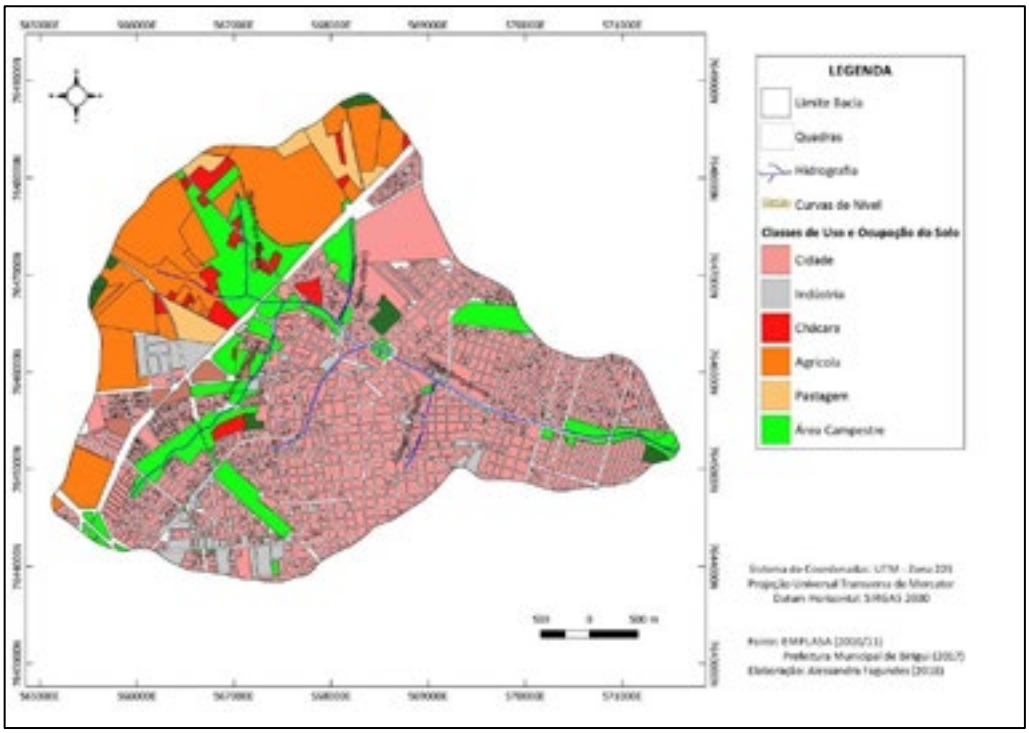


Figura 2 – Mapa de uso e ocupação das terras da bacia do Córrego Biriguizinho/SP – 2010/11. Organização e elaboração: Alessandra Fagundes (2018).

Nota-se que o médio e baixo curso da bacia encontrava-se ocupado por formas predominantemente urbanas, como lotes, vias de transporte e áreas industriais, e o alto curso, por chácaras, áreas agrícolas e vegetação campestre (arbustos e gramíneas). Dessa forma, em

ISBN: 978-85-7282-778-2

2010/11, a bacia possuía 40,54% de seu território ocupado pela classe cidade, que engloba as áreas construídas, institucionais e os lotes vazios; 20,16% pela classe vias (ruas, estradas, ferrovias); 16,49% pela classe cultura agrícola; 11,62% pela classe área campestre; 4,11 % pela classe indústria; 2,59% pela classe pastagens; 2,32% pela classe chácaras; 1,14% pela classe mata; e 1,03% pela classe solo exposto.

A existência das APP permite que se tenha um equilíbrio entre os usos humanos e sua dinâmica natural, evitando-se assim situações que coloquem em risco as atividades sociais desenvolvidas. A intervenção antrópica nos cursos d'água, através da supressão da vegetação e da ocupação de seus leitos fluviais, causam desequilíbrios ambientais em toda sua área de influência.

Os recursos hídricos da bacia do córrego Biriguizinho localizam-se, em sua maioria, na área urbana do município de Birigui. Portanto, pode-se considerar, conforme Botelho (2011) que esta é uma bacia hidrográfica urbana, a qual foi extremamente degradada devido à supressão de nascentes, a retificação e canalização de cursos d'água, o assoreamento de seu curso e a supressão de vegetação nas margens.

Conforme o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), considera-se que a APP, em áreas rurais ou urbanas, no entorno dos cursos d'água com menos de 10 metros, deve ser de 30 metros, e de 50 metros no entorno das nascentes. Assim, ao se realizar a sobreposição do mapa de uso das terras com a faixa prevista na legislação ambiental, obteve-se o mapa de conflito de uso em APP da bacia do córrego Biriguizinho, conforme apresentado na figura 3.

As APP presentes na bacia representam 0,5 km², e encontram-se ocupadas por 6 classes de uso: cidade, quadra, indústria, chácara, culturas agrícolas e área campestre. A tabela 1 apresenta a distribuição das classes de uso das terras que se encontram na APP da bacia.

ISBN: 978-85-7282-778-2

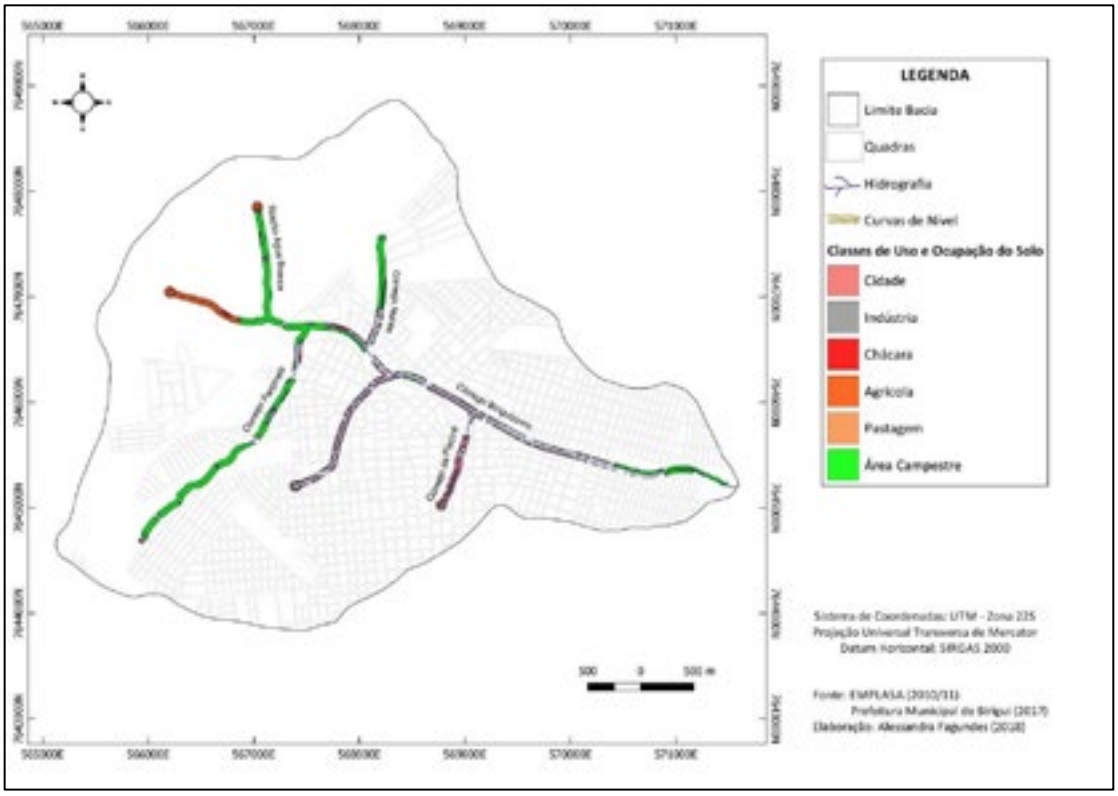


Figura 3 – Mapa de conflito de uso em APP da bacia do córrego Biriguizinho. Organização e elaboração: Alessandra Fagundes (2019).

Tabela 1 – Distribuição das classes de uso e ocupação das terras nas APP da bacia do córrego Biriguizinho

Classes	**km²**	**%**
Cidade	0,101	21,0
Indústria	0,016	3,2
Chácara	0,006	1,2
Culturas Agrícolas	0,054	10,8
Área Campestre	0,314	62,8

ISBN: 978-85-7282-778-2

Vias Urbanas	0,005	1
Total	**0,5**	**100**

Elaboração e organização: Alessandra Fagundes (2019).

Analisando-se os dados da figura 3 e da tabela 1, verifica-se que a maior parte da área das APP dos cursos d'água encontra-se ocupada pelas classes área campestre (gramíneas e arbustos) (62,8%) e cidade (20,8%). As APP das nascentes apresentam-se em sua grande maioria ocupadas por culturas agrícolas ou por formas urbanas. Vale salientar, que a APP do córrego Parpinelli apresenta cobertura de gramíneas em grande parte de seu curso. Porém, em sua nascente, há a presença de residências.

Os resultados obtidos nos trabalhos de campo permitiram constatar alguns conflitos de uso nas APP. A figura 4A exemplifica um dos conflitos encontrados na bacia. Constatou-se em campo que a nascente do córrego Biriguizinho encontra-se aterrada, com a existência de residências e comércios no local. A identificação do inicio do córrego só é possível a partir de uma tubulação, que se encontra no início da Avenida João Cernack (Figura 4B). A figura 4C apresenta um trecho da margem retificada do córrego Biriguizinho, que cedeu após episódios de chuvas intensas na cidade.

Figura 4 – A) Vista da área que encontra-se a nascente do córrego Biriguizinho. B) Local da saída d'água do córrego. C) Margem cedida. Fotos: Alessandra Fagundes (2017 e 2018).

Essas situações são comuns em outras regiões da cidade, principalmente nos períodos chuvosos, conforme apresentado por Gomes (2011).

5. Considerações finais

Os resultados obtidos no mapa de conflito de uso mostram que não há o cumprimento da legislação ambiental quanto à preservação dos recursos hídricos. As APP da bacia do Córrego Biriguizinho não se encontram preservadas em sua totalidade. As áreas de nascentes do córrego Biriguizinho e seus afluentes encontram-se ocupadas por atividades agrícolas e urbanas. As faixas de preservação do leito fluvial encontram-se ocupadas por residencias e vias urbanas, conforme constatado em campo.

Dessa forma, faz-se necessário repensar o modelo de uso e ocupação das terras vigente para as APP da bacia. A intervenção do poder público é essencial para que haja o cumprimento da lei, objetivando se evitar a degradação dos mananciais hídricos, tão importantes para o equilíbrio ambiental.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo à primeira autora.

Referências Bibliográficas

BATEZELLI, A. et. al. Análise Estratégica Aplicada à Formação Araçatuba (GRUPO BAURU-K) No Centro-Oeste do Estado de São Paulo. **Revista Geociências**, 22: 05-19, 2003.

BONZI, R.S. Meio século de primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo. **Desenvolvimento e meio ambiente**, n. 28, jul./dez. 2013, p.207-215.

BORGES, F.O.; QUEIROZ, P.S. Avaliação das Áreas de Preservação Permanente na bacia do córrego Olhos d'água, Uberlândia/MG, segundo a legislação concernente. In: PERES FILHO, A.; AMORIM, A.A. (org.). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017. p.6785-6795.

BOSSLE, R.C. **QGIS do ABC ao XYZ**. São José dos Pinhais: Edição do Autor, 2016.

BOSSLE, R.C. **QGIS e geoprocessamento na prática**. 2ª ed. Curitiba: Editora Ithala, 2017.

BOTELHO, R. G. M., SILVA, A.S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A. J. T. (orgs.). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 153-192.

BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p.71-115.

BRASIL, Decreto N° 23.793 de 23 de janeiro de 1934. Aprova o Código Florestal, 1934.

BRASIL. Lei Nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal, 1965.

BRASIL, Lei Nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Institui o novo Código Florestal, 2012.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <https://www.cpa.unicamp.br>. Acesso em jul. 2018.

DREW, D. **Processos Interativos Homem Meio-Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. Revisão estratigráfica da parte oriental da bacia Bauru (neocretaceo). **Revista Brasileira de Geociências**, n.30, vol. 4, 717 – 728, 2000.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ªed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

GOMES, M.F. **A Cartografia temática aplicada como instrumento de análise e síntese no estudo da qualidade de vida urbana**: o caso da cidade de Birigui-SP. 2011. 217f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

NUNES, H.K.B.; SILVA, J.F.A.;AQUINO,C.M.S. Código Florestal (Lei 12.651/2012) e zoneamento urbano de Teresina/PI: situação das áreas de preservação permanente (APP's) do Rio Poti. In: PERES FILHO, A.; AMORIM, A.A. (org.). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017. p. 6637-6648.

OLIVEIRA et.al. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/Embrapa, 1999. Mapa, escala 1:500.000.

ROSS, J.; MOROZ, I. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, 41-58, 1996.

SANTOS, R.F. **Planejamento ambiental**: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicações. 2ª ed. Porto Alegre: URFGS/ABRH, 2001. p. 35-51.

VIEIRA; P.H.; PANCHER, A.M. O uso do Sistema de Informação Geográfica na análise do conflito do uso e ocupação das terras nas áreas de preservação permanente, no município de

Cordeirópolis/SP. In: PERES FILHO, A.; AMORIM, A.A. (org.). **Os desafios da Geografia Física na fronteira do conhecimento**. Campinas: Instituto de Geociências – UNICAMP, 2017. p. 4618-4629.

ZANATTA, F.A.S.; CUNHA, C.M.L., BOIN, M.N. Análise da aplicação do atual e antigo Código Florestal na alta bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP) (BR). **Caderno Prudentino de Geografia**, n.36, v. especial, 203-214, 2014.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A ANALISE DAS TRANSFORMAÇÕES AMBIENTAIS COM ÊNFASE NOS ASPECTOS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA EM BREJINHO DE NAZARÉ – TOCANTINS

José Paulo da Silva Noleto [(a)], Sandro Sidnei Vargas de Cristo [(b)]

[(a)] Aluno do Curso de Geografia Bacharelado; Campus de Porto Nacional, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Bolsista PIBIC/CNPq (2017 – 2018) Email: jose.noleto19@gmail.com

[(b)] Professor do Curso de Geografia Bacharelado e Licenciatura; Campus de Porto Nacional, Universidade Federal do Tocantins - UFT, Email: sidneicristo@uft.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O trabalho refere-se à uma análise das transformações ambientais do município de Brejinho de Nazaré, localizado no Estado do Tocantins, dando-se ênfase nas mudanças ocorridas no uso e ocupação da Terra entre os anos de 1985 a 2015. Como metodologia adotou-se técnicas de Sensoriamento Remoto onde realizou-se a classificação das imagens de satélites Landsat, sensor TM (Thematic Mapper) dos anos de 1985, 1995 e 2005 e do sensor OLI (Operational Land Imager) do ano de 2015. De maneira geral, os resultados proporcionaram observar significativas transformações ambientais na área de estudo, em decorrência do uso e ocupação, destacando-se principalmente a redução da vegetação de Cerrado em prol das atividades agropecuárias. Destaca-se também a importância do uso do Sensoriamento Remoto para analisar a evolução das transformações ambientais e nos aspectos de uso e ocupação como importante ferramenta de gestão e planejamento ambiental.

Palavras chave: máximo de Sensoriamento Remoto; Uso e Ocupação da Terra; Transformações Ambientais

1. INTRODUÇÃO

Considerando as significativas transformações ambientais relacionadas aos aspectos de uso e ocupação da Terra decorrentes das diferentes formas de utilização do espaço pelo ser humano, percebidas atualmente em âmbito mundial, é que são cada vez maiores as preocupações e a busca por respostas a esta questão.

Neste sentido percebe-se diversos problemas e consequências ambientais que podem ser exemplificadas no Brasil, como a intensa expansão de atividades agrícolas que utilizam

grandes porções territoriais em detrimento da cobertura vegetal natural, quer seja nos biomas Pampa, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal, Amazônia e Cerrado.

No Tocantins, a questão se assemelha e cada vez mais é perceptível à visualização das transformações ambientais que tem sofrido o Cerrado em decorrência de atividades ligadas ao uso pelo ser humano, principalmente agricultura, pecuária e urbanização.

Com esta preocupação é que a presente pesquisa foi desenvolvida, visando analisar as transformações ambientais da porção central do estado do Tocantins dando-se ênfase nos aspectos de Uso e Ocupação da Terra em Brejinho de Nazaré, utilizando-se técnicas de Sensoriamento Remoto.

Ainda, com o uso do Sensoriamento Remoto é possível analisar-se grandes áreas, buscando-se contribuir com o conhecimento sobre as diferentes formas de uso e ocupação que ocorrem, bem como suas consequências quanto aos aspectos de evolução e transformações ambientais. Neste sentido pode-se mencionar Silva Neto e Cristo (2006); Rufo e Cristo (2014); Fernandes et al (2012); Brito e Prudente (2005).

De maneira geral a analise temporal realizada, entre os anos de 1985 e 2015, pode servir de subsídio aos setores responsáveis pelo planejamento urbano e conservação ambiental do município auxiliando na melhoria dos aspectos de uso, bem como na tomada de medidas que visem minimizar as transformações e perdas ambientais locais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Entre os materiais destaca-se livros, artigos e materiais bibliográficos sobre o tema e área de pesquisa adquiridos via internet e biblioteca; Imagens de satélites, obtidas gratuitamente via site do USGS *(United States Geological Survey)*. Landsat sensor TM de 1985 e sensor OLI de 2015; Arquivos vetoriais disponibilizados no site da SEPLAN (Secretaria do Planejamento e Orçamento do Estado do Tocantins); Softwares QGIS v. 2.18.2, Spring v. 5.5 do INPE e ArcGis versão 10.5.1 da ESRI; Máquina fotográfica digital; Receptor de navegação GPS.

Como método fez-se uso de técnicas de Sensoriamento Remoto onde o limite do município serviu de base para realização de mosaicos das imagens de satélites. Foram utilizadas as imagens do satélite Landsat sensor TM (Bandas 3, 4 e 5) do ano de 1985 e sensor OLI (Bandas 5, 4 e 3) do ano 2015. Assim, realizou-se composições coloridas e a classificação supervisionada das mesmas, via software ArcGis.

Na confecção dos mapas temáticos de uso e ocupação definiu-se as classes de Agropecuária, Cerrado Denso e Ralo. Com estes mapas, realizou-se uma análise temporal observando-se as transformações ambientais e de uso ocorridos no período de análise.

Na sequência, foi realizado um trabalho de campo para análise dos diferentes tipos de uso e a aferição dos mapas temáticos. Mapas editados no Labgeop – Curso de Geografia – CPN/UFT.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a pesquisa foram analisados os diferentes aspectos de uso e ocupação da terra entre os anos de 1985 e 2015 destacando-se os aspectos relacionados à agricultura, pecuária e a cobertura vegetal distribuídos na área de pesquisa.

Em 1985 (Figura 1) observa-se que o Cerrado Denso e Ralo abrangem uma porção significativa do da área, ficando concentradas nas porções central, noroeste e norte, localizadas nas áreas mais elevadas como as encostas dos morros e serras da região. Já os corpos de água encontram-se distribuídos pelas diversas porções da área de estudo, representados pelas represas e cursos fluviais com destaque para o rio Tocantins que ocupa uma faixa norte-sul, servindo como limite leste do município.

As áreas de uso agropecuário também aparecem de maneira significativa no município, distribuídas em praticamente todas as porções, com concentrações nas porções sul, sudeste e nordeste da área.

ISBN: 978-85-7282-778-2

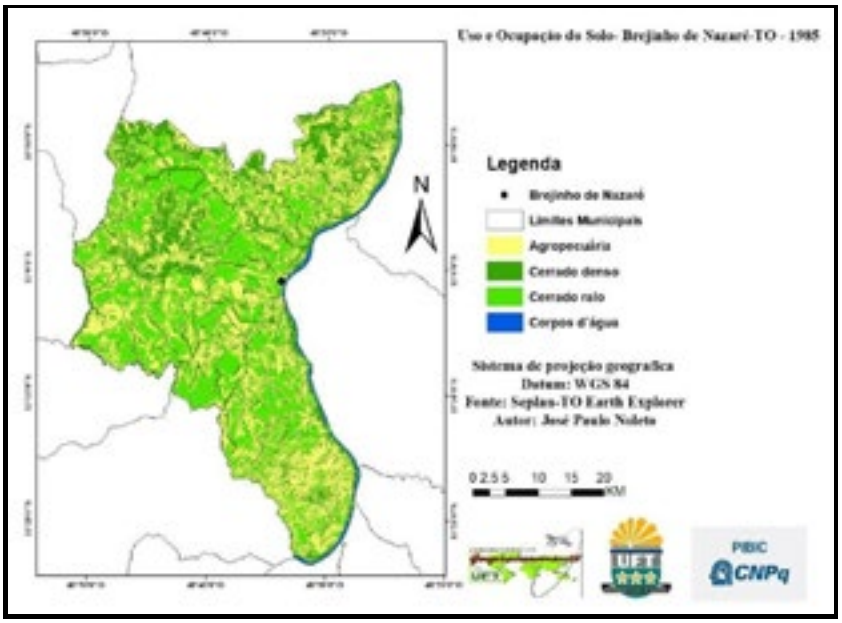


Figura 1. Uso e Ocupação da Terra do município de Brejinho de Nazaré - 1985.

Em 2015 (Figura 2), o Cerrado Ralo e Denso ficaram restritos principalmente as áreas próximas aos cursos fluviais, rios e córregos, e as bordas de serras e relevos mais elevados da área de pesquisa. Neste ano, pode-se observar a redução drástica na área ocupada pela cobertura vegetal de Cerrado, dando lugar as culturas temporárias representadas pelas grandes porções territoriais ocupadas com plantações de soja e milho. Informações notórias analisadas com a visita de campo ao município.

Os corpos d´água são observados em algumas represas e córregos distribuídos no território municipal, além do reservatório da UHE Luís Eduardo Magalhães, junto ao Rio Tocantins.

Concluindo-se, ressalta-se a importância da metodologia adotada na pesquisa, bem como a eficiência do Sensoriamento Remoto no mapeamento de uso e ocupação do município, permitindo a obtenção de informações fundamentais na tomada de decisões de planejamento do uso e conservação ambiental.

ISBN: 978-85-7282-778-2

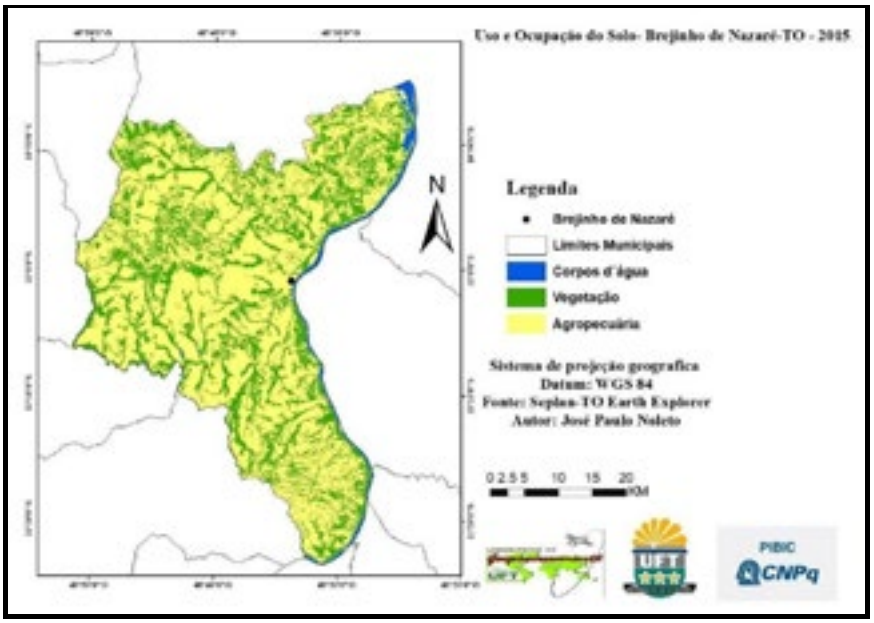


Figura 2. Uso e Ocupação da Terra do município de Brejinho de Nazaré - 2015.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão de bolsa PIBIC ao aluno (2017 - 2018) e a UFT pelo apoio logístico.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. **Análise temporal de uso do solo cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM+ LANDSAT 7.** Revista Sociedade e Natureza, 2005.

FERNANDES, M. D.; OLIVEIRA, G. H. G. NOBRE, B. A. **Sensoriamento Remoto e SIG aplicado no uso e ocupação do solo na bacia do rio São Lamberto no norte de Minas Gerais.** <http://unimontes.br/arquivos/2012/geografia_ixerg/eixo_politica_meio_ambiente/sensoriamento remoto_e_sig_aplicado_no_uso_e_ocupacao_do_solo_na_bacia_do_rio_sao_lamberto_no_nor.pdf>

RUFO, L. T.; CRISTO, S. S. V. DE. **Sensoriamento remoto aplicado na análise do uso e ocupação da bacia hidrográfica do Córrego Titira.** Porto Nacional – TO: Interface, 2014.

SILVA NETO, A. A.; CRISTO, S. S. V de. **Analise do uso e ocupação da bacia hidrográfica do córrego São João através de técnicas do Sensoriamento Remoto, Porto Nacional – Tocantins.** Porto Nacional – TO: Monografia de Especialização, 2006.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SÉRIE ATLAS MUNICIPAL DE MUNICÍPIOS DA BACIA DO IBICUÍ/RS – ATLAS DE SÃO FRANCISCO DE ASSIS/RS

Romario Trentin [(a)], Luís Eduardo de Souza Robaina [(b)], Igor da Silva Knierin[(c)]

[(a)] Depto de Geociências/ Universidade Federal de Santa Maria, romario.trentin@gmail.com

[(b)] Depto de Geociências/ Universidade Federal de Santa Maria, lesrobaina@yahoo.com.br

(c) Doutorando PPGEO Geografia/ Universidade Federal de Santa Maria, igorknierin@gmail.com

Eixo: 9. Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A síntese das informações organizadas configuraram no Atlas Geoambiental Municipal de São Francisco de Assis/RS. Todas as informações levantadas, processadas, analisadas e correlacionadas e por fim mapeadas na escala 1:50.000. O trabalho preenche uma lacuna existente na cartografia no que concerne à representação de informações sobre o município, através de levantamentos de aspectos sociais, econômicos e naturais. Nesses estudos o uso da cartografia permite a representação de fenômenos no espaço e é uma importante ferramenta didática usada para compreensão das dinâmicas espaciais. Tem-se a convicção de que as inúmeras instituições, cujas ações contribuem para o desenvolvimento do município, e que, portanto, se baseiam no conhecimento da realidade como Prefeitura, Conselho de desenvolvimento escolas contarão com um apoio ás suas atividades.

Palavras chave: Atlas,São Francisco de Assis, cartografia

1. Introdução

A compreensão do espaço geográfico pode ser entendida genericamente como a relação e interação do meio físico (natureza) e ações antrópicas (sociedade). Nesses estudos o uso da cartografia permite a representação de fenômenos no espaço e é uma importante ferramenta didática usada para

compreensão das dinâmicas espaciais. A construção de materiais que reúnem um conjunto de informações e dados apresentados de maneira didática e ilustrativa tem como produto um 'Atlas'. Na idade Antiga, o grego matemático, astrônomo e geógrafo Cláudio Ptolomeu produziu o primeiro atlas conhecido na história da humanidade, a obra denominou-se "Geographia", já trazendo uma compilação de documentos cartográficos. Segundo Martinelli (2009), neste trabalho constava um mapa-múndi e vinte e seis representações elaboradas com dados do mundo conhecido da época. Ainda conforme o autor na idade média não há registros de atlas produzidos, em virtude do isolamento entre sociedades e reinos proposto pelo sistema feudal da época, atrelado a dogmas da igreja católica. Durante o capitalismo mercantil e o início das grandes navegações que são elaborados mapas com localização, e descrição de territórios distantes.

Em 1570 têm-se a publicação de Abraão Ortélio, "Theatrum Orbis Terrarum", um material que continha inúmeras informações, descrições do espaço, e mapas das diversas modalidades. Anos depois, foi publicado o "Atlas Sive Cosmographicae Meditationes de Fabrica Mundi et Fabricati Figura", elaborado por Mercator, com maior número de publicações e o mais conhecido da época, justamente, por esta ser a primeira obra que utilizou-se do termo "Atlas", o nome tem origem na mitologia grega, um titã rebelde, que recebeu o castigo de Zeus de carregar o planeta nos ombros.

Na Idade Moderna, os mapas começaram a ser elaborados com maior detalhamento iniciando a produção de Atlas regionais e nacionais, e com discussões ligadas à relação do meio físico, com a sociedade, como o Atlas produzido pelo geógrafo francês Paul Vidal de La Blache denominado "Atlas Génerál", publicado em 1895, a obra continha muitas inovações, como gráficos, encartes, textos explicativos e um maior número de mapas (RIBEIRO, 2011).

No Brasil, registra-se que o primeiro atlas foi elaborado por Cândido Mendes de Almeida em 1868, intitulado "Atlas do Império do Brasil", e era utilizado na escola imperial de dom Pedro II, no Rio de Janeiro. Têm-se então vários outros Atlas produzidos: "Atlas do Barão de Rio Branco", em 1900 (MORAES, 2015); o "Atlas dos Estados Unidos do Brasil", em 1908, por Teodoro Sampaio que pode ser visualizado online na Biblioteca Nacional de Portugal; e o "Atlas do Brasil", em 1909, pelo Barão Homem de Mello que pode ser acessado na biblioteca do IBGE.

Em 1966, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) publicou o "Atlas Nacional do Brasil". Somente em 2002 o IBGE publica um atlas voltado para o ensino, "Atlas Geográfico Escolar". Atualmente, há inúmeras publicações de atlas estaduais, regionais e municipais, isso por que aproxima o aluno do seu espaço de vivência e propicia estudos de planejamento de determinados locais.

Na perspectiva de estudos da geográfica do lugar, muitos trabalhos da mesma natureza foram realizados, cita-se de Carreiro (2003) que desenvolveu o Atlas municipal e escolar do município de Rio Claro/SP, o Atlas Geoambiental do município de São Borja (Robaina et al 2007), Atlas Geoambiental do município de São Pedro do Sul (Menezes e Robaina, 2011); França Junior e Zucchi (2013) com o Atlas municipal de Cambira/PR e o Atlas do Município de Manoel Viana (Robaina et al 2014).

2. Metodologia

Os diversos trabalhos de levantamentos e mapeamentos desenvolvidos no Laboratório de Geologia Ambiental – LAGEOLAM/UFSM permitiram construir vários mapas temáticos e dados no município de São Francisco de Assis/RS, localizado na bacia hidrográfica do rio Ibicuí. A base cartográfica utilizada foram as cartas topográficas elaboradas pela Diretoria de Serviços Geográfico (DSG/IBGE, 1977) do Ministério do Exército, na escala 1:50.000, que definiram o mapa base da área de estudo.

As imagens de satélite utilizadas foram as dos sensores Landsat 7 ETM+, Aster, Ikonos, imagens de radar SRTM, além de fotografias aéreas de baixa altitude, e fotografias aéreas verticais de 1965 (escala 1:60.000), também integraram o material cartográfico disponível.

A associação dos mapas e dados da área, como o Projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1973, 2003), o mapeamento de solos realizado por Streck et al., (2008), os trabalhos específicos de Verdum (1997) além do Atlas de Arenização desenvolvido por Suertegaray et al., (2001) e, principalmente, os mapeamentos geoambientais em Bacias Hidrográficas

desenvolvidos por Trentin (2011) (Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Itu, oeste do Rio Grande do Sul-Brasil) e De Nardin (2009) (Zoneamento geoambiental no oeste do Rio Grande do Sul: um estudo em bacias hidrográficas).

Todas as informações levantadas, processadas, analisadas e correlacionadas e por fim mapeadas na escala 1:50.000, serviram de base para a caracterização geoambiental que representa a cartografia analítica e de síntese adotada (Figura 1).

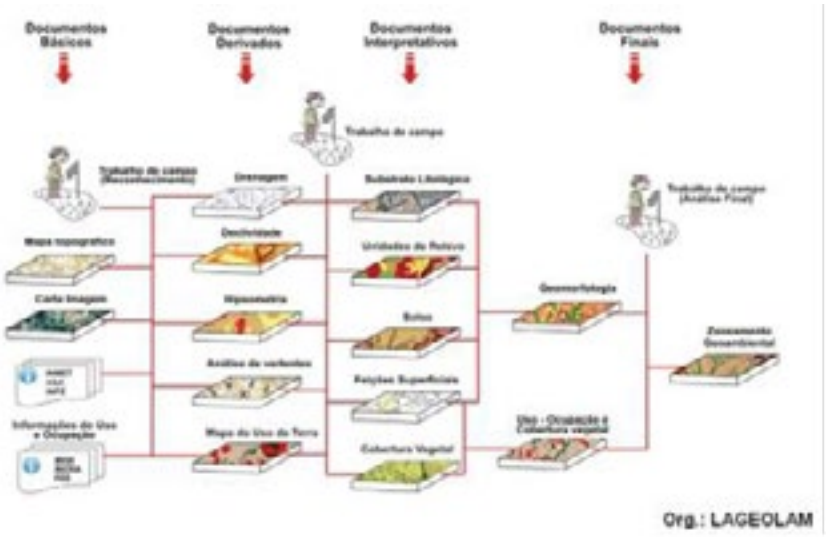
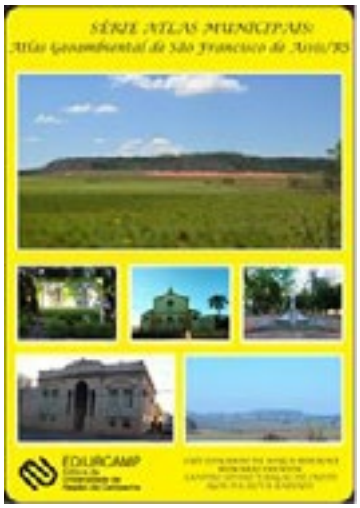


Figura 1 – Esquema metodológico dos mapas gerados e informações utilizadas para o desenvolvimento do zoneamento geoambiental

Para Ferreira & Martinelli (1995) “o mapa é a representação gráfica reduzida e seletiva dos espaços, a fotografia pode melhor expor os conceitos geográficos e o texto constitui uma legenda explicativa das fotografias e dos mapas”.

3. Discussão dos Resultados

A síntese das informações organizadas configuraram no produto final deste trabalho, representado pelo Atlas Geoambiental Municipal. A figura 2 apresenta a capa do Atlas desenvolvidos, para o município de São Francisco de Assis. Cada um dos temas abordados correspondeu a um capítulo do Atlas iniciando com a apresentação do Atlas (Figura 3) e a localização do município, como mostra na figura 4.



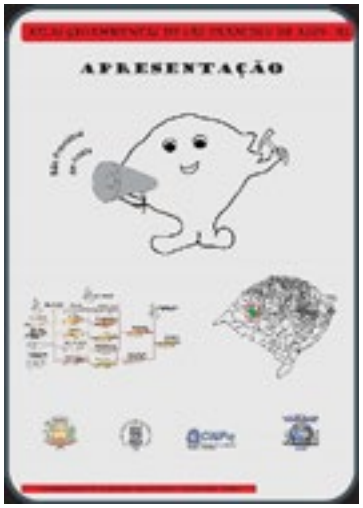


Figura 2 – Capa do Atlas Geoambiental de São Francisco de Assis. Figura 3– Página que inicia a apresentação do Atlas; Figura 4 – Página mostrando a localização do município visto de diferentes escalas.

Dados sobre a ocupação da região onde está incluído o município, sobre a população, economia e o uso dos solos foram obtidos do censo do IBGE e da Fundação de Economia e Estatistica do RS (FEE) são tratados no capítulo História de ocupação do município, como podemos observar nas páginas das figuras 5, 6 e 7, sendo apresentados com tabelas, gráficos e mapas.

Figura 5 – Página do Atlas que apresenta o processo de avanço da ocupação no RS, com o estabelecimento dos municípios. Figura 6 – Página do Atlas com imagens de construções e ruas em diferentes épocas da ocupação urbana. Figura 7 – Página do Atlas com informações sobre o uso e ocupação do município.

Os dados relativos ao ambiente natural são apresentados com informações sobre clima, hidrografia, relevo, geologia e solos do município.

Conforme observa-se no mapa da figura 8, o município de São Francisco de Assis encontra-se na transição entre o Clima Subtropical II (medianamente úmido com variação longitudinal das temperaturas médias) e Subtropical III (úmido com variação longitudinal das temperaturas médias). Com relação a hidrografia São Francisco de Assis têm suas terras drenadas pela Bacia Hidrográfica do Ibicuí, importante afluente do rio Uruguai cuja Bacia drena grande parte das porções norte e oeste do Rio Grande do Sul (Figura 9). O relevo no município se divide em três porções: a primeira é formada por áreas planas, junto aos rios Ibicui, Jaguari e seus principais afluentes,

relevo de colinas; relevo movimentado de morros e morrotes, associados com colinas (Figura 10).

Figura 8 – Página do Atlas que apresenta os tipos de clima do RS, com destaque para São Francisco de Assis. Figura 9 – Página do Atlas que apresenta o município nas bacias hidrográficos do estado do RS. Figura 10 – Página do Atlas com imagens de formas de relevo de morrotes e colinas.

Antes de apresentar a geologia de São Francisco de Assis foi feito uma discussão de temas importantes que tratam da geologia do nosso Planeta, como: a Tectônica Global de Placas, tempo geológico e a coluna estratigráfica com as divisões em Eras, Períodos e Épocas (Figuras 11 e 12).

As rochas mais antigas que afloram no município conforme (Permiano Superior – Triássico) representam condição de grandes rios meandrantes escoando em uma região árida (Figura 13). Sobreposta a essa ocorre outra sequência fluvial do final do Jurássico e no início do Cretáceo representado pela Formação Guará. Os avanços das condições desérticas estão representados por uma sequência eólica da Formação Botucatú (Figura 14). No Período Cretáceo (145 a 66 milhões AP) iniciou-se a gradual

fragmentação do grande continente Pangea e a ocorrência de pacotes de lavas da Formação Serra Geral (Figura 15).

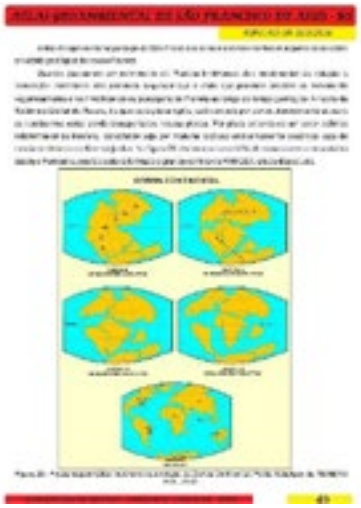


Figura 11 – Página do Atlas que mostra o movimento dos continentes no tempo geológico. Figura 12 – Página do Atlas com uma coluna estratigráfica.

Figura 13 – Página do Atlas que mostra rochas que representam depósitos continentais que indicam condição de grandes rios meandrantes. Figura 14 – Página do Atlas com uma imagem de um campo de dunas que representa o ambiente durante a deposição da Formação Botucatú. Figura 15 – Página do Atlas que mostra os processos vulcânicos da Formação Serra Geral.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com base em STRECK et al., 2008 no município de São Francisco de Assis encontram-se as seguintes classes de solos (conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS – de 1999): solos hidromórficos divididos em Gleissolos, Planossolos e Neossolos Quartzarênicos Flúvicos; os solos mal desenvolvidos que são Cambissolos e Neossolos Litólicos e Quartzarênicos; e os solos bem desenvolvidos que são definidos como Argissolos, Latossolos e Nitossolos (Figura 16 e 17).

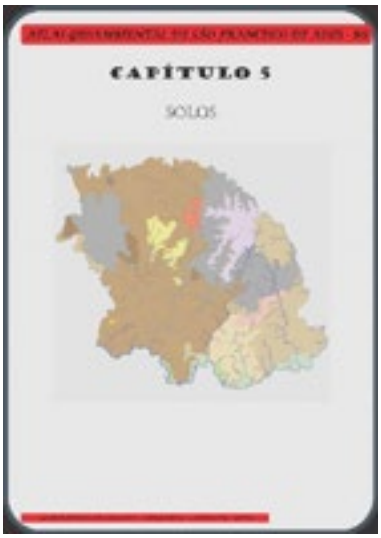


Figura 16 – Página do Atlas que apresenta o capítulo de solos presentes no muncípio. Figura 17 – Página do Atlas com uma imagens de paisagens com diferentes tipos de solos.

O zoneamento geoambiental pode ser considerado uma técnica de integração e síntese de informações temáticas que identificam padrões de vulnerabilidade e potencialidade diferenciados. Para o referido município foram definidas 12 unidades geoambientais, apresentadas cartograficamente (Figura 18), as quais apresentam características homogêneas quanto as condições topográficas de substrato geológico,

solos e formas de uso. As informações sobre cada unidade são apresentadas no Atlas (Figura 19).

Figura 18 – Página do Atlas que mostra o mapa de zoneamento geoambiental. Figura 19 – Página do Atlas com uma imagem de tabela com informações de cada unidade e a apresentação de suas características.

4. Considerações Finais

A sistematização das informações estatíticas e cartograficas do município de São Francisco de Assis, possibilitou a elaboração do Atlas Geoambiental do município que torna-se um ferramenta para diversas aplicações no município

O trabalho preenche uma lacuna existente na cartografia no que concerne à representação de informações sobre o município, através de levantamentos de aspectos sociais, econômicos e naturais. Tem-se a convicção de que as inúmeras instituições, cujas ações contribuem para o desenvolvimento do município, e que, portanto, se baseiam no conhecimento da realidade como Prefeitura, Universidades, Conselho de desenvolvimento, entre outros contarão com um importante apoio ás suas atividades.

Agradecimentos

FAPERGS: Fundação de Amparo a Pesquisa do Rio Grande do Sul; CNPQ: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; CAPES: "O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

5. Referências Bibliográficas

CARREIRO, Maria Silvia Almeida. Um Olhar Geográfico Sobre a Construção do Atlas Municipal e Escolar de Rio Claro. **Cad. Cedes, Campinas, v. 23, n. 60, p. 169-178**, agosto 2003.

DE NARDIN, D. **Zoneamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: um Estudo em Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. (Dissertação de Mestrado).

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA DO RIO GRANDE DO SUL, **Perfil Socioeconômico**, Disponível em: http://www.fee.rs.gov.br/: Acesso em 10 de nov. 2016

FRANÇA JUNIOR, P. e ZUCCHI, V P. A construção do Atlas municipal de Cambira/PR: para o ensino e a aprendizagem Geográfica do lugar. **Geografia Ensino & Pesquisa,** v. 17, n.1, jan./abr. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento de recursos naturais do projeto RadamBrasil. Folha SH.21. Santiago e Alegrete. Rio de Janeiro, 1973.

_____. Projeto RadamBrasil: Geomorfologia (Folha SH-21. Santiago e Alegrete). Rio de Janeiro, 2003.

_____ **Atlas Nacional do Brasil**, Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/atlas.shtm>. Acesso em: 20 de jun. 2017.

_____ **Censo Agropecuário**, Disponível em:< http://www.ibge.gov.br/censoagropecuario>. Acesso em: 20 de jun. 2011.

_____ **Censo Demográfico**. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/censo demográfico>. Acesso em: 26 de jun. 2011.

FERREIRA, G.M.L. & MARTINELLI, M.; **A cartografia para os atlas geográficos para crianças**. In: *COLÓQUIO Cartografia para Crianças*, 1.,Rio Claro, 1995. *Anais...* Rio Claro: UNESP/USP, 1995. p.37-40.

MARTINELLI M. O atlas do Estado de São Paulo: uma reflexão metodológica.**Confins** - Revista francobrasilera de geografia. 2009:Número 7.

MENEZES, D. J. & ROBAINA, L.E.S. **Atlas Geoambiental de São Pedro do Sul**. Trabalho de Graduação. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

MORAES, A. C. M. «O Barão do Rio Branco e a Geografia»,*Terra Brasilis (Nova Série)* [Online], 5/2015, posto online no dia 17 dezembro 2015, consultado o 27 novembro 2018. URL: http://journals.openedition.org/terrabrasilis/1546; DOI: 10.4000/terrabrasilis.1546

RIBEIRO, G. Paul Vidal de La Blache e a formação do campo história do Pensamento geográfico. **Geo UERJ** - Ano 13, nº. 22, v. 2, 2º semestre de 2011 p. 232-249 - ISSN 1981-9021

ROBAINA, L. E. S. et al. **Atlas Geoambiental de São Borja**. 01 ed. Universidade Federal de Santa Maria: LAGEOLAM, Santa Maria, 2007, 64p.

ROBAINA, L.E.S.; TRENTIN, R.; ALVES, F.S.;SCCOTI, A. A. V. **Série Atlas Municipais: Atlas Geoambiental de Manoel Viana/RS**. 1. ed. Bagé: EDIURCAMP, 2014.

STRECK, E. V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELI, L. A.; VERDUM, R. **Atlas da arenização: Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento do Rio Grande do Sul, 2001.

TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do rio Itu – oeste do Rio Grande do Sul – Brasil**. 1997. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

VERDUM, R. **Approche géographique des "déserts" dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, Etat du Rio Grande do Sul, Brésil**. 1997. Tese (Doutorado em Géographie et Aménagement) – Université de Toulouse II Le-Mirail, UFR de Géographie/Aménagement, Toulouse, 1997.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

TAXA DE ELEVAÇÃO DO RELEVO E ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DE RUGOSIDADE NA BACIA DO RIO BARRA GRANDE – PLANALTO BASÁLTICO NO OESTE CATARINENSE

William Zanete Bertolini[(a)], Sandra Cristina Deodoro[(b)], Ademar Graeff[(c)]

[(a)] Campus Chapecó, Universidade Federal da Fronteira Sul, william.bertolini@uffs.edu.br
[(b)] Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, sdeodoro@hotmail.com
[(c)] Campus Chapecó, Universidade Federal da Fronteira Sul, ademar.graeff@outlook.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Neste trabalho, o objetivo principal refere-se à mensuração, espacialização e interpretação de dois índices morfométricos para a bacia do rio Barra Grande no oeste do Estado de Santa Catarina, Brasil, e seus significados no tocante à associação com a gênese recente do relevo da bacia: o Índice de Concentração da Rugosidade do relevo (ICR) e a taxa de elevação do relevo (Er). O ICR relaciona-se à dissecação fluvial. A taxa E_r é um índice empregado em estudos neotectônicos e seu significado ressalta que topografias acima da média tendem a indicar algum processo de soerguimento do relevo. Os resultados indicaram que (i) o ICR mostrou-se condizente com o mapeamento do RADAM quanto ao aprofundamento da incisão e densidade de drenagem nas porções norte, central e sudoeste da bacia; (ii) a taxa Er por si só não sugere processo neotectônico para a bacia do rio Barra Grande.

Palavras chave: ICR – Taxa de elevação do relevo (Er) – geomorfologia – oeste de Santa Catarina

1. Introdução

Dentre os procedimentos morfométricos de caracterização e análise do relevo está o Índice de Concentração de Rugosidade – ICR (SAMPAIO, 2008; SAMPAIO E AUGUSTIN, 2008; SOUZA E SAMPAIO, 2010) – que mensura a rugosidade da superfície e, indireta e pretensamente, a dissecação do relevo. A rugosidade da superfície é uma característica que serve, dentre outras finalidades, para distinguir entre si unidades de relevo (HOBSON, 1972) e porções do terreno que tenham passado por processos desnudacionais mais ou menos intensos (FONSECA, 2010; BERTOLINI e DEODORO, 2018). Os valores do ICR obtidos para cada ponto representam não seus valores locais, mas o padrão dos valores de declividade observados em uma determinada área, fornecendo, portanto, unidades espaciais contínuas com características morfológicas similares (SOUZA e SAMPAIO, 2010). O ICR adota como referencial de análise a distribuição espacial (dispersão/concentração) da declividade utilizando-se, portanto, dos valores indiretos da rugosidade, conforme proposto por Hobson (1972), bem como do entalhamento do relevo (IBGE, 1973), a partir da análise da repetição dos valores de declividade por unidade de área.

Outro índice cuja relação com o grau de dissecação permite utilizá-lo como indicador do estágio de desenvolvimento do relevo no contexto da sua transformação é a integral hipsométrica (STRAHLER, 1952; LIFTON e CHASE, 1992; WALCOTT e SUMMERFIELD, 2008), equivalente à taxa de elevação do relevo (Er), conforme Pike e Wilson (1971). Aqui este índice é calculado e avaliado na interpretação de condicionantes na transformação e evolução do relevo da bacia do rio Barra Grande, oeste de Santa Catarina.

2. Área de estudo

A bacia do rio Barra Grande é uma bacia de 4ª ordem (Strahler), possui 171,8 km^2 e abrange os municípios de São Carlos, Palmitos, Cunhataí e Cunha Porã, na região oeste de

ISBN: 978-85-7282-778-2

Santa Catarina. Seu exutório está localizado na margem direita do alto rio Uruguai a 224 metros de altitude. Do ponto de vista geológico, toda a bacia assenta-se sobre as rochas eruptivas da Formação Serra Geral. Predominam basaltos originados pelos derrames de lavas ocorridos entre 133 e 119 Ma, durante o período Juro-Cretáceo (MARQUES e ERNESTO, 2004; CPRM, 2010). Do ponto de vista geomorfológico, a bacia do rio Barra Grande está inserida no domínio geomorfológico do Planalto Meridional, localmente marcado por vales incisos e íngremes que configuram um subcompartimento rebaixado denominado de Planalto Dissecado do Rio Uruguai (Figura 1). Trata-se de um modelado de dissecação fluvial marcado por canais em leito rochoso (lajeados).

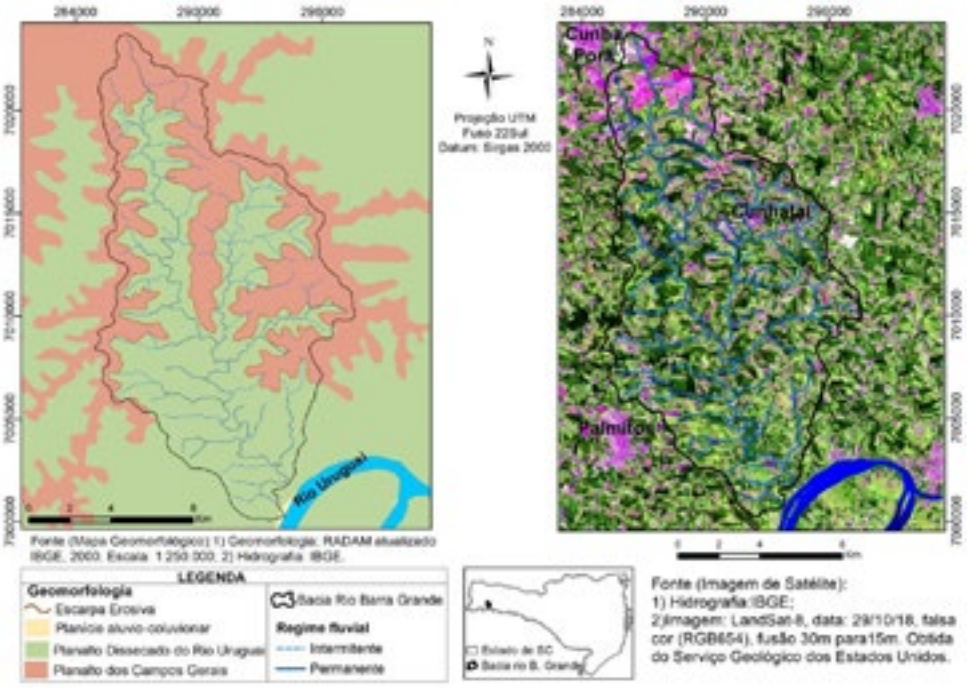


Figura 1 – Mapa das unidades de relevo e compartimentação da bacia do rio Barra Grande (esquerda) e Imagem LandSat 8-falsa cor da bacia do rio Barra Grande (direita).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Sua paisagem pode ser visualizada na Figura 1 (direita) que apresenta, de maneira geral, as áreas com fragmentos de vegetação nativa, em menor ocorrência (tons de verde médio e escuro), e áreas antropizadas (cores rosa, roxo, bege e tons claros de verde). Destaca-se a rara ocorrência de solo exposto na bacia do rio Barra Grande (cores esbranquiçadas). A mancha urbana totalmente incidente é a da cidade de Cunhataí.

O nível altimétrico superior da bacia é dado pela superfície do Planalto dos Campos Gerais que se apresenta em níveis de superfícies mais alteadas de topos aplanados ou levemente convexizados e supostamente associadas a remanescentes de superfícies de aplainamento antigas (PAISANI, PONTELLI e ANDRES, 2008). Os acentuados e declivosos desníveis que separam um compartimento planáltico do outro são apontados pelo IBGE (2003) e por BERTOLINI e DEODORO (2018) como escarpas erosivas. Corrobora esta interpretação a configuração festonada e pouco linear desses desníveis escarpados. Peluso Junior (1986, p.115) afirma que a forma dos vales está frequentemente associada às peculiaridades dos derrames que, por sua vez, conferem ao basalto feições variadas conforme os fenômenos que ocorreram no resfriamento do magma.

3. Materiais e métodos

O ICR é um índice morfométrico obtido em ambiente SIG, pela aplicação do estimador de densidade de Kernel. Esse estimador é uma ferramenta geoestatística que reúne, conforme um raio de busca indicado pelo operador do procedimento, pontos referentes a valores de declividade expressos em um modelo digital do terreno. Dessa maneira, na concepção do ICR, a rugosidade do relevo é entendida como o padrão de variação espacial da declividade. A obtenção desse índice pode se dar por meio de abordagens local e/ou regional (SAMPAIO, 2008). Vale ressaltar que o ICR tem sido utilizado como medida de dissecação do relevo mas não leva em conta a distância interfluvial entre topos de morro e o aprofundamento das incisões

como o fez o projeto RADAM para o mapeamento geomorfólogico de amplas áreas do país. Ele avalia indiretamente essas variáveis de dissecação a partir da declividade. Os raios de busca testados na espacialização deste índice foram de 500 m (ICR local) e de 1000 m (ICR regional).

A declividade foi obtida a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da área de estudo, gerado a partir de imagem do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), de resolução espacial de 30m (1 arco-segundo), disponibilizada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Essa imagem foi obtida no sítio eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) através da plataforma Earth Explorer.

A taxa de elevação do relevo (E_r), como definida e demonstrada matematicamente equivalente à integral hipsométrica (HI) por Pike e Wilson (1971), é uma taxa tradicionalmente empregada em estudos que investigam a influência estrutural do arcabouço geológico e processos neotectônicos na evolução e transformação do relevo. Seu cálculo é facilmente realizado por meio da seguinte expressão: altitude média – altitude mínima / altitude máxima – altitude mínima. Normalmente os valores desse índice variam de 0,15 a 0,85, tendendo a se concentrar em maior medida entre 0,4 e 0,6 (PIKE e WILSON, 1971, p.1079). O significado desse índice ressalta que altos valores indicam que a maior parte da topografia está acima da média enquanto valores intermediários a baixos estão associados com uma dissecação mais uniforme de determinada área (KELLER e PINTER, 2002, p.123). Topografias acima da média, ou seja com altas taxas, podem ser indícios de algum processo de soerguimento, incluindo-se aí movimentos tectônicos recentes. Na literatura, altos valores de Er correspondem a um estágio de juventude, acompanhado de tectônica ativa e soerguimento, enquanto baixos valores de Er representam paisagens antigas já muito desnudadas e pouco influenciadas por processos neotectônicos (LIFTON e CHASE, 1992; WALCOTT e SUMMERFIELD, 2008; FARAHN *et al*., 2016). Tais associações devem ser tomadas com cautela, no entanto, já que o tempo de resposta à perturbação tectônica deve ser levado em consideração (LIFTON e CHASE, 1992)

e áreas tectonicamente ativas podem apresentar HI baixos (FARAHN *et al*., 2016). Aqui este índice foi calculado para onze sub-bacias componentes da bacia do rio Barra Grande e para esta bacia como um todo.

Adicionalmente, com o objetivo de visualizar a paisagem da área de estudo, cenas da imagem LandSat 8 também foram utilizadas. A imagem LandSat foi obtida do sítio eletrônico do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) e a data de aquisição pelo sensor OLI/TIRS é 29/10/2018. Foram utilizadas a banda pancromática 8 (15m de resolução espacial) e as multiespectrais 6, 5, e 4 (30m) para composição falsa cor (RGB654) que permite melhor verificação das áreas verdes e antropizadas. Para melhorar a resolução espacial da imagem colorida sintética foi utilizada uma fusão entre as bandas e utilizou-se o parâmetro Bilinear. Os parâmetros Vizinho Mais Próximo e Convolução Cúbica também foram testados, mas o Bilinear apresentou melhor nitidez da imagem e reconhecimento dos elementos.

4. Resultados e discussões

A espacialização da densidade de drenagem e do aprofundamento das incisões fluviais (Figura 2) demonstram uma densidade de drenagem elevada na baixa bacia e nos eixos dos seus principais afluentes, o rio Barra Grande (eixo N-S) e o rio Barra Pequena (eixo NE-S). Tal densidade maior coincide com o compartimento geomorfológico do Planalto Dissecado do rio Uruguai.

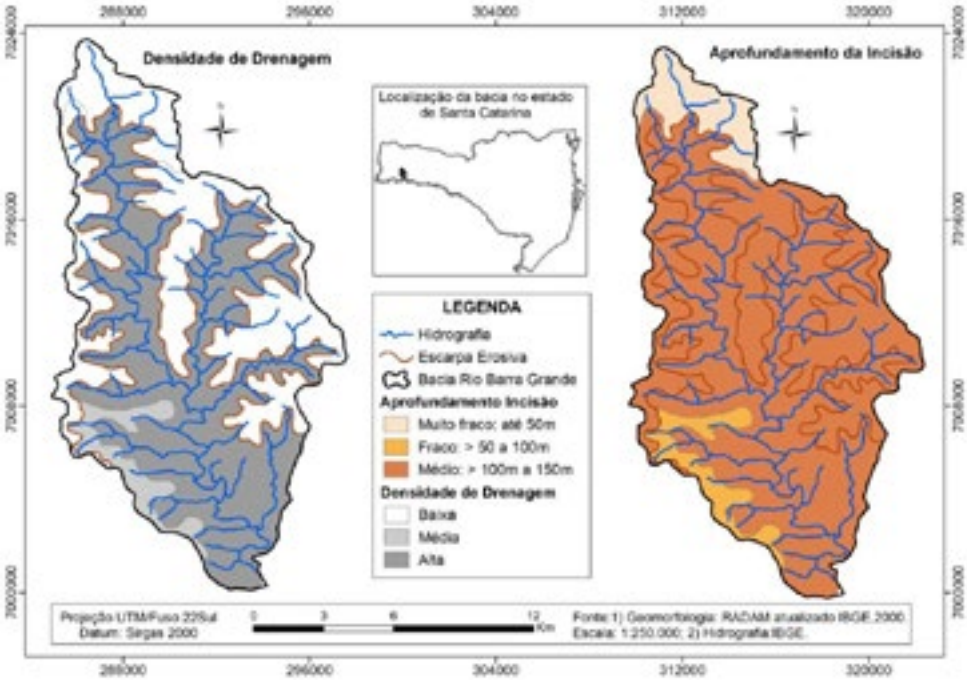


Figura 2 – Mapas da densidade de drenagem (esquerda) e aprofundamento das incisões (direita) da bacia do rio Barra Grande.

Quanto ao aprofundamento das incisões, os maiores aprofundamentos, da ordem de 100 a 150 m, relacionam-se sobretudo à média e baixa bacia. Apenas o extremo montante da bacia, relacionado ao Planalto dos Campos Gerais e associado a topos tabulares mais extensos, é que apresenta um aprofundamento muito fraco das incisões da drenagem (da ordem de até 50 m). Essas variáveis são informações obtidas e mapeadas em escala regional (de 1:250.000) servindo apenas como balizadoras de análises no âmbito das relações locais com a morfogênese da bacia.

Com relação à espacialização do ICR (Figura 3), apenas a porção mais a montante da bacia apresenta um ICR baixo, tanto na abordagem local (raio de 500m) como na regional (raio de 1000m), em função das baixas declividades aí presentes e relacionadas aos topos aplainados do Planalto dos Campos Gerais. A porção mais a jusante, próxima ao exutório junto ao nível

de base regional (rio Uruguai), também apresentou baixo ICR. Destaca-se que o raio de 500 m foi o resultado mais equivalente à espacialização dos declives (Figura 4). Embora Sampaio (2008) tenha definido os valores de raio de busca de 564 m e 1028 m, respectivamente, para a área de estudo da metodologia por ele proposta, nos testes realizados para a bacia do rio Barra Grande não houve diferença significativa entre estes valores. Desta forma, optou-se por adotar os valores arredondados.

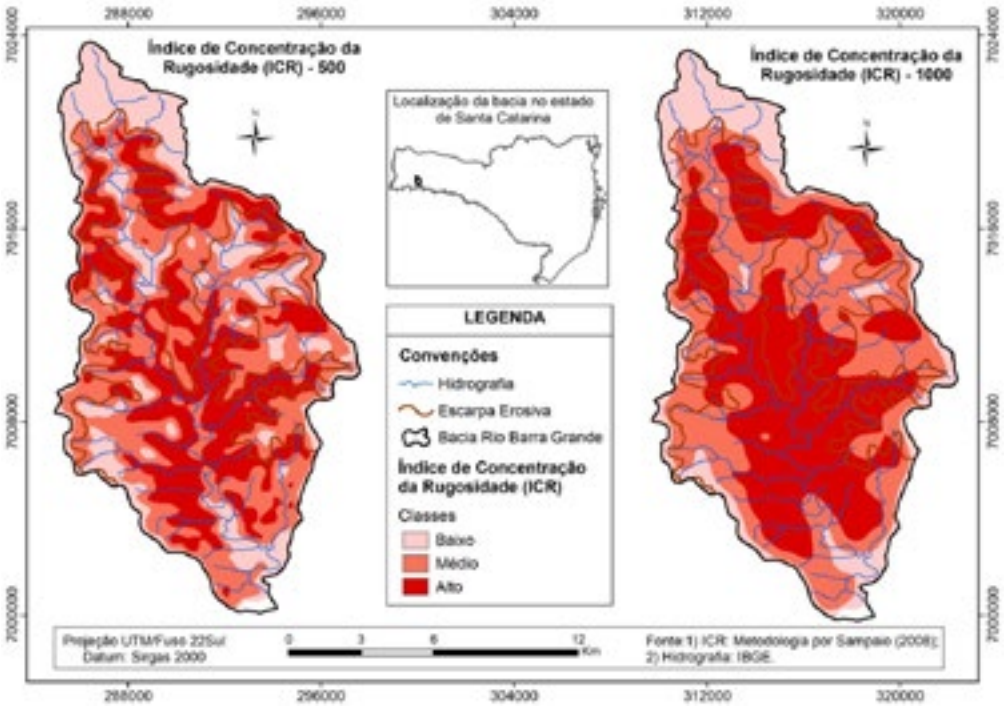


Figura 3 – Mapas do ICR da bacia do rio Barra Grande.

ISBN: 978-85-7282-778-2

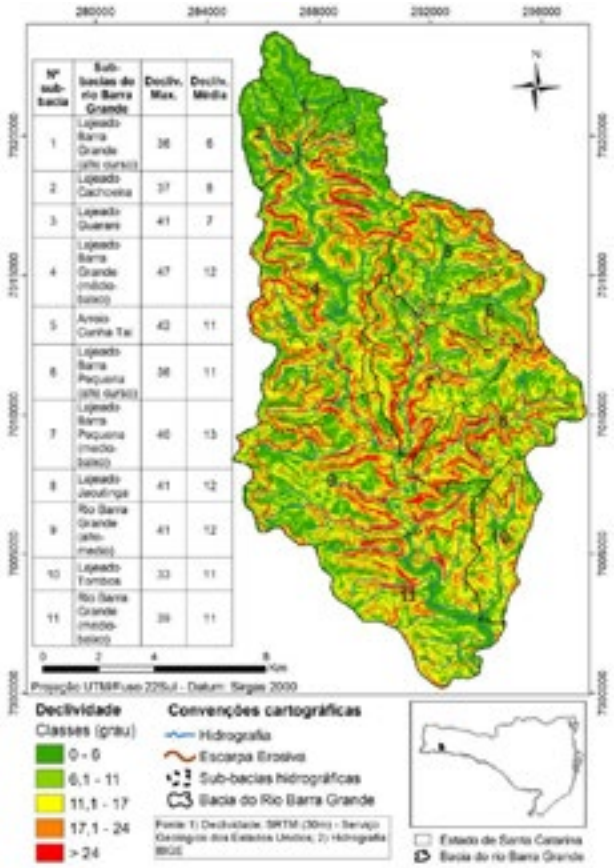


Figura 4 – Mapa de declividade da bacia do Barra Grande (SC).

A comparação do ICR (raio de 500 m) com o mapa de declividade mostrou que as manchas de ICR alto são coincidentes com a distribuição dos maiores declives concentrados nas sub-bacias 4, 7 e 8, onde seria de se esperar menores declives por se tratar da porção média-baixa. Tal distribuição das declividades chama a atenção para a interveniência de algum fator (estrutural ou tectônico?) que demanda futuras investigações.

Interessante observar que, mesmo sob abordagem regional dos mapas do projeto RADAM, os resultados do ICR coadunaram com os valores de densidade de drenagem e de aprofundamento da incisão nas porções norte e sudoeste da bacia, em termos de rugosidade e

dissecação. Estas áreas apresentaram baixo ICR, aprofundamento muito fraco a fraco da incisão e baixa a média densidade de drenagem indicando serem algumas das menos rugosas da bacia. Por outro lado, pode-se dizer que a média-baixa bacia é a porção mais rugosa e, a princípio, a que indicaria maior dissecação fluvial, representada por altos valores de ICR e acompanhada por altas declividades (> 24 graus ou 30%) junto às vertentes marginais aos principais eixos de drenagem nessa área.

O cálculo da taxa de elevação do relevo (Er) para a bacia do Barra Grande como um todo foi de 0,50. O cálculo para cada uma das onze sub-bacias (Figura 5) variou de 0,456 (a menor) até 0,502 para a maior, com uma média de 0,49, ou seja, muito próxima da taxa para a bacia como um todo.

ISBN: 978-85-7282-778-2

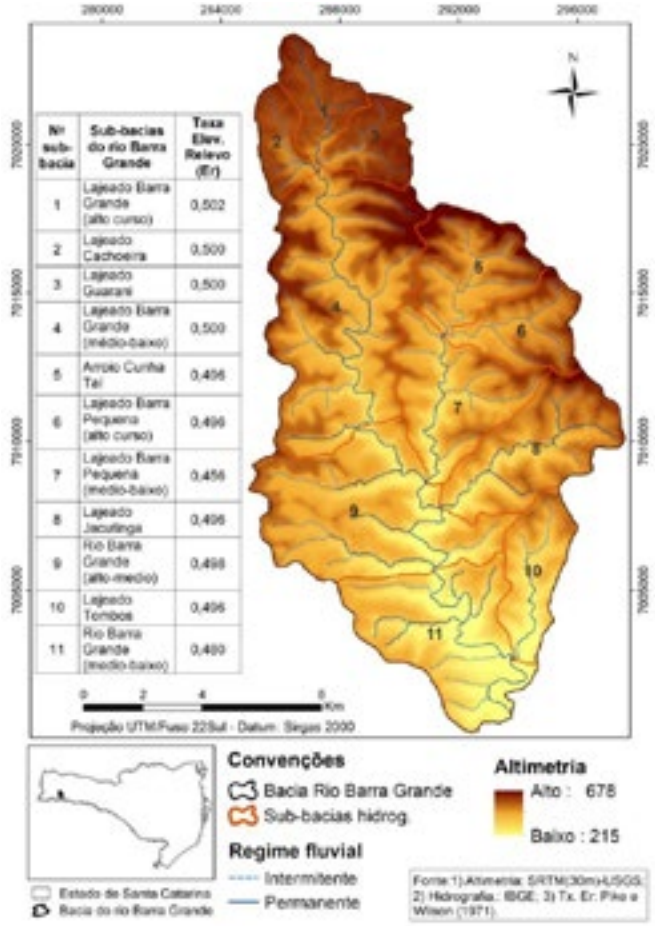


Figura 5 – Taxas de elevação do relevou (Er).

Taxas semelhantes foram calculadas por Khadri e Chaitania Pande (2014) para a bacia do rio Mahesh (Índia) no contexto geológico basáltico do Planalto do Decã e por Farhan *et al*., (2016) para 22 bacias na Jordânia (próximas ao Mar Morto). Esses autores classificaram os índices entre 0,40 e 0,58 como representativos do início do estágio de maturidade do relevo (FARAHN *et al*., 2016, p.1325), em conformidade com o que afirmam Keller e Pinter (2002). No caso da bacia do rio Barra Grande este índice, sozinho, não tende a apontar para a interveniência de processos tectônicos recentes como de destaque na morfogênese quaternária

do relevo, o que corrobora os dados apresentados por BERTOLINI, DEODORO e BOETTCHER (2019) a respeito dos perfis longitudinais dos canais do rio Barra Grande e Barra Pequena, principais eixos de drenagem da bacia hidrográfica em estudo. Falta, no entanto, uma melhor explicação das causas da concentração de elevados declives e maior rugosidade nas vertentes da média-baixa bacia (sub-bacias 4, 7 e 8).

Apesar das maiores taxas de Er terem ocorrido na cabeceira da bacia e coincidirem com as menores declividades médias aí presentes, o desvio padrão entre as taxas Er foi de 0,014 não justificando diferença significativa entre todas as onze taxas calculadas. A correlação estatística r entre as taxas Er e as declividades médias foi de -0,500, ou seja, moderadamente negativa.

5. Considerações finais

O ICR local apresentou-se como meio equivalente à espacialização das declividades na bacia obtidas por meio do SRTM. Mostrou-se também condizente com o mapeamento do RADAM referente ao aprofundamento da incisão e densidade de drenagem para estas áreas ainda que aquele mapeamento tenha sido utilizado apenas como balizador de análises no âmbito das relações com a morfogênese da bacia. Relacionando este índice com a ocupação do solo na bacia (Figura 1), percebe-se que as ocupações mais intensas na bacia ocorrem onde há baixos valores de ICR. Como este é derivado da declividade, ele tem o potencial de apresentar áreas favoráveis à preservação e áreas favoráveis à ocupação do solo.

A taxa de elevação do relevo (Er) apresentou um valor médio de 0,49 para toda a bacia e na comparação entre as onze sub-bacias avaliadas não tende a indicar grande variação. Pelo que se pode supor, a princípio, que não tende a indicar interveniência de processo tectônico recente na morfogênese ativa da bacia que elabora a superfície do Planalto Dissecado do rio Uruguai. Supõe-se que as concentrações de declividade (rugosidade) na média-baixa bacia

devem estar relacionadas a fatores de ordem da dinâmica superficial e/ou de seus cursos d'água suscitando hipóteses de variação de vazão e/ou escoamento em função de variações no clima ou até mesmo movimentos de massa associados ao frequente e comum diaclasamento da rocha basáltica na região. A partir dos resultados deste trabalho, o fator neotectônico não parece ser a explicação mais apropriada para esses declives acentuados e vizinhos a trechos de drenagem já bastante ajustados ao que se demonstra pelos perfis longitudinais de canal (BERTOLINI, DEODORO e BOETTCHER, 2019). Além disso, as maiores taxas Er ocorreram na porção norte da bacia, onde os valores de ICR foram baixos e as declividades médias foram menores.

6. Referências Bibliográficas

CPRM. **Mapa de Geodiversidade do Estado de Santa Catarina.** Brasília, 2010.

BERTOLINI, W.Z.; DEODORO, S.C. Estudo da dissecação do relevo no alto rio Piranga (MG). **Geociências**. v.37, n.1. UNESP, São Paulo. 2018. p.183-192.

BERTOLINI, W.Z.; DEODORO, S.C; BOETTCHER, N. Análise morfométrica da bacia do rio Barra Grande – oeste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v.20, n.1. São Paulo. 2019. p.3-17.

FARAHN, Yahya.; MOUSA, Rami.; DAGARAH, Arij.; SHTAYA, Durgham. Regional hypsometric analysis of the Jordan Rift drainage basins (Jordan) using Geographic Information System. **Open Journal of Geology**. 6. 2016. p.1312-1343.

FONSECA, B.M. **O uso do Sistema de Informações Geográficas na análise morfométrica e morfológica de bacias de drenagem na serra do Espinhaço Meridional-MG**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

HOBSON, R.D. Surface roughness in topography: quantitative approach. In: Chorley, R. J., (editor). **Spatial analysis in geomorphology**. Methuen, London, 1972. p. 225–245.

KELLER, E.A.; PINTER, N. **Active Tectonics: earthquakes, uplift, and landscape.** 2.ed Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 2002.

KHADRI, S.F.R.; CHAITANYA PANDE. Hypsometric analysis of the Mahesh river in Akola and Buldhana Districts using remote sensing & GIS technology. **Golden Research Thoughts**. Volume 3; Issue 8, Feb 2014.

LIFTON, Nathaniel A.; CHASE, Clement G. Tectonic, climatic and lithologic influences on landscape fractal dimension and hypsometry: implications for landscape evolution in the San Gabriel Mountains, California. **Geomorphology**. 5, 1992. p.77–114.

MARQUES, Leila S.; ERNESTO, Marcia. O magmatismo toleítico da Bacia do Paraná. In: **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, cap. XV. Ed. Becca. São Paulo, 2004. p.245-263.

PAISANI, Julio C.; PONTELLI, Marga E.; ANDRES, Juliano. Superfícies aplainadas em zona subtropical úmida no Planalto Basáltico da Bacia do Paraná (SW Paraná/NW Santa Catarina): primeira aproximação. **Geociências**. v.27. n.4. 2008. p.541-553.

PIKE, R.J.; WILSON, S.E. Elevation-relief ratio, hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis. **Geological Society of America Bulletin**. n.82 (4), 1971. p.1079-1084.

SAMPAIO, T. V. M. **Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem: uma proposta baseada na análise da bacia hidrográfica do rio Benevente-ES.** Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Análise das incongruências dos índices de dissecação e rugosidade. Anais do Simpósio Nacional de Geomorfologia, 7., 2008, Belo Horizonte. **Anais**… Belo Horizonte, 2008.

SOUZA, L.F.; SAMPAIO, T.V.M. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade à identificação de classes de dissecação do relevo: uma proposta de quantificação e automatização em ambiente SIG. **Anais do Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, III, 2010, Recife**.**

STRAHLER, Arthur N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. **Bulletin of the Geological Society of America**. 63, 1952. p. 1117-1142.

WALCOTT, Rachel C.; SUMMERFIELD, Michael A. Scale dependence of hypsometry integrals: an analysis of southeast African basins. **Geomorphology**. 96. 2008. p.174-186.

ISBN: 978-85-7282-778-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AVALAÇAO DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E DESERTIFICAÇÃO DOS PERÍMETROS IRRIGADOS, NO MUNICÍPIO DE PETROLINA – PE

Rodrigo José de Carvalho Lopes [(a)], Antonio Marcos dos Santos [(b)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido, UPE CAMPUS PETROLINA, rdg_jose@hotmail.com

[(b)] Colegiado de Geografia/ Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental para o Semiárido, UPE CAMPUS PETROLINA, geo_fisica@yahoo.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo deste trabalho é analisar a relação entre a expansão dos perímetros irrigados com a temperatura de superfície no município de Petrolina, semiárido do estado de Pernambuco, e suas implicações ao processo de susceptibilidade à desertificação. Para realização deste estudo foram empregadas imagens orbitais geradas a partir de sensores instalados no satélite Landsat 5 e 8. Os produtos orbitais foram processados através das técnicas de sensoriamento remoto gerando assim o SAVI, o IAF, a emissividade e, por último a temperatura e superfície para os anos de 1987, 1991, 1996, 2001, 2005, 2009 e 2015. Os resultados apontam que houve redução da vegetação de caatinga em detrimento da expansão da agricultura irrigada, porém devido os cultivos irrigados se manterem de verão a verão, os mesmos contribuem para manutenção da temperatura de superfície. Nas áreas dos perímetros onde há ainda caatinga, a temperatura de superfície obteve a dois fatores o desmatamento e os períodos de estiagens. Nos anos com baixo índice pluviométrico a temperatura tende a ser maior devido à desproteção do solo, o mesmo acontece nas áreas desmatadas surgidas nos últimos 20 anos.

Palavras chave: cobertura vegetal, sensoriamento remoto e impacto ambiental.

1. Introdução

As Nações Unidas adotaram a definição de desertificação como a degradação das terras localizadas nas zonas áridas, sub-úmidas secas e semiáridas resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e atividades humanas (ODORICO *et al*., 2013). Para Pacheco, Freire e Borges (2006) a degradação das terras secas gera o empobrecimento dos recursos

minerais e hídricos, reduzindo a biodiversidade, assim como, às atividades humanas, culminando nos impactos sociais.

Um dos problemas principais que contribuem para o processo de desertificação é a retirada da cobertura vegetal devido à produção da: lenha; carvão vegetal; desenvolvimento de pastagens, assim como outras práticas de extração que vão sendo usadas para atende as necessidades humanas (PACHECO; FREIRE; BORGES, 2006). A destruição da vegetação deixa os solos expostos a efeito da intensa atividade solar nas regiões secas.

Em estudo realizado na China, Xu *et al*., (2014) constataram que a expansão agrícola, ao longo de 10 anos, provocou o desmatamento que associado aos aumentos na temperatura vem contribuindo com o processo de desertificação. Isto porque, o solo descoberto recebe maiores quantidades de energia solar, não permitindo o acumulo de umidade tornando as terras mais secas e expostas a erosões, danificações nas estruturas biológicas dos solos.

Entender a relação entre a expansão agrícola com a dinâmica da temperatura de superfície torna-se imprescindível no semiárido pernambucano, principalmente nos polos de agricultura irrigada.

Na década de 1960, o governo federal injetou recursos para criação dos perímetros irrigados entre Petrolina-PE e Juazeiro-BA. A implantação ocorreu através de campanha de Perímetros Públicos efetuada pela campanha de desenvolvimento do vale do São Francisco (CODEVASF) (ORTEGA e SOBEL, 2010; MARINOZZI e CORREIA, 1999).

De 1960 a 2019 se passaram 59 anos, ou seja, quase seis décadas que é necessidade estudos sobre a relaxão entre os impreendimentos irrigados e problematica da desertificação na área de estudo, atualmente são poucos havendo a necessidade estudos de investigções cientificas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar a relação entre a expansão dos perímetros irrigados com a temperatura de superfície no município de Petrolina, semiárido do estado de Pernambuco, e suas implicações ao processo de susceptibilidade à desertificação.

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Material e Método

2.1 Área de Estudo

O município de Petrolina (Figura 1), estado de Pernambuco, está localizado na Depressão Sertaneja, a qual apresenta estrutura plana com presença de morro testemunho e inselbergs. Os solos predominantes na região são os Argilsolos e os Neossolos Quartzarênicos, Litolícos, Flúvicos e Regolíticos (CASTRO, SANTOS, 2015). A população estimada é de 337.683 habitantes, sendo que o maior quantitativo populacional encontra se na área urbana (IBGE, 2010).

Quanto a estrutura econômica, o destague é agricultura irrigada. De acordo com DINC (2019), área irrigada em Petrolina é de 24.837 ha empregando cerca de 90.000 pessoas direta ou indiretamente, movimentando o setor produtivo agropercuario, comecial e de serviços na região.

2.2 Procedimentos Metodologicos

Para desenvolvimento do trabalho foram selecionadas 14 imagens do satélite Landsat 5 e 8, geradas pelos sensores TM e OLI, respectivamente, sendo da órbita 217 ambas do ponto 66. As imagens correspondem ao período chuvoso dos anos de: 1987; 1991; 1996; 2001; 2005; 2009 e 2015. Os produtos orbitais foram selecionados do banco de dados do INPE (Instituto Nacional Pesquisas Espaciais) e do USGS (United States Geological Survey) (quadro 1).

ISBN: 978-85-7282-778-2

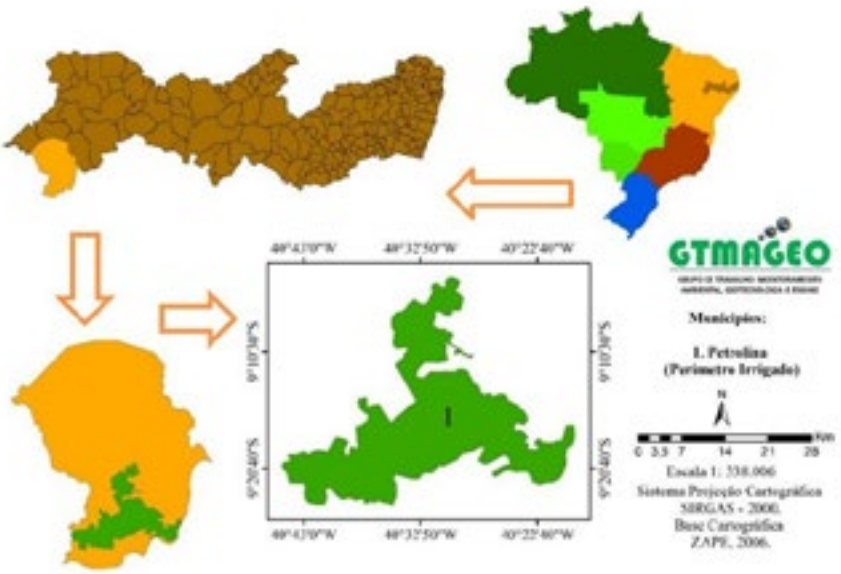


Figura 1 – Localização da área de estudo.

Após seleção das imagens, as mesmas, foram submetidas ao empilhamento (união das bandas espectrais) e, logo depois submetida ao registro (ajustes georrefericial das imagens). Em seguida os produtos orbitais foram submetidos à calibração radiométrica, tendo como primeiro processo o cálculo da radiancia (Equação 1), que é a aferição da intensidade do brilho contido em cada pixel, demostrando a quantidade da radiação, que atua sobre os elementos presentes nas imagens (MARKHAM & BAKER, 1987).

$$L\lambda i = \alpha_i + \frac{\beta_i + \alpha_i}{255} ND \qquad (1)$$

Em que: *ND* corresponde à intensidade dos pixels das imagens (números sendo correspondido entre 0 a 255); b_i corresponde a radiância espectral máxima e mínima radiância espectral mínima (a_i).

A próxima etapa foi à obtenção da refletância (Equação 2), que é a razão do fluxo de radiância global incidente e o fluxo de radiância superficial refletido (ALLEN *et al*., 2012).

ISBN: 978-85-7282-778-2

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{\mathrm{K}_{\lambda i} \cdot \cos \mathrm{Z} \cdot dr} \qquad (2)$$

Em que: $L_{\lambda i}$ é a radiância espectral; $\mathrm{K}_{\lambda \mathrm{i}}$ corresponde a radiância de cada banda do topo da atmosfera; Z é o ângulo zenital solar; o dr é o valor da distância, da Terra relativa ao Sol (Equação 3).

$$dr = 1 + 0{,}003 \cdot \cos \mathrm{Z} \left[\frac{DDA \cdot 2\pi}{365} \right] \qquad (3)$$

Em que *DDA* é a posição da terra em relação à data de geração da imagem, com contagens de dia ao ano, a partir de janeiro.

A partir da refletância foi gerado o IVAS (Índice de Vegetação Ajustado ao Solo) desenvolvido por Huete (1988) (Equação 4). Este índice difere dos demais por acrescentar um fator de ajuste (L) que retira a interferência do solo. Para as áreas sobre vegetação de caatinga o fator de ajuste aconselhável é 1 devido à baixa densidade da cobertura vegetal.

$$IVAS = \frac{(1 + L) \cdot (\mathrm{P}_{iv} - \mathrm{P}_{v})}{(L + \mathrm{P}_{iv} + \mathrm{P}_{v})} \qquad (4)$$

Em que: P_{iv} e P_v são as bandas das faixas do infravermelho e do vermelho e L o valor usado para ajuste do solo equivalente a 1.

A partir do IVAS obteve-se o IAF (Índice de Área Foliar). Este índice monitora toda área foliar localizada no terreno estudado indicando a biomassa presente em cada pixel (ALLEN *et al*., 2002) (Equação 5).

$$IAF = \frac{in\left(\frac{069 - IVAS}{0{,}59} \right)}{0{,}91} \qquad (5)$$

ISBN: 978-85-7282-778-2

Com o problema falta de emissão da radiação eletromagnética no pixel da imagem, comum nos corpo negros, o que dificulta a obtenção dos dados de temperatura, por conta dos fatores emissividade utilizou-se o modelo de Planck (Equação 6) (ALLEN *et al*. 2002). Vale destaca que, o modelo de Planck só é utilizado nas condições em quer o IVAS > 0, e IAF < 3.

$$\varepsilon ND = 0{,}97 + 0{,}0033 \cdot IAF \quad (6)$$

Para obtenção da temperatura de superfície foi utilizada a Equação 7. É preciso prestar atenção no aspecto da banda termal, no Landsat 5 que é a $L_{\lambda 6}$ e no Landsat 8 é banda $L_{\lambda 10}$. Logo, deve ser utilizado para o sensor TM do Landsat 5 os valores de calibração $K_1 = 607{,}76$ e o $K_2 = 1260{,}56$ definido por Allen et al., (2002). Os valores das variáveis para o Landsat 8 está embutido no meta dados das imagens. A temperatura é obtida em °K e, em seguida, convertida °C, a partir da Equação 8.

$$Ts = \frac{K_2}{\left(\frac{\varepsilon ND \cdot K_1}{L\lambda_6} + 1\right)} \quad (7)$$

$$C = T_S - 273.15 \quad (8)$$

Quadro 1 – Informações das imagens órbitais utilizadas no estudo

Ano	Mês	Período	Satélite	Sensor	Orbita
1987	11- Novembro	Chuvoso	Landsat 5	TM	217
1991	02 – Fevereiro	Chuvoso	Landsat 5	TM	217
1996	12 – Dezembro	Chuvoso	Landsat 5	TM	217
2001	12 – Dezembro	Chuvoso	Landsat 5	TM	217
2005	09 – Setembro	Chuvoso	Landsat 5	TM	217
2009	11 – Novembro	Chuvoso	Landsat 8	OLI	217
2015	12 – Dezembro				217

ISBN: 978-85-7282-778-2

		Chuvoso	Landsat 8	OLI	

Fonte: Autores, 2018.

Logo após o tratamento e processamento das imagens orbitais o passo seguinte foi a obtenção dos dados pluviométricos de 2 estações meteorológicas: estação do Projeto Mandacaru, em Petrolina, mantida pela EMBRAPA Semiárido e a estação do Laboratório Meteorologia da UNIVASF Campus Juazeiro-BA. Os dados foram coletados onde foram analisados, e gerados gráficos apresentando o quantitativo pluviométrico médio para os seis meses anteriores a obtenção das imagens pelos sensores acoplados nos satélites Landsat 5 e 8.

3. Resultados e Discussão

O ambiente natural, representa as áreas sobre a vegetação de caatinga que, até o ano de 1987 permeou sobre a área, atualmente agricultura irrigada. O ambiente artificial representado sobre áreas irrigadas, apresentação a vegetação com pigmentação sempre verde devido ao sistema de irrigação.

Analisando ano a ano, no ano de 1987, a vegetação de caatinga bem representativa, em cima dos valores representado do IVAS, observando a figura 2, percebi se que mais de 70% da área de estudo, onde índice variou entre 0,1 a 02, valores considerados baixos áreas de agricultura irrigada onde os cultivos apresentam folhas alongadas e que permanecem sempre verdes práticamento o ano inteiro.

Ao compara o IVAS do ano de 1987 (figura 2), com a temperatura de superfície do mesmo ano (figura 3), a temperatura variou entre 30 a 35 °C na maior parte da área de estudo, os valores da temperatura de superfície para o referido ano, poder ser considerado o segundo maior para o perido historico de chuvas, pedendo para ano de 2015.

Em 1997 como foi apresentado pelo IVAS o quantitavido áreas irrigadas er amuito pequeno com predominio da vegetação de caatinga, isso propocionou com que a energia solar prenetrasse e chegasse até o solo na área de estudo produzindo alto quantitativo de calor que

ISBN: 978-85-7282-778-2

refletiou na temperatura de superfície. Após 4 anos, em 1991, o IVAS paresentou valores superiores ao encontrados no ano de 1997.

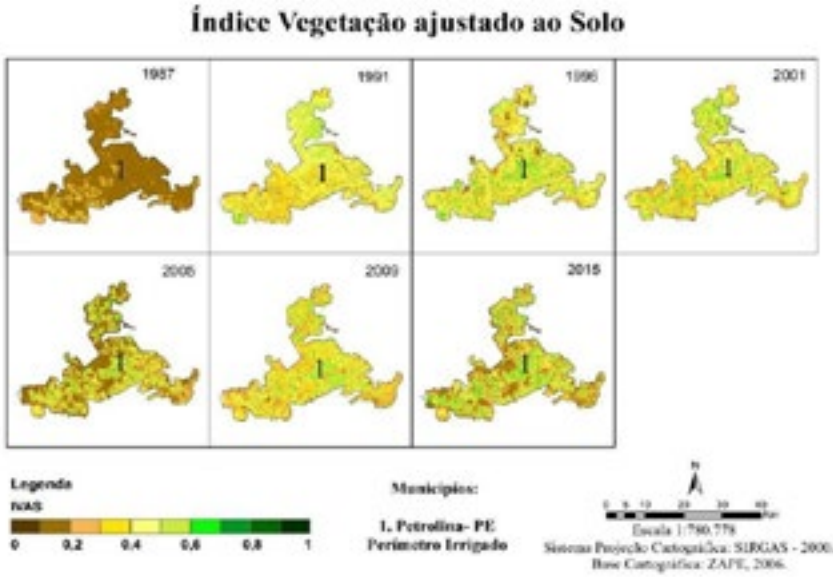


Figura 2 – IVAS do Perímetro irrigado no Município de Petrolina- PE

A variação do valor foi de 0,2 a 0,7 isto grarças a ampliação áreas agricultura irrigada em subtituição as áreas solo esposto e caatinga. O reflexo desse avanção para áreas irrigadas é percebido na temperatura de superfície do mesmo ano (figura 3), onde poder ser observado a variação de temperatura entre 18 a 35 °C, os valores inferiores de temperatura de superfice do ano de 1991 em comparação com decada de 1980, é justificado pela presença da cobertura vegetal mais densa, impedindo que energia solar produziçe calor na superfície nos solos área de estudo.

Já para os anos de 1996 e 2001 o IVAS não apresentou grandes variações, e os valores foram muito proximos apresentado no ano de 1991 (figura 2), sendo que mesmo ocorreu com temperatura de superficie dos anos (figura 3) ao qual variou de 20 a 25 °C.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Para o ano de 2005, o IVAS voltou a reduzir seus valores variando de 0 a 0,2 em boa parte da área de estudo, e de 0,4 a 0,7 essa variação de valores comparado com anos de 1991, 1996 e 2001 (Figura 2), poder te ocorrido diversos problemas.

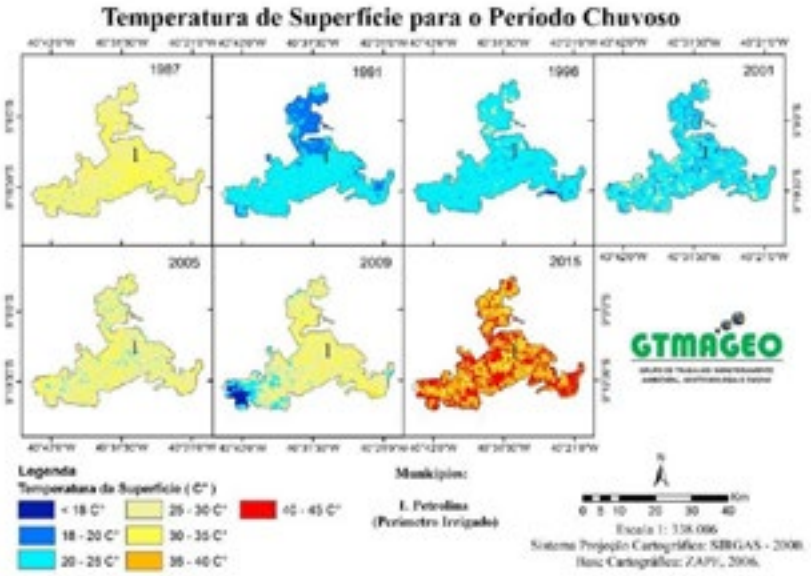


Figura 3 – Temperatura de Superfície do Perímetro irrigados do Município de Petrolina- PE

Fonte: Autores, 2019

Um deles podem está correlacionado com variabilidade da precipitação pluviometrica, no ano de 2009 voltaram a ser superior a 2015 principalmente nas áreas de caatinga, tudo indica que o fato pluviometricou poder ter contribuido para esse perido que a folhagem forçe superio ao de 2005. O reflexo poder ser observado tambem na temperatura de superfície para 2009, onde a mesma passar a varia em boa parte da área de estudo 25 a 35 °C.

Para o ano de 2015 a situação torna-se adversa, observando o IVAS (figura 2), percebe-se que áreas agricultura irrigada entre 0,6 a 0,9. Nas áreas perrifericas e de caatinga, a situação apresenta diferente com IVAS entre 0 a 0,2 demostrando a redução da cobertura vegetal. O que poder causado essa mudança brusca nos valores do índice do IVAS, poder ser xplicado por varios fatores, entre eles o principal foi a redução das chuvas neste ano e nos anteriores a ele.

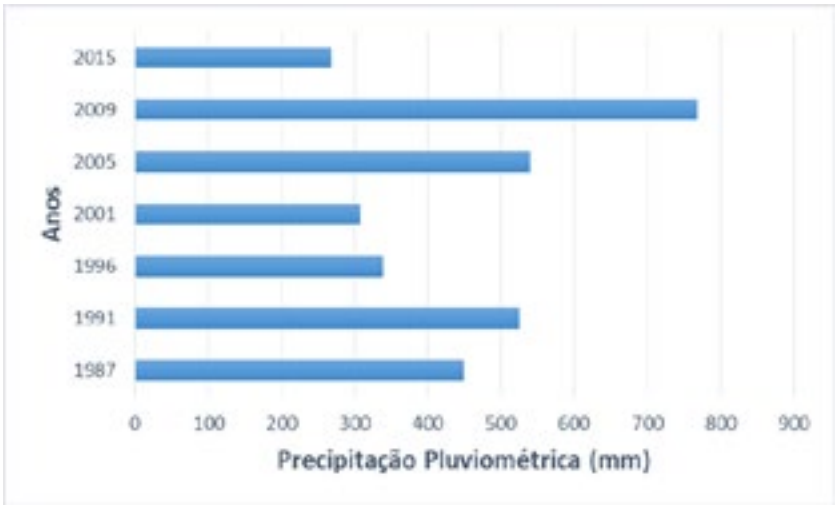


Gráfico 1- Precipitação dos seis meses anteriores a obtenção das imagens orbitais da área

Em quanto no centro da áreas de estudos os valores IVAS apresenta valores 0,9 nas áreas perifericas os valores apresentam muito proximo 0 demostando que vegetação não recobre totalmente o solos, deixando esposto assim os resultados apontados (Figura 2) para o IVAS do ano de 2015 reflete diretamente na temperatura de superficie (Figura 3) observa se que a variaçao temperatura de 30 a 45 °C , os maiores valores apresentados nos anos de estudos.

Observando a temperatura de superfice nos 7 anos de estudos onde poder aferi o grau contribuiçao a desertificação. Vale destagar um fato com temperatura de superfície, erosão do solo e desmatamento não indica totalmente área esta sob o processo ou desertifica. Porem um indica grave poder colabora para o processo como temperatura de superfície.

Ao observas os 7 anos de analiser percebe-se 2015 com redução das preciitação no ano e nos utimos três, contribuiram para o aumento do grau neste ano, O aumento da temperatura de superfice interferem na úmidade do solo, ocasionando dimininuição geminação de semetes e dificultando crescimento de especies de plantas vegetação.

Desta maneira ao aferta crescimento e ocupação dos solos pelas plantas, durantes chuvas aumenta degradação de solos e efertando comunidade de insetos e bacterias atuam camadas, asim cominando elevação do grau de desertificação sobre a área.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

Foi perceptível que houve um crescimento das áreas irrigadas ao longo do tempo de estudo, porém, não foi um crescimento em grande escala, visto que, consegue-se plantar em pequenas áreas devido o avanço das tecnologias. Consequentemente, há uma pequena redução no avanço do desmatamento da caatinga.

Percebe-se que a temperatura de superfície tem uma correção muito forte com a distribuição das chuvas ao longo dos anos. Nos anos com baixo índice pluviométrico houve aumento da temperatura. Cita-se como exemplo o ano de 2015, em que ocorreram poucas chuvas e com a perda das folhas ocorreu aquecimento da superfície.

5. Referências Bibliográficas

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). Kimberly: University of Idaho, **Advanced Training and Users Manual**, 98p. 2002.

AZEVEDO, G. F.; SOUZA, N. M. Uso de imagens Landsat TM 5 para análise da temperatura de superfície do Distrito Federal. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 6, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais, 2013.

BRASIL. **Instituto Brasileiro de Geografia Estatística**. Censo demográfico do IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibgecidades.com.br> , Acesso em: 12 dez. 2016.

CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M. Susceptibilidade ambiental a salinização das terras em municípios da microrregião da Petrolina-Pernambuco-Brasil. **Caminhos de Geografia,** v.16, n.56, 2015, p.160 – 172.

D`ODORICO, P.; BHATTACHAN, A.; DAVIS, K. F., RAVI, S.; RUNYAN, C. W. Global desertification: drivers and feedbacks. **Advances in Water Resources**, n.51, 2013. p. 326 - 344.

HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sens. Environ**., v. 25, 1988, p.53-70.

IDEIÃO, S. M. A.; CUNHA, J.T. B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. Determinação da temperatura de superfície o estado da Paraíba a partir de imagens Landsat 5 –TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS GEODÉSICAS E TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO, 2., Recife, **Anais...** Recife: UFPE, 2008, p.8 - 11.

LIU, W.T.H. **Aplicações de sensores remoto**. Campo Grande: EDUniderp, 2006.

MARINOZZI, G.; CORREIA, R. C. Dinâmicas da agricultura irrigada do Pólo Juazeiro-BA/Petrolina-PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 37., 1999, Foz do Iguaçu. **Anais...** Brasília: SOBER, 1999.

PACHECO, A. P.; FREIRE, N. C. F.; BORGES, U. N. **A transdisciplinaridade da desertificação**. Recife: EDUFPE, 2006.

SOBEL, T. F.; ORTEGA, A. C. Desenvolvimento territorial e perímetros irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e Políticas Públicas**, n.35, 2010.

SOUSA, S. B.; JÚNIOR, L. G. F. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **RA´E GA**, n.26, 2012, p. 75 - 99.

XU, D.; LI, C.; SONG, X.; REN, H. The dynamics of desertification in the farming-pastoral region of north china over the past 10 years and their relationship to climate change and human activity. **Catena**, n.123, 2014, p.11 – 22.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

UMA REFLEXÃO SOBRE O USO DE GEOTECNOLOGIAS E GEOMORFOMETRIA NO MAPEAMENTO DO RELEVO

Thallita Isabela Silva Martins Nazar [(a)],

(a) Dra. em Geografia pela Universidade Federal de Uberlândia, thallitamartins09@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho objetiva apresentar uma reflexão acerca da utilização das geotecnologias e da geomorfometria no mapeamento geomorfológico. O intuito é elencar os benefícios destas ferramentas para o avanço da pesquisa geomorfológica e ao mesmo tempo, chamar a atenção para a questão da busca pela automatização da análise do relevo, que pode esbarrar nas questões metodólogicas próprias da Geomorfologia. Destaca-se que a representação do relevo deve estar apoiada em duas abordagens principais, a qualitativa, sendo a descrição e levantamentos de campo associados ao reconhecimento de que o relevo é dinâmico e sistêmico; e a quantitativa, com base na representação matemática do relevo por meio da geomorfometria.

Palavras chave: Cartografia geomorfológica. Sistemas de mapeamento geomorfológico. Parâmetros da Superfície Terrestre. Modelos Digitais de Elevação/Terreno.

1. Introdução

Para Evans (2012), quando se trabalha atualmente com mapeamento do relevo, a tendência é não apenas a descrição e espacialização das formas com base em informações interpretativas e empíricas, mas além destas, procura-se extrair informações quantitativas da superfície terrestre, hoje possível com a utilização de modelos digitais do terreno (MDT) ou modelos digitais de elevação (MDE). O advento das geotecnologias é, para Griffiths, Smith e Paron (2011), um dos motores do ressurgimento do mapeamento geomorfológico a partir da disponibilidade de novas fontes de dados, com a realização de novas técnicas e agilidade no mapeamento, cuja organização passou a acontecer no âmbito de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Neste sentido, muitos autores têm defendido a necessidade de substituição das técnicas tradicionais de mapeamento geomorfológico frente aos avanços das geotecnologias atuais (PIKE; EVANS; HENGL, 2009; HENGL; EVANS 2009; MACMILLAN; SHARY, 2009; HENGL; MACMILLAN, 2009; EVANS, 2012; GRIFFITHS; SMITH; PARON, 2011). Entretanto, entende-se que é necessário tomar o devido cuidado, para que a "super" automatização do mapeamento geomorfológico não desonere atividades, que ao longo da história do estudo do relevo, se mostraram indispensáveis. Portanto, como coloca Hugget (2007), o estudo das formas do relevo passa por duas abordagens principais que incluem a descrição (inventário de campo e mapeamento morfológico) e a representação matemática (geomorfometria).

A geomorfometria tem crescido e avançado nos últimos anos, sendo abordada como uma componente considerável na análise do terreno e na modelagem de superfície, sendo base para a cartografia geomorfológica moderna (HUGGET, 2007). De acordo com MacMillan e Shary (2009), a Geomorfometria parte do significado original da geometria, como uma ciência dedicada à análise quantitativa diretamente relacionada à superfície terrestre.

Neste contexto, o presente trabalho parte da reflexão a respeito da representação do relevo com a utilização das Geotecnologias e da Geomorfometria. A priori, pode parecer repetitivo discutir tal assunto, já que a difusão das novas tecnologias está bastante avançada e agregada às análises geomorfológicas atuais. O intuito é destacar a relevância das ferramentas modernas para o avanço das pesquisas geomorfológicas, em especial, para a cartografia do relevo, porém, destacar que este elemento carece de olhares atentos e cuidadosos, para o reconhecimento de sua complexidade, bem como levar em consideração que existe uma história do mapeamento geomorfológico, fundada em especificações gerais conduzidas pela União Geográfica Internacional (International Geographical Union – IGU).

ISBN: 978-85-7282-778-2

2. Bases para o mapeamento geomorfológico

Gustavsson (2005) e Ross (2007) afirmam que, embora as metodologias e representações de dados espaciais possuam um passado longínquo, a representação dos aspectos geomorfológicos em mapas não atingiu uma padronização, apesar de diferentes tentativas ocorridas em países europeus e até mesmo no Brasil. Aliado a isso, a grande quantidade de novos dados, informações e ferramentas tecnológicas contribuem para a ascensão de inúmeras propostas de técnicas de mapeamento em diferentes campos.

Entretanto, de acordo com Pavlopoulos, Evelpidou e Vassilopoulos (2009), mesmo com todos esses avanços tecnológicos à disposição, o mapeamento do relevo ainda se inicia com a identificação das unidades fundamentais que compõem a paisagem. O estabelecimento da natureza e do caráter de tais unidades é indispensável para o sucesso de qualquer pesquisa geomorfológica.

O cerne da cartografia geomorfológica necessita estar amparado em um sistema cujo reconhecimento seja pautado nos aspectos essenciais do estudo da geomorfologia, seguindo critérios básicos de representação do relevo. Gustavsson (2005) aponta o papel da União Geográfica Internacional (International Geographical Union - IGU), que criou em 1956, no Rio de Janeiro, a Subcomissão de Mapeamento Geomorfológico com esta finalidade: a de definir parâmetros para um método de mapeamento geomorfológico, com o desenvolvimento e adoção de um sistema uniforme de cartografia do relevo.

Conforme Rodrigues (1988), Gustavsson (2005) e Ross (2007), a IGU recomenda que a cartografia geomorfológica deve seguir a representação de quatro níveis de abordagem. Os aspectos a serem apresentados passam pelas informações sobre as formas, a gênese, a idade e as propensões atuais de evolução do relevo e, portanto, decorrem da análise da morfologia, com a morfometria (altimetria, dimensões, desníveis, extensões) e a morfografia (formas do perfil, convexidades, concavidades, retilineidades, rupturas, topos, fundos de vale); da morfogênese (degradação ou agradação, e até mesmo neotectônica), da morfocronologia (idade relativa das

ISBN: 978-85-7282-778-2

formas ou datação absoluta) e, por fim, da morfodinâmica (comportamento atual dos processos).

Em síntese, de acordo com Pavlopoulos, Evelpidou e Vassilopoulos (2009), a Subcomissão de Mapeamento Geomorfológico apresentou no ano de 1962 algumas diretrizes para a preparação do mapa geomorfológico, a saber:

- O trabalho de campo como uma necessidade básica, a utilização de fotografias aéreas como uma ferramenta recomendada.
- Nos mapeamentos nas escalas entre 1:10.000 e 1:100.000, o relevo e suas peculiaridades podem ser representados.
- Mapeamento de todos os aspectos do relevo, tais como a morfografia, morfometria, morfogênese e morfocronologia; abordando o passado, o presente e o desenvolvimento futuro do relevo.
- A utilização de cores e símbolos conjuntamente para a representação do relevo.
- O estabelecimento de uma ordem cronológica para o desenvolvimento das formas.
- A inclusão de dados litológicos.
- O arranjo da legenda de modo a representar uma ordem genético-cronológica.
- Reconhecimento de que os mapas geomorfológicos de detalhe constituem ferramentas importantes e indispensáveis para o desenvolvimento da ciência geomorfológica.

Gustavsson (2005) afirma que após a publicação das diretrizes gerais da IGU, surgiram diversos sistemas de mapeamento geomorfológico, que se tornaram mais comparáveis, uma vez que o conteúdo é aproximadamente o mesmo, mas que possuem grandes diferenças na forma como a informação é apresentada. Dentre os sistemas mais conhecidos, pode-se citar: Sistema ITC – *International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences* (1968) – Verstappen; Van Zuidam (1968); Sistema Francês – Tricart (1965); Sistema IGU – *International Geographical*

Union – Unified Key (1958) - Demek (1972). Quando se trata de Brasil, existem várias contribuições para a cartografia geomorfológica. Pode-se destacar, entre os trabalhos brasileiros, o Projeto RADAMBRASIL (1983); os pressupostos de Jurandyr Ross (1992, 2007) e o mapeamento do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (PONÇANO, 1979).

Todos os sistemas citados foram elaborados em uma época em que não se imaginava as perspectivas de evolução computacional, mas os mesmos podem ser trabalhados em ambiente digital, com aproveitamento significativo das geotecnologias. Assim, é importante destacar que a difusão tecnológica atual pode acelerar a confecção de mapas geomorfológicos, entretanto, se não forem tomadas posições metodológicas pautadas em um sistema de classificação do relevo, ou serem desprezadas as variáveis indispensáveis para sua análise, a representação geomorfológica pode ficar comprometida.

3. Representação geomorfológica face às geotecnologias

O incremento de novas fontes de dados espaciais digitais ampliou o acesso (digital) à vastas regiões da superfície da Terra (e, de fato, outros planetas) para estudos que, de outro modo, teriam sido onerosos ou impossíveis de alcançar (GRIFFITHS; SMITH; PARON, 2011). Um dos grandes destaques para a Geomorfologia está nos Modelos Digitais de Terreno (MDT) ou Modelos Digitais de Elevação (MDE), que representam a superfície terrestre em três dimensões e permitem a visualização, análise e interpretação do terreno em laboratórios, facilitando as pesquisas nesse sentido.

De acordo com Smith (2011), vários conjuntos de dados são disponibilizados gratuitamente ao redor do mundo, sendo que, no Brasil, é possível encontrar imagens de satélites e dados resultantes de interferometria por Radar (*Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM) de um arco segundo (30 metros de resolução), sendo essa a base digital em 3D de melhor resolução distribuída gratuitamente para o país.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Segundo o mesmo autor, a disponibilidade de dados digitais de sensoriamento remoto permite duas abordagens para o mapeamento geomorfológico. Em primeiro lugar, tem-se o mapeamento manual, que se baseia nos conhecimentos e na experiência do intérprete para identificar e delinear as formas de interesse, semelhante ao foi usado para interpretar fotografias aéreas analógicas manuais. Esse é um processo subjetivo, que utiliza técnicas visuais complexas para desenvolver relações entre as características na imagem exibida e as formas de relevo. As técnicas de interpretação incluem a avaliação da forma, tamanho, tom, textura, sombra, padrão, localização e associação. A segunda abordagem utiliza técnicas automatizadas ou semi-automatizadas para identificar características de interesse, as quais incluem uma gama de ferramentas, técnicas consistentes e parte do conhecimento específico do pesquisador.

A respeito das técnicas automatizadas e semi-automatizadas, Seijmonsbergen, Hengl e Anders (2011) apresentam a aplicação de um MDE para a extração de feições geomorfológicas, com destaque para um método que utiliza simultaneamente múltiplos Parâmetros da Superfície Terrestre (PSTs) para categorizar áreas dentro de uma paisagem em classes com propriedades distintas que referem-se a um determinado tipo de feição. A base dos PSTs são os MDEs, que podem ser derivados de muitas fontes e possuem a capacidade de criar informações geomorfológicas. Estes parâmetros, dentro da abordagem da geomorfometria, apresenta grande importância no cenário de mapeamento e representação geomorfológica atual.

Nos últimos anos, a abordagem geomorfométrica é a que se destaca na maioria dos trabalhos em geomorfologia. Evans (2012) relaciona o mapeamento geomorfológico à geomorfometria no sentido de que ambos possuem uma dependência comum na definição e delimitação de padrões de formas de relevo e formas elementares de relevo. Este contexto engloba o que o autor considera como geomorfometria geral e geomorfometria específica.

A geomorfometria geral engloba o estudo da *land surface form* (forma da superfície terrestre), que é contínua e cobre todo o globo, além de outros planetas, luas e asteroides. Trata-se de um campo contínuo, que pode ser estudado através dos padrões e associados às escalas

de semi-detalhe ou pequenas. Já a geomorfometria específica aborda as *landforms* (formas de relevo), que são segmentos limitados de uma superfície terrestre e podem ser descontínuos ou individualizados, ou seja, não precisam cobrir toda a superfície (por exemplo, um morro, uma colina, uma montanha, etc.). Nesse caso, a análise engloba características geométricas e topológicas dessas formas de relevo em uma escala bastante detalhada (EVANS, 2012).

A Geomorfometria se encarrega de observar os PSTs, uma vez que consiste em uma ciência dedicada à análise quantitativa da superfície terrestre ou, em outras palavras, trata-se da ciência da quantificação topográfica, cujo foco operacional está na extração de PSTs e objetos a partir de um MDE, sendo este a entrada primária da análise geomorfométrica. São agrupados de acordo com diferentes critérios em três principais conjuntos, a saber (PIKE; EVANS; HENGL, 2009):

i. Objetos e parâmetros morfométricos básicos: descrevem a morfologia local da superfície terrestre (por exemplo, gradiente de inclinação, aspecto e curvatura).

ii. Objetos e parâmetros hidrológicos ou de acumulação de fluxo: refletem o movimento potencial do material sobre a superfície terrestre (por exemplo, índices de erosão ou movimento de massa).

iii. Objetos e parâmetros específicos ao clima e meteorologia: esse conjunto é muitas vezes calculado ajustando os dados climáticos ou meteorológicos à influência do relevo.

4. A automatização ou semi-automatização do mapeamento do relevo

De acordo com Macmillan e Shary (2009), todos os métodos de predição automática de classes de entidades espaciais geomórficas baseiam-se na identificação e desenvolvimento de regras para estabelecer relações de predição entre as variáveis de entrada e classes de saída desejadas. Uma etapa chave em qualquer abordagem para a classificação automatizada é, portanto, identificar e criar, ou obter, uma coleção de variáveis de entrada em formato digital.

ISBN: 978-85-7282-778-2

As regras para classificar padrões de terreno só podem ser criadas depois de terem sido especificados o tamanho, a escala e a natureza dos objetos de interesse do relevo, e após terem sido identificadas e calculadas as derivadas da superfície ou as variáveis de entrada necessárias para efetuar uma classificação.

Portanto, entende-se que até mesmo para automatizar a classificação do relevo, é necessário a realização de análises prévias para lançar os parâmetros que serão base para a classificação, que se torna semi-automatizada, por depender da capacidade analítica do pesquisador. Esta tarefa não pode ser negligenciada, e como coloca Hugget (2007) os trabalhos de campo são a única maneira de apreciar plenamente as formas de relevo, e que, apesar das técnicas de observação parecerem antiquadas atualmente, muito pode ser apreendido a partir das descrições de campo, esboços, leituras de mapas e elaboração de mapeamentos.

Têm sido realizados esforços para desenvolver regras de classificação do relevo, entre as quais pode-se citar as abordagens não supervisionadas, supervisionadas e baseadas no conhecimento (heurísticas), que têm sido aplicadas para extrair e classificar automaticamente entidades de terrenos definidas subjetivamente. Assim, basicamente, na visão de Macmillan e Shary (2009), a extração dos tipos de formas e elementos de terreno a partir de MDEs consiste em: a) preparação da legenda, b) preparação dos PSTs (entradas); c) criação das regras; d) extração das formas e padrões; e) avaliação da precisão do mapeamento.

De acordo com Evans (2012), os algoritmos são necessários por produzirem resultados mais consistentes e precisos na aproximação das formas de relevo, auxiliando na necessidade de um reconhecimento automatizado, ainda que em um processo que intercale procedimentos semi-automatizados, de delimitação de padrões de relevo e formas elementares a partir de MDEs/MDTs. As propriedades locais como altitude, declive e curvatura são fundamentais, mas também é relevante levar em consideração que muitas formas de relevo estão relacionadas com a rede de fluxo, pois a posição e o contexto são importantes para a sua classificação ou reconhecimento enquanto elementos de terreno ou tipos de padrões. O autor levanta, além disso,

a crítica de que raramente foi quantificada a relação entre as formas de relevo e o contexto em que se inserem, a partir da concepção teórica de sistema, sugerindo que os resultados do mapeamento geomorfológico aliados à análise geomorfométrica, devem ser inter-relacionados quantitativamente.

Entende-se, que o contexto sistêmico a que Evans se refere, e que é relativamente abordado nas diretrizes do IGU, quando este determina a análise de diferentes aspectos do relevo (morfometria, morfogênese e morfocronologia) e a inclusão da geologia para sua classificação, é de fato, essencial para a cartografia geomorfológica. Assim, se faz necessário compreender que as metodologias de mapeamento digital do relevo devem ser adaptadas à cada área de estudo onde serão aplicadas. Esta é uma problemática que se esbarra nas inúmeras tentativas de padronização da cartografia geomorfológica, pois o relevo é dinâmico, enquanto um conjunto de elementos resultantes da interação entre a litosfera e atmosfera, e que ocorre de diferentes maneiras ao longo da superfície terrestre.

Esta tendência pode ser observada em vários trabalhos no Brasil, em autores como Carneiro e Souza (2003); Santos et al. (2006); Silva e Rodrigues (2009; 2010); Augustin, Fonseca e Rocha (2011); Martins e Rodrigues (2016), Nazar e Rodrigues (2019), que apresentam resultados de mapeamentos geomorfológicos com base nos métodos digitais e semi-automatizados, a partir da utilização de dados altimétricos derivados de MDE ou MDT, bem como do uso de plataformas de SIGs. Verifica-se que em cada trabalho, o fator área de estudo é único.

Portanto, as ferramentas geotecnológicas são comuns a tais pesquisas, que se esbarram nas peculiaridades de cada área. E isto deve realçar o que Otto e Smith (2013) afirmam, quando dizem que as observações de campo são a maneira mais direta de apreciar o caráter de uma paisagem permitindo uma base para a avaliação do terreno e análise geomorfológica, e apesar do mapeamento de campo ser subjetivo por natureza e afetado pelas habilidades do pesquisador, ele permite que se familiarize com a paisagem.

Ainda de acordo com tais autores, este é um aspecto crucial na investigação exploratória do relevo, por meio da observação direta das morfologias de superfície e também subsuperficiais, pois permitem o desenvolvimento de um "modelo mental" que será incorporado à posterior interpretação e análise. A importância dos trabalhos de campo é indicada por diversos outros autores, tais como Ross (1992); Rodrigues (1998); Gustavsson (2005); Augustin, Fonseca e Rocha (2011), Evans (2012) e Martins e Rodrigues (2016), sendo uma etapa essencial da pesquisa geomorfológica.

5. Considerações Finais

Tendo em vista o apresentado, afirma-se que até os dias atuais é impossível gerar um mapa do relevo totalmente automatizado, e mais ainda, é impraticável a elaboração da cartografia geomorfológica sem a realização de trabalhos de campo e sem o emprego de outras técnicas de avaliação do relevo. Portanto, a aplicação de técnicas semi-automatizadas deve ser vista como um avanço para a qualidade e rapidez do mapeamento, mas a automatização completa da representação geomorfológica deve ser tomada com cuidado, mesmo em áreas muito grandes e de difícil acesso.

Cabe ressaltar, que é inegável a relevância das geotecnologias e da geomorfometria para avanço das pesquisas em Geomorfologia, tão importantes quanto manter a essência da ciência geomorfológica, cujo pesquisador deve ser dotado de uma visão ampla e crítica, capaz de buscar o reconhecimento geral de campo e relatar observações *in situ*, dentro das suas possiblidades, além de contar com dados digitais e processamento digital das informações.

6. Referências Bibliográficas

AUGUSTIN, C.H.R.R.; FONSECA, B.M.; ROCHA, L.C. Mapeamento geomorfológico da Serra do Espinhaço Meridional: primeira aproximação. **Geonomos**, v. 19, n. 2, p. 50-69, 2011.

CARNEIRO, C.D.R.; SOUZA, J. J. Mapeamento geomorfológico em escala de semidetalhe da região de Jundiaí-Atibaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 17-30, 2003. https://doi.org/10.20502/rbg.v4i2.21

EVANS, I.S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology**, 137, p. 94–106, 2012. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.09.029

GRIFFITHS, J. S.; SMITH, M. J.; PARON, P. Introduction to applied geomorphological Mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P. GRIFFITHS, J. S. **Geomorphological Mapping:** methods and applications. Elsevier, 2011. p. 3-12. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53446-0.00001-X

GUSTAVSSON, M. **Development of a Detailed Geomorphological Mapping System and GIS Geodatabase in Sweden**. 61f. 2005. Licentiate Thesis. Sweden, 2005.

HENGL, T.; EVANS, I. S. Mathematical and digital models of the land surface. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Org.). **Geomorphometry**: concepts, software, applications. Developments in Soil Science, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 31-63. https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00002-0

HENGL, T.; MACMILLAN, R. A. Geomorphometry – a key to landscape mapping and modelling. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Org.). **Geomorphometry**: concepts, software, applications. Developments in Soil Science, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 433-460. https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00019-6

HUGGET, R. J. **Fundamentals of Geomorphology**. 2 ed. Taylor & Francis e-Library, 2007.

MACMILLAN, R. A.; SHARY, P. A. Landforms and Landform Elements in Geomorphometry. In: HENGL, T.; REUTER, H. I**. Geomorphometry**: concepts, software, applications. Developments ion Soil Science, vol. 33, Hungary: ELSEVIER, 2009, p. 227-254. https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00009-3

MARTINS, T. I. S.; RODRIGUES, S. C. Compartimentação Geomorfológica da Folha Piumhi, Região do Alto São Francisco, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.17, n.1, p.145-162, Jan-Mar 2016.

NAZAR, T.I.S.M.; RODRIGUES, S.C. Relevo do Chapadão do Diamante, Serra da Canastra/MG, Brasil: compartimentação e análise a partir dos aspectos geomorfométricos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, p. 69-88, 2019. http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v20i1.1300

OTTO, J. C.; SMITH, M. J. Geomorphological mapping. **Geomorphological Techniques**, Chap. 2, Sec. 6, p. 1-10, 2013.

PAVLOPOULOS, K.; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. **Mapping geomorphological Environments**. Berlin: Springer, 2009. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01950-0

PIKE, R. J.; EVANS, I. S.; HENGL, T. Geomorphometry: a brief guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Org.). **Geomorphometry**: concepts, software, applications. Developments in Soil Science, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 3-30. https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)00001-9

PONÇANO, W. L.; BISTRICHI, C. A.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, M. A.; PIRES NETO, A. C.; ALMEIDA, F. F. M. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. In: II SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1979, Rio Claro. **Atas...** [S.l.]: SBG-Núcleo de São Paulo, 1979. v. 2, p. 253-262.

RADAMBRASIL. **Levantamento de Recursos Naturais**. v. 31, Rio de Janeiro, Folha SE-22. Goiânia, 1983. 768p.

RODRIGUES, S. C. **Análise Empírico-Experimental da Fragilidade Relevo-Solo no Cristalino do Planalto Paulistano**: sub bacia do reservatório Billings. 1998. 265 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ROSS, J.L.S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. 8 ed. São Paulo: Contexto, 2007.

ROSS, J.L.S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia,** n.6, São Paulo: Edusp, p. 17-30, 1992.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M. F.; ROSS, L. S. R. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.7, n.2, p. 3-12, 2006.

SEIJMONSBERGEN, A. C.; HENGL, T.; ANDERS, N. S. Semi-automated identification and extraction of geomorphological features using digital elevation data. In SMITH, M. J.; PARON, P. GRIFFITHS, J. S. **Geomorphological Mapping:** methods and applications. Elsevier, 2011. p. 297-336.

SILVA, T.I.; RODRIGUES, S. C. Elaboração de um Tutorial de Cartografia Geomorfológica como Alternativa para o Ensino de Geomorfologia. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 3, p. 85-94, 2009.

SILVA, T.I.; RODRIGUES, S.C. A utilização de SIGs e técnicas de Geoprocessamento a partir de imagens da SRTM para a Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Médio-Baixo

Curso do Rio Araguari/MG. **Caderno de Geografia** (PUCMG. Impresso), v. 20, p. 58-73, 2010.

SMITH, M. J. Digital Mapping: visualization, interpretation and quantification of landforms. In: SMITH, M. J.; PARON, P. GRIFFITHS, J. S. **Geomorphological Mapping:** methods and applications. Elsevier, 2011. p. 225-252. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53446-0.00008-2

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

UNIDADES DE PAISAGEM DO ESTADO DE PERNAMBUCO: 1ª APROXIMAÇÃO

Joaquim Pedro de Santana Xavier [(a)], Tulius Dias Nery [(b),] Fabrizio de Luiz Rosito Listo [(c)]

[(a)] Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. joaquim.xavier@ufpe.br

[(b)] Tecnologista do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - Cemaden. tulius.nery@cemaden.gov.br

[(c)] Docente do Departamento de Ciências Geográficas e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. fabrizio.listo@ufpe.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Com a premissa da teoria geossistêmica, os estudos relacionados a regionalização e a tipificação de unidades de paisagem são a base para zoneamentos que objetivam o ordenamento territorial pela análise integrada dos fatores que o compõe. O objetivo desse trabalho é compartimentar o estado de Pernambuco em unidades de paisagem, por meio de álgebra de mapas em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica) utilizando-se dados temáticos de geomorfologia, de vegetação e de clima. Foram delimitadas 39 unidades de paisagem, que variaram entre a planície flúvio-marinha de formação pioneira de clima super úmido e depressão sertaneja de caatinga semiárida, que demonstraram a diversidade de paisagens do estado.

Palavras-chave: Unidades de Paisagem, Sistema de Informação Geográfica, Pernambuco.

1. Introdução

Estudos para a avaliação de dinâmicas ambientais como zoneamentos são de grande importância para o manejo e a tomada de decisão, seja para fins de exploração econômica ou para preservação ambiental. Esses estudos possuem como base a compartimentação do território em diferentes regiões de caráter homogêneo, tais como as unidades de paisagem. Bolós (1981) afirma que o estudo da paisagem deve ser realizada de forma integrada, cujos elementos abióticos, bióticos e antrópicos aparecem associados de tal maneira que os conjuntos possam ser trabalhados em um modelo sistêmico.

A Teoria Geossistêmica apresenta como premissa básica a compreensão dos fatores geográficos sobre uma perspectiva sistêmica, influenciada pela Teoria Geral dos Sistemas, de Bertalanffy, no início dos anos 1950 (BERTALANFFY, 1977). Tricart (1977) define um sistema como um conjunto de fenômenos que se processam mediante fluxos de matéria e energia. Tais fluxos originam relações de dependência mútua entre os fenômenos.

O conceito de geossistema foi, inicialmente, empregado por Sotchava no início da década de 1960 (CAVALCANTI, 2010). O autor define geossistema como “uma área homogênea de qualquer dimensão onde os componentes da natureza estão em conexões sistêmicas uns com os outros, interagindo com a esfera cósmica e a sociedade humana” (SOTCHAVA, 1977). Sochava (1977) apresentou a abordagem geossistêmica como um modelo teórico e conceitual destinado a identificar, a interpretar e a classificar a paisagem terrestre, vista como uma classe peculiar dos sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados (FERREIRA, 2010).

Bertrand (2004) define a paisagem como certa porção do espaço, resultante da interação dinâmica e instável de atributos físicos, biológicos e antrópicos, que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem dela um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução. Nesse sentido, o autor advoga por uma taxonomia de paisagens dentro de uma escala espaço-temporal definida, sendo a paisagem classificada e hierarquizada em

função dos elementos e a escala de observação. Hierarquicamente, os elementos climáticos e estruturais delimitam as unidades superiores e os elementos biogeográficos e antrópicos as unidades inferiores. Bertrand (2004) se difere de Sotchava (1977) ao utilizar o termo geossistemas como um recorte hierárquico de 4ª e 5ª grandeza de análise da paisagem restrito a uma determinada dimensão espacial e temporal, diferente de um organismo próprio, sem restrições de escala. Dessa forma, na delimitação das paisagens, as unidades superiores são: zona, domínio e região natural, onde somente o relevo e o clima aparecem e, acessoriamente, as grandes massas vegetais; já as inferiores são: geossistema, geofácies e geótopo cujos elementos biogeográficos são capazes de mascarar as combinações de conjunto.

Para Bertand (2004) a unidade da paisagem é, portanto, incontestável e resulta da combinação local e única de todos os fatores como: sistema de declive, clima, rocha, manto de decomposição, hidrologia das vertentes e de uma dinâmica comum (mesma geomorfogênese, pedogênese e degradação antrópica da vegetação). Monteiro (2001) acredita que a existência da unidade é condicionada pelo funcionamento de suas constituintes e pela integração dos mesmos, ocupando um determinado espaço e durando um certo tempo.

Cavalcanti (2010) afirma que o estudo de unidades de paisagem busca a determinação das caracteristicas da natureza na superfície terrestre, da investigação de suas funções ecológicas, de sua dinâmica e de sua história (com participação ou não do homem). Tal procedimento tem um propósito geral: fornecer informações que viabilizem uma otimização ecológica do território.

Os estudos para a delimitação de áreas homogêneas ocorrem em todo Brasil e receberam diversas terminologias, tais como, unidades de paisagem, geossistemas, regiões físico-geográficas, unidades geoambientais, geocomplexos, entre outros, salientando-se que muitas vezes estes termos não são sinônimos quanto ao conceito ou a hierarquia taxonômica da paisagem. Embora a maioria dos estudos de unidades de paisagem sejam realizados em escalas municipais, existem trabalhos aplicados em menor escala.

Nesse sentido, alguns esforços foram encontrados para uma estratificação de áreas homogêneas em regiões de maior extensão, como a proposta de domínios morfoclimáticos e fitogeográficos de Ab'Sáber (2003) para todo o território nacional. Na região Nordeste, é possível encontrar trabalhos de unidades de paisagem em escalas estaduais, como no caso de Alagoas (CAVALCANTI, 2010); do Rio Grande do Norte (DINIZ; OLIVEIRA, 2018) e do Ceará (SOUZA, 2000 e RODRIGUEZ; SILVA, 2002).

No estado de Pernambuco, o trabalho mais próximo ao de unidades de paisagem são as unidades geoambientais presentes no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE) (SILVA *et al.,* 2001) onde estas unidades foram definidas, exclusivamente, pela estrutura e pelas formas geomorfológicas da paisagem. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é compartimentar o estado de Pernambuco em unidades de paisagem a partir de diferentes áreas, que apresentem combinações singulares dos elementos geomorfológicos, vegetacionais e climáticos com dinâmicas próprias.

2. Meteriais e Métodos

Considerando o caráter sistêmico do estudo de unidades de paisagem, optou-se por uma análise integrada entre a geomorfologia, a vegetação e o clima para este trabalho. A correlação homogênea desses três parâmetros delimitou e tipificou as unidades de paisagem e foram escolhidos por apresentarem uma síntese entre os diversos fatores que regem a dinâmica dos Geossistemas. Geomorfologicamente, foram consideradas as formas de relevo unificadas a sua estrutura litológica e aos tipos de solo, que sofrem influência significativa do regime climático e que, por sua vez, também regem os padrões da exploração biológica (vegetação).

Para a análise integrada, optou-se pela manipulação de dados temáticos em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) utilizando-se o *software ArcGIS 10.3* (licença acadêmica). Os dados temáticos foram compilados dos Domínios Geomorfológicos em escala 1:250.000 (FERREIRA; DANTAS; SHINZATO, 2014), Vegetação Natural em escala

1:250.000 (IBGE, 2004) e Clima em escala 1:1.000.000 (IBGE, 2002). Como os dados climáticos estão em uma escala menor em relação aos outros dois parâmetros, optou-se pelo seu uso apenas para subdividir as unidades já estabelecidas de acordo com a correlação entre a geomorfologia e a vegetação.

A metodologia empregada para a obtenção das unidades de paisagem se aproxima da proposta taxonômica bisserial e dos critérios estabelecidos por Isachenko (1991), que diferencia as unidades geradas por condicionantes zonais (vegetação e clima) e unidades geradas por condicionantes azonais (geomorfologia) conforme a Figura 1. Por fim, ambos os conjuntos foram correlacionados de modo a se obter unidades e subunidades derivadas, correspondendo aos geossistemas regionais (CAVALCANTI, 2010).

Para a correlação em ambiente SIG, optou-se por uma operação de álgebra de mapas com a ferramenta *map algebra*. Para isso, os dados temáticos foram convertidos em *raster* e os elementos presentes em cada mapa receberam um valor numérico (um número primo), além de um valor que seria utilizado, posteriormente, para codificar as unidades encontradas.

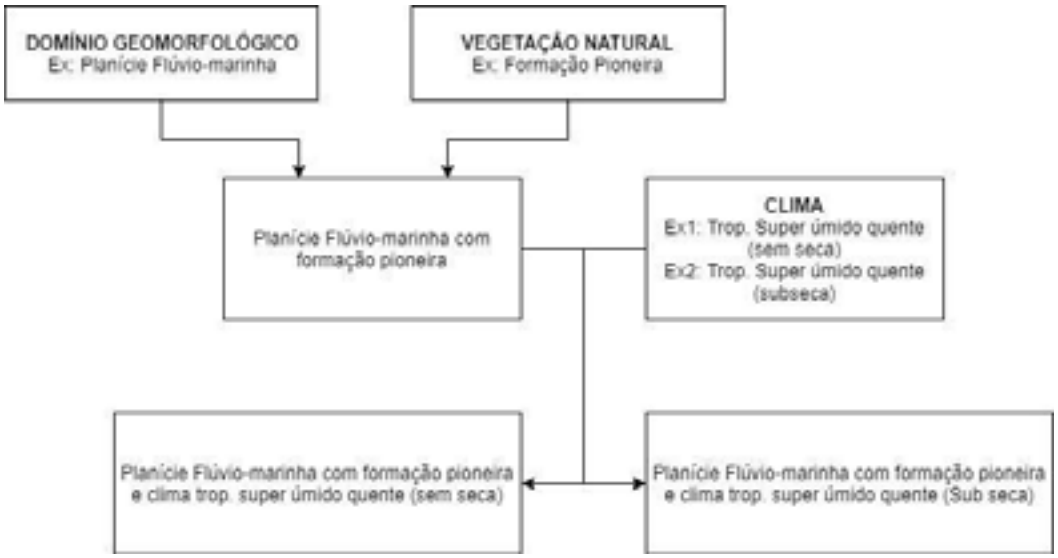


Figura 1 – Fluxograma metodológico de estabelecimento das unidades de paisagem para Pernambuco.

3. Resultados e Discussões

Foram delimitadas 39 unidades de paisagem para o estado de Pernambuco (Figura 2 e Tabela 1). As unidades que apresentam Planície flúvio-marinha com formação pioneira são caracterizadas por um ambiente de deposição, modelado pela dinâmica dos rios e do mar ao longo do litoral (FERREIRA; DANTAS; SHINZATO, 2014). São vegetadas por formações de primeira ocupação de caráter edáfico, adaptada ao solo em constante rejuvenescimento (IBGE, 2012), das quais as unidades 1 e 2 são de clima tropical super úmido e as unidades 3 e 4 de clima úmido quente, variando quanto a quantidade de meses em estiagem (Figura 2 e Tabela 1).

Os Tabuleiros Costeiros são caracterizados por relevos tabulares esculpidos e dissecados pela drenagem em rochas sedimentares (FERREIRA; DANTAS; SHINZATO, 2014). Nestes é possível encontrar unidades com Floresta Ombrófila, características de climas de grande umidade e de temperaturas elevadas, também chamadas de Floresta Pluvial, que variam entre densa e aberta quando a mesma apresenta algumas clareiras em meio a mata (IBGE, 2012). Neste domínio, foram delimitadas as seguintes unidades: Tabuleiros Costeiros com Floresta Ombrófila densa de clima tropical super úmido quente (5) e clima tropical úmido quente (6 e 7 com variação na quantidade de meses secos) e Tabuleiros Costeiros com Floresta Ombrófila aberta de clima tropical úmido quente (8) e clima tropical semiúmido quente (9) (Figura 2 e Tabela 1).

Foram delimitadas 7 unidades pertencentes ao Piemonte da Borborema, caracterizado pela presença de colinas dissecadas e de mares de morros anteriores ao Planalto da Borborema, conforme Ab'Saber (2003) e Ferreira *et al.* (2014). Há presença de Floresta Ombrófila densa de clima super úmido (unidades 10 e 11) e úmido (12); Floresta Ombrófila aberta de clima úmido (13) e semiúmido (14); Floresta Estacional semidecidual, condicionada por dupla estacionalidade climática: uma estação com chuvas intensas de verão, seguidas por um período de estiagem com perda de folhagem (IBGE, 2012); de clima semiúmido (15) e

Floresta de transição entre caatinga e Floresta estacional (ecótono) de clima semiúmido (16) (Figura 2 e Tabela 1).

No Planalto da Borborema verifica-se um relevo de degradação em um maciço cristalino Pré-cambriano, com vastas superfícies planálticas de relevos aplainados, intercalados com áreas francamente dissecadas em terrenos de morros amplos a montanhosos (CORRÊA *et al.,* 2010; FERREIRA; DANTAS; SHINZATO, 2014). Neste há a maior diversidade de unidades (11 ao total), que variaram entre Floresta Ombrófila aberta semiúmida (17); Floresta estacional semidecidual semiúmida (18); Ecótono úmido quente (19), subquente (20), semiúmido (21) e semiárido (22 e 23) e caatinga em clima úmido subquente (24 e 25), semiúmida (26) e semiárida (27) (Figura 2 e Tabela 1).

A unidade Depressão Sertaneja com caatinga é caracterizada pela depressão interplanáltica, compreendida entre o Planalto da Borborema, o Planalto Sedimentar da Bacia do Jatobá e a Chapada do Araripe de morfologia resultante de uma pediplanação (FERREIRA; DANTAS; SHINZATO, 2014). Apresenta vegetação de caatinga adaptada à aridez do solo e a escassez de água da região semiárida, variando entre o porte arbustivo e o arbóreo (IBGE, 2012). O regime climático a dividiu em 4 unidades distintas, com clima semiúmido (28) e semiárido (29, 30 e 31) (Figura 2 e Tabela 1).

A unidade do Planalto Sedimentar da Bacia do Jatobá, juntamente com as bacias do Recôncavo e do Tucano, formam um grande rifte: feição estrutural eocretácea abortada da megafratura que originou o oceano Atlântico Sul (FERREIRA; DANTAS; SHINZATO, 2014). Apresenta apenas vegetação de caatinga, e o clima a divide em 3 unidades: semiúmido (32) e semiárido (33 e 34). As unidades de bacias sedimentares do interior também apresentam apenas um tipo de vegetação (de caatinga) e um único clima (semiárido), formando a unidade 35 (Figura 2 e Tabela 1).

A chapada do Araripe é representada por uma vasta superfície de cimeira estrutural notadamente sedimentar e abrange os estados de Pernambuco, do Ceará e do Piauí

(FERREIRA; DANTAS; SHINZATO, 2014). Apenas a face a sotavento da Chapada está localizada em Pernambuco, resultando em apenas 2 unidades: a de vegetação de contato entre Caatinga e Floresta estacional com clima semiúmido (36) e a de vegetação de Caatinga com clima semiárido (37). Já a Planície do rio São Francisco marcada por vegetação de caatinga e clima semiárido apresenta 2 unidades, que variam pelos diferentes períodos de estiagem (unidades 38 e 39) (Figura 2 e Tabela 1).

Figura 2 – Unidades de Paisagem do estado de Pernambuco.

Tabela 1 – Descrição das unidades de Paisagem do estado de Pernambuco conforme a Figura 2.

Unid.	Paisagem (Geomorfologia, Vegetação e Clima)
1	Planície Flúvio-marinha com Formação Pioneira e clima Trop. Super Úmido quente (sem seca)
2	Planície Flúvio-marinha com Formação Pioneira e clima Trop. Super Úmido quente (Subseca)
3	Planície Flúvio-marinha com Formação Pioneira e clima Trop. Úmido quente (1 a 2 meses secos)
4	Planície Flúvio-marinha com Formação Pioneira e clima Trop. Úmido quente (3 meses secos)
5	Tabuleiros Costeiros com Fl. Ombrófila Densa e clima Trop. Super Úmido quente (sem seca)
6	Tabuleiros Costeiros com Fl. Ombrófila Densa e clima Trop. Úmido quente (1 a 2 meses secos)
7	Tabuleiros Costeiros com Fl. Ombrófila Densa e clima Trop. Úmido quente (3 meses secos)
8	Tabuleiros Costeiros com Fl. Ombrófila Aberta e clima Trop. Úmido quente (3 meses secos)
9	Tabuleiros Costeiros com Fl. Ombrófila Aberta e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
10	Piemonte da Borborema com Fl. Ombrófila Densa e clima Trop. Super Úmido quente (sem seca)
11	Piemonte da Borborema com Fl. Ombrófila Densa e clima Trop. Super Úmido quente (Subseca)
12	Piemonte da Borborema com Fl. Ombrófila Densa e clima Trop. Úmido quente (1 a 2 meses secos)
13	Piemonte da Borborema com Fl. Ombrófila Aberta e clima Trop. Úmido quente (3 meses secos)
14	Piemonte da Borborema com Fl. Ombrófila Aberta e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
15	Piemonte da Borborema com Fl. Estacional Semidecidual e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
16	Piemonte da Borborema com Ecótono (Caatinga-Fl. Estacional) e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
17	Planalto da Borborema com Fl. Ombrófila Aberta e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
18	Planalto da Borborema com Fl. Estacional Semidecidual e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
19	Planalto da Borborema com Ecótono (Caatinga-Fl. Estacional) e clima Trop. Úmido quente (3 meses secos)
20	Planalto da Borborema com Ecótono (Caatinga-Fl. Estacional) e clima Trop. Úmido subquente (1 a 2 meses secos)
21	Planalto da Borborema com Ecótono (Caatinga-Fl. Estacional) e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
22	Planalto da Borborema com Ecótono (Caatinga-Fl. Estacional) e clima Trop. Semiárido quente (6 meses secos)
23	Planalto da Borborema com Ecótono (Caatinga-Fl. Estacional) e clima Trop. Semiárido quente (7 a 8 meses secos)
24	Planalto da Borborema com Caatinga e clima Trop. Úmido subquente (1 a 2 meses secos)
25	Planalto da Borborema com Caatinga e clima Trop. Úmido subquente (3 meses secos)
26	Planalto da Borborema com Caatinga e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
27	Planalto da Borborema com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (7 a 8 meses secos)
28	Depressão Sertaneja com Caatinga e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
29	Depressão Sertaneja com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (6 meses secos)
30	Depressão Sertaneja com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (7 a 8 meses secos)
31	Depressão Sertaneja com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (11 meses secos)
32	Planalto Sedimentar da Bacia do Jatobá com Caatinga e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
33	Planalto Sedimentar da Bacia do Jatobá com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (7 a 8 meses secos)
34	Planalto Sedimentar da Bacia do Jatobá com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (11 meses secos)
35	Bacias Sedimentares do Interior com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (7 a 8 meses secos)
36	Chapada do Araripe com Ecótono (Caatinga-Fl. Estacional) e clima Trop. Semiúmido quente (4 a 5 meses secos)
37	Chapada do Araripe com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (7 a 8 meses secos)
38	Planície do Rio São Francisco com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (7 a 8 meses secos)
39	Planície do Rio São Francisco com Caatinga e clima Trop. Semiárido quente (11 meses secos)

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações finais

As 39 unidades de paisagem delimitadas apontaram a riqueza de diversidade de ambientes no território pernambucano, desde ambientes de alta precipitação com vegetação arbórea densa em Tabuleiros de origem sedimentar ou em Planaltos cristalinos a leste do estado, a ambientes com grandes períodos de estiagem com vegetação de caatinga em superfícies rebaixadas e aplainadas ou em Planaltos sedimentares a noroeste. Tal diversidade também apontou a necessidade da utilização de diferentes formas para o ordenamento do território, do manejo e na conservação dos ambientes.

A delimitação das unidades pode auxiliar na avaliação individual das paisagens, permitindo uma avaliação singular das dinâmicas do sistema. Assim, é possível comparar morfodinâmicas entre as unidades de paisagem e até mesmo resultados semelhantes no sistema (ex: ocorrências de processos erosivos) em diferentes ambientes.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo financiamento desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editoral, 2003. 179 p.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço metodológico. **Ra'e Ga**: O espaço geográfico em análise, Curitiba, v. 8, n. 1, p.141-152, 2004.

BOLÓS, M.I.C. Problemática actual de los estudios de paisaje integrado. **Revista de Geografia**. Barcelona, v. 15, n. 1-2, p. 45-68, 1981.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza. **Geossistemas no Estado de Alagoas:** uma contribuição aos estudos da natureza em geografia. 2010. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

CORRÊA, A. C. B., TAVARES, B. A. C., MONTEIRO, K. A., CAVALCANTI, L. C. S., LIRA, D. R. Megageomorfologia e Morfoestruturas do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, n 31. São Paulo. p. 35-52. 2010.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, A. V. L. C. Mapeamento das Unidades de Paisagem do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 32, n. 2, p.342-364, mai/ago. 2018.

FERREIRA, R. V.; DANTAS, M. E.; SHINZATO, E. Origem das Paisagens. In: TORRES, F. S. M.; PFALTZGRAFF, P. A. S. (Org.). **Geodiversidade do Estado de Pernambuco.** Recife: CPRM, 2014. Cap. 4. p. 51-70.

FERREIRA, V. O. A abordagem da paisagem no âmbito dos estudos ambientais integrados**.** **Geotextos**, Salvador, v. 6, n. 2, p.187-208, dez. 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p. (Manuais Técnicos em Geociências).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de Clima do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapeamento de Recurso Naturais do Brasil escala 1:250.000.** Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

ISACHENKO, A. G. **Landscape Science and Physical-Geographic Regionalization**. Moscou: Vyshaya Shkola. 1991. 370 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas:** A história de uma procura. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2001. 127 p.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A Classificação das Paisagens a Partir de uma Visão Geossistêmica. **Mercator**: Revista de Geografia da UFC, Fortaleza, v. 1, n. 1, p.95-112, 2002.

SILVA, F B R et al. **Zoneamento Agroecológico de Pernambuco.** Recife: Embrapa Solos Uep Recife; Governo do Estado de Pernambuco - Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária, 2001.

SOTCHAVA, V B. O Estudo de Geossistemas**. Métodos em Questão**, São Paulo, v. 16, n. 1, p.1-57, 1977.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C.; SOUZA, M. J. N.; MORAIS, J. O. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Ibge, Diretoria Técnica, Supren, 1997. 91 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO DE BARRAS DE FERRO PARA DIFERENCIAÇÃO ENTRE HORIZONTES DE TRÊS CLASSES DE SOLO UTILIZANDO RADAR DE PENETRAÇÃO DO SOLO (GPR) COM ANTENA MONOESTÁTICA DE 750 MHZ

Hugo Machado Rodrigues [(a)], Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento [(b)], Marcos Bacis Ceddia [(c)], Gustavo Mattos Vasques [(d)], Juliana Ferreira Nunes [(e)], Fernanda Barbosa dos Santos [(f)]

[(a)] Departamento de Solos, UFRRJ, rodrigues.machado.hugo@gmail.com

[(b)] Departamento de Solos, UFRRJ, carloswagner.geologia@yahoo.com

[(c)] Departamento de Solos, UFRRJ, marcosceddia@gmail.com

[(d)] Embrapa Solos, gustavo.vasques@embrapa.br

[(e)] Instituto de agronomia, UFRRJ, jufnunes2@gmail.com

[(f)] Instituto de Agronomia, UFRRJ, barbosafernanda299@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O Radar de Penetração do Solo (RPS) é uma ferramenta geofísica para o estudo de solos. A confiabilidade para interpretação dos seus resultados depende da correlação entre os dados geofísicos com os dados coletados em campo. O uso de barras de ferro pode ser uma alternativa para demarcar a profundidade dos horizontes do perfil e fornecer um indicador no radargrama. O objetivo deste trabalho foi averiguar se o uso de barras de ferro é uma ferramenta viável para a demarcação das profundidades em três perfis de solos distintos (ARGISSOLO, PLANOSSOLO e CAMBISSOLO) utilizando uma antena monoestática blindada de 750 MHz. Como resultados, percebeu-se que algumas barras foram visualizadas, sendo melhores no PLANOSSOLO, em que predomina matriz arenosa. Nos outros solos, as barras foram vistas com menor nitidez e em uma faixa de profundidade menor, quando comparadas às hipérboles vistas no radargrama do PLANOSSOLO, ou mesmo suprimidas.

Palavras chave: solos, radargrama, antena monoestática de 750 MHz, GPR.

1. Introdução

No campo da Pedologia aplicada à agricultura há uma constante busca por novas tecnologias no processo de mecanização das lavouras que visam diminuir os gastos de tempo e dinheiro em análises convencionais de campo (ADAMCHUK et al., 2004).

Uma possibilidade é o Radar de Penetração do Solo (*Ground Penetrating Radar* - GPR), um método geofísico elétrico não invasivo ao meio natural, sendo utilizado em estudos de investigação de regiões rasas do terreno com o uso de antenas de altas frequências que variam de 10 MHz a 1 GHz (ANNAN, 2009). Os resultados gerados pelo GPR são representados em uma imagem denominada radargrama. A nitidez da imagem depende dos diversos constituintes e fases do solo, cada um com propriedades físicas distintas, como a constante dielétrica (K), que representa a resistência de um material em conduzir corrente elétrica. Por via de regra, quando estes constituintes apresentam valores da constante K muito distintos entre si, obtém-se o melhor imageamento das feições do solo no radargrama (DE BENEDETTO et al., 2010).

Um grande entrave na interpretação do GPR refere-se à relação dos dados coletados no radargrama com o que é visto em campo. No estudo de Pedologia, a abertura, descrição e análises físicas do solo em trincheiras podem favorecer a análise comparativa do que é visto em campo pelo pesquisador com o radargrama. No caso do GPR com antenas monoestáticas (em que a parte receptora e transmissora do sinal estão acoplados em um único dispositivo), a profundidade do radargrama não pode ser feita por um método de maior precisão, como o *Commom MidPoint*, pois este depende que as partes transmissora e receptora estejam em dispositivos separados (antena biestática) (ANNAN, 2003).

Desta forma, é necessária uma metodologia que possa calibrar a profundidade vista em campo com o que é registrado no radargrama. Apesar dos vieses que a inserção de barras de ferro no solo pode oferecer (pois podem modificar em pequena escala as propriedades do solo), esta metodologia ainda pode ser uma opção para calibrar a profundidade de alvos de interesse no solo (JACOB; URBAN, 2015).

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi analisar se a inserção de barras de ferro colocadas em perfis de solo permite que as profundidades das transições dos horizontes sejam

identificadas nos radargramas (sob forma de hipérboles) gerados por um GPR com uma antena monoestática blindada de 750 MHz.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA), associada à Embrapa Agrobiologia, da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-Rio) e da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ nas coordenadas geográficas 22º 45’ S e 43º 40’30’’ W (Figura 1).

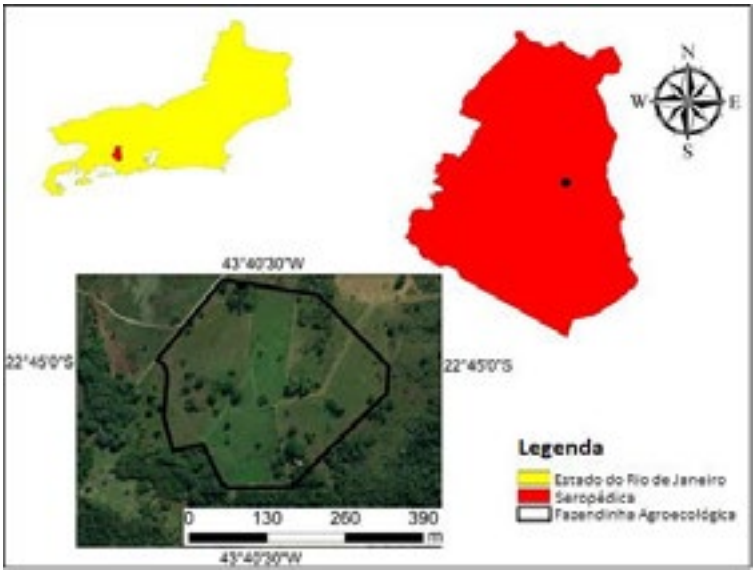


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

Para este trabalho, foram abertas três trincheiras em diferentes pontos da paisagem, onde foram descritos e classificados perfis do solo, sendo uma trincheira no terço médio (P3), um no sopé da vertente (P2) e um na área de baixada (P1). As posições dos perfis de solos na área estão representadas na Figura 2. Os perfis foram descritos e coletados seguindo as normas do

Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015). Foram coletadas amostras deformadas, guardadas em sacos plásticos que foram previamente identificadas, para posterior caracterização dos atributos físicos em laboratório de acordo com as recomendações expressas em Donagemma et al. (2011).

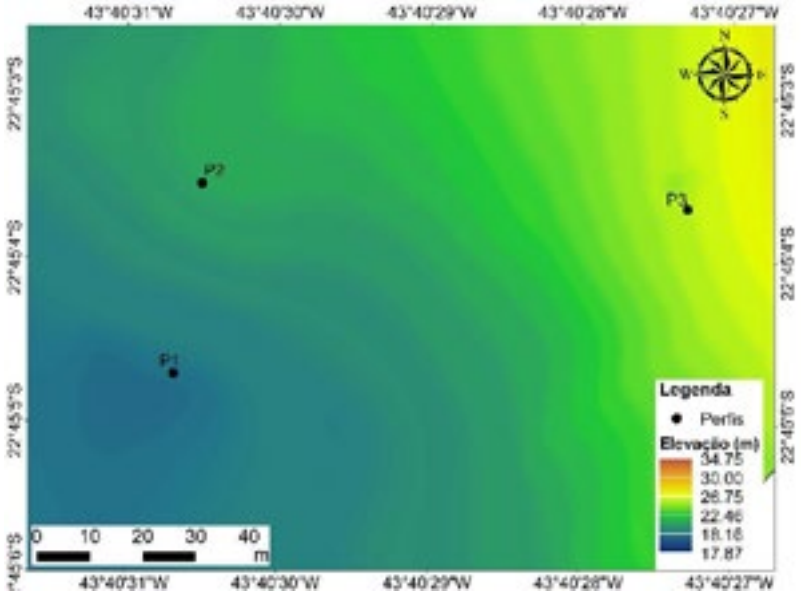


Figura 2**.** Mapa de localização dos perfis de solo na área de estudo, mostrando o modelo digital de elevação do terreno no fundo.

Os perfis foram, então, classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). O P1 foi classificado como CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico; o P2 como PLANOSSOLO HÁPLICO Distrófico arênico (P2) e o P3 foi classificado como ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico nitossólico.

Após a delimitação dos horizontes em cada solo, foi inserida uma barra de ferro com dimensões de 80 cm de comprimento por 8 mm de diâmetro na transição de cada horizonte em cada perfil de solo. Depois, navegou-se sobre os três perfis de solo com o GPR MALÅ GroundExplorer, (Guideline Geo AB, Sundbyberg, Suécia), com odômetro, usando uma antena

monoestática blindada de 750 MHz. Ao final do procedimento de campo, obtiveram-se três radargramas dos perfis individuais.

Para a interpretação do perfil de solo estudado dentro de cada radargrama, foi anotada em campo a posição espacial do perfil dentro do radargrama. Também, foram registradas a distância de cada barra de ferro até os limites laterais de cada perfil e suas profundidades.

Após a coleta dos radargramas, os arquivos foram retirados do computador do GPR e colocados em um segundo computador, para posterior processamento de dados utilizando o software ReflexW, desenvolvido por Sandmeier (2009) (Sandmeier Software, Karlsruhe, Alemanha). O processamento das imagens seguiu apenas dois procedimentos realizados em sequência: *Static correction* e *Dewow*.

3. Resultados e discussões

As profundidades, as granulometriase as cores dos horizontes do CAMBISSOLO HÁPLICO (P1) estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela I. Profundidades, texturas e cores úmidas dos horizontes do Cambissolo (P1).

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia	Argila	Cor úmida
A1	0-10	594	206	7,5YR2,5/1
A2	10-16	559	269	7,5YR 3/1
BA	16-30	563	319	7,5YR 4/4
B1	30-54	510	339	7,5YR 5/8
B2	54-87	619	287	10 YR 5/8
BC	87-115	648	271	N6/
CB	115-130^{+}	701	146	N6/

Como pode ser visto, o solo apresenta uma textura com mais de 200 g.kg^{-1} de argila desde a superfície, com sua diminuição a partir de horizontes mais profundos (B2). Cor neutra (N6/) mostra que o processo de redução é um fator que atua neste perfil, o que é condizente por este solo estar em área de baixada, região onde há influência do lençol freático de forma

temporária ou pemanente ao longo do ano. Neste solo, a disposição das barras está representada na Figura 3.

Figura 3. Disposição das barras no P1. O sentido do caminhamento foi da direita para a esquerda

Foram vistas as três primeiras transições sob forma de hipérboles (Figura 4). Em relação a este solo, a transição mais profunda que o GPR assinalou foi a da barra de ferro em 30 cm de profundidade.

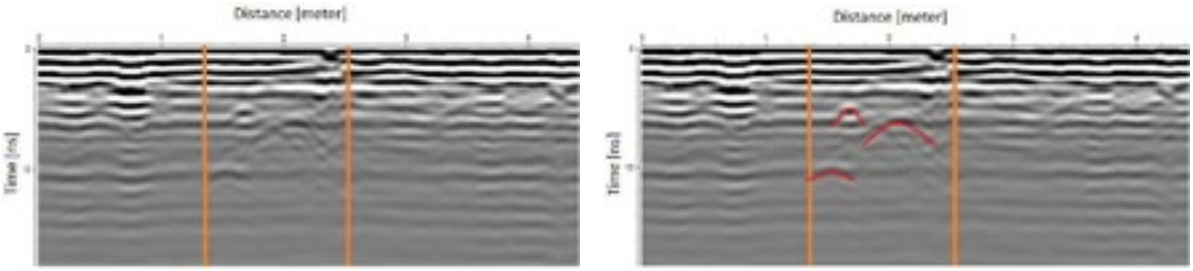


Figura 4. Demarcação em laranja do perfil do solo (P1) dentro do radargrama (à esquerda) e demarcação em vermelho das hipérboles geradas pelas barras de ferro (à direita).

As assinaturas das barras mais profundas podem ter sido suprimidas devido aos teores relativamente altos de argila ainda em superfície, o que pode ter causado dissipação do sinal (DANIELS; GUNTON; SCOTT,1988). Também, percebe-se que as hipérboles vistas no

radargrama apresentaram uma má definição mesmo em regiões mais rasas do solo. Porém, ainda foi possível delimitá-las com certa facilidade, o que indica que o uso de barras de ferro pode ser favorável nestas condições.

No caso do PLANOSSOLO HÁPLICO (P2), as profundidades, as análises granulométricas e as cores dos horizontes estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela II. Profundidades, texturas e cores úmidas dos horizontes do Planossolo (P2).

Horizonte	**Profundidade (cm)**	**Areia**	**Argila**	**Cor úmida**
A	0-8	809	99	5YR 4/1
AE	8-22	876	43	7,5YR 4/1
E	22-69	831	92	10 YR 5/2
BE	69-92	564	388	10YR 4/6
Bt1	92-133	441	443	10YR 4/3
Bt2	133-155^{+}	513	367	10 YR 4/4

Os primeiros três horizontes possuem matriz tipicamente arenosa, com menos de 100 g.kg^{-1} de argila. Além disso, ocorre uma mudança textural abrupta na passagem do horizonte E para o subjacente, com um aumento de cerca de 4 vezes de argila em BE. A disposição das barras de ferro no P2 está apresentada na Figura 5.

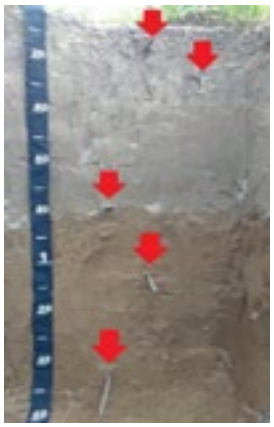


Figura 5. Disposição das barras de ferro no P2. O sentido do caminhamento foi da direita para esquerda.

Neste solo, as três hipérboles demarcaram as primeiras três transições no radargrama (Figura 6). Mas, diferente da P1, a barra mais profunda assinalada no radargrama está a 69 cm de profundidade, 39 cm a mais que a barra mais profunda no radargrama do P1.

Uma feição no radargrama sugere que há uma delimitação da base do horizonte E para o BE. Essa feição é confirmada pela posição da hipérbole mais inferior na imagem, visto que há uma barra correspondente inserida nesta transição, o que possibilita a identificação de uma camada guia para a transição de E para BE dentro do perfil (demarcada em amarelo).

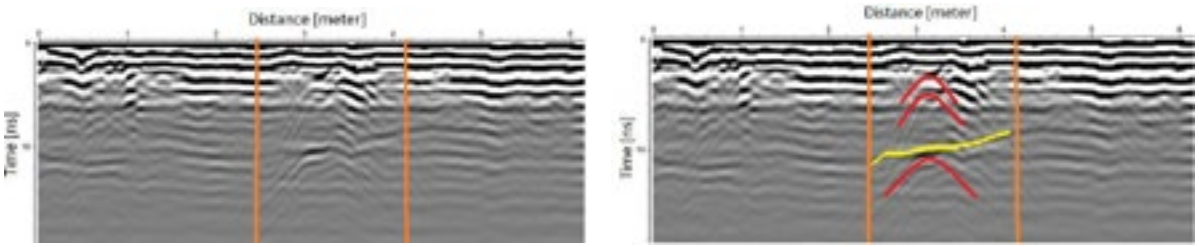


Figura 6. Demarcação em laranja do perfil do solo (P2) dentro do radargrama (à esquerda) e demarcação em vermelho das hipérboles geradas pelas barras de ferro com a demarcação da base do horizonte E em amarelo (à direita).

Dois aspectos merecem destaque. O primeiro são as hipérboles, principalmente as mais superiores, pois apresentam baixa nitidez, mesmo estando em matriz arenosa (< 100 $g.kg^{-1}$). O segundo aspecto é que a camada guia apresenta má nitidez e má delimitação, apesar de haver uma grande mudança textural de E para BE (o que implica em grande mudança da constate K do horizonte E para o subjacente). Essas duas análises contrastam De Benedetto et al. (2010), visto que as barras de ferro foram inseridas em matriz arenosa constituída, principalmente, por quartzo. Além disso, a grande diferença textural entre esses dois horizontes deveria formar sinais mais nítidos no radargrama.

Dois aspectos podem ter atenuado esses sinais: primeiro, o resultado da alta frequência da antena utilizada no solo que, mesmo em matriz arenosa, pode causar dispersão do sinal. O segundo motivo pode ser o limite de alcance da antena, que pode desfavorecer o aparecimento de feições de interesse em profundidades. Porsani (1999) estipulou uma profundidade média para o alcance de uma antena de 1000 MHz para 1 metro. Como a matriz do solo é tipicamente

arenosa, o que deveria favorecer as leituras em maiores profundidades, então, a antena de 750 MHz pode ter limitações em regiões mais profundas, o que pode resultar em má visibilidade de alvos mais profundos no solo, mesmo com mudanças significativas dos valores de K.

Para os dados do ARGISSOLO VERMELHO (P3), os dados morfológicos e físicos estão expressos na Tabela 3.

Tabela III. Profundidades, texturas e cores úmidas dos horizontes do Argissolo (P3).

Horizonte	Profundidade (cm)	Areia	Argila	Cor úmida
A	0-10	544	307	5YR 3/1
AB	10-26	568	260	5YR 3/2
BA	26-48	486	349	5 YR 4/4
Bt1	48-65	482	396	2,5YR 3/6
Bt2	65-86	421	421	2,5YR 3/6
Bt3	86-108	212	657	2,5 R 3/6

Este solo apresenta os valores de argila mais altos desde a superfície, aumentando ainda mais em profundidade. Além disso, percebe-se que este solo possui cores alaranjadas (5YR) à avermelhadas (2,5 YR). Isso indica a presença de óxidos de ferro, como goethita e hematita em pelo menos 1 % do volume da fração argila neste solo (ALMEIDA; MAÇANEIRO; KLAMT, 2000). A disposição das barras de ferro está expressa na Figura 7.

Figura 7. Disposição das barras de ferro no P3. O sentido do caminhamento foi da direita para a esquerda.

Neste solo não houve demarcação das hipérboles no radargrama, como pode ser visto na Figura 8.

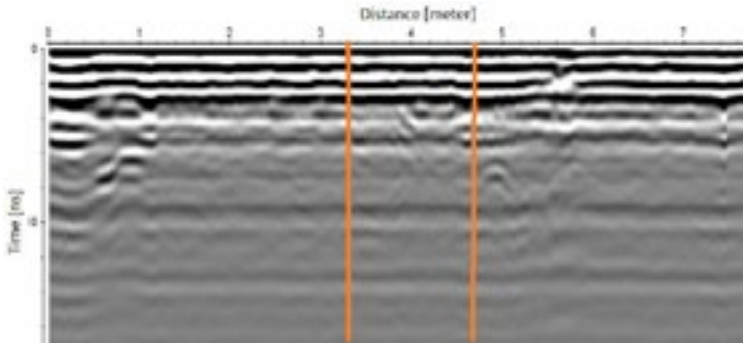


Figura 8. Demarcação do perfil do solo (P3) dentro do radargrama. Não houve discriminação de hipérboles neste radargrama.

A supressão das hipérboles neste radargrama pode ser resultado de dois fatores intrínsecos do próprio solo: altos teores de argila desde a superfície e a presença dos óxidos de ferro (DANIELS; GUNTON; SCOTT,1988), associados com o tipo de antena utilizada.

Em relação ao próprio solo, a alta quantidade de argila desde a superfície pode ter acarretado grande dissipação do sinal, impedindo que o sinal retorne ao GPR, além de que os minerais da fração argila são, em parte, formados por íons de ferro, podendo ter equalizado as constantes K entre a barra e o solo (DE BENEDETTO et al., 2010).

Esses fatores são maximizados, ainda, pela alta frequência da antena. A alta frequência acarreta em uma grande interação com as partículas do solo, promovendo maiores dissipações do sinal e criação de ruídos no radargrama. Estes fatores associados podem ter suprimido a assinatura das barras de ferro no radargrama. Neste caso, estes resultados corroboram com a sugestão de Doolittle; Collins (1995) de que antenas de mais baixas frequências (< 500 MHz) são mais indicadas em solos com características condutoras.

4. Considerações finais

O uso de barras de ferro apresentou limitações para o uso da antena de 750 MHz. Essas limitações são referentes à má nitidez das hipérboles que demarcam as transições, podendo ser completamente suprimidas em solos com textura argilosa (como visto no ARGISSOLO). O mais indicado é que as barras de ferro sejam utilizadas em solo com matriz arenosa, onde apresentam hipérboles com melhores resoluções.

5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6. Referências Bibliográficas

ADAMCHUK, V.I. et al. On-the-go soil sensors for precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, [S.l.], v. 44, p. 71–91, 2004.

ALMEIDA, J.A., MAÇANEIRO, K. C.; KLAMT, E. Mineralogia da fração argila de solos vermelhos com horizontes superficiais brunados do Planalto de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [S.l.], v. 24, p. 815-828, 2000.

ANNAN, J.P. **Ground Penetrating Radar**: Principles, Procedures and Applications. Ontario: Sensors and Software Inc., 2003.

ANNAN, A.P. Electromagnetic principles of ground penetrating radar. In: Jol, H.M. (Ed.) **Ground Penetrating Radar**: Theory and Applications. Amsterdam: Elsevier Science, 2009, p. 3-40.

DANIELS, D.J.; GUNTON, D.J.; SCOTT, H.F. Introduction to subsurface radar. **IEE Proc**, v. 135, p. 278-320, 1988.

DANIELS, D.J. **Ground-penetrating radar,** 2nd ed. London: The Institution of Electrical Engineers, 2004.

DE BENEDETTO et al. Spatial relationship between clay content and geophysical data. **Clay Minerals**, [S.l.], v. 45, p. 197–207, 2010.

DONAGEMMA, G.K. et al. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

DOOLITTLE, J.A.; COLLINS, M.E. Use of soil information to determine application of ground penetrating radar**. Journal of Applied Geophysics**, [S.l.], v. 33, p. 101-108, 1995.

JACOB, R.W.; URBANL, T.M. Ground-Penetrating Radar Velocity Determination and Precision Estimates Using Common-Mid-Point (CMP) Collection with Hand-Picking, Semblance Analysis, and Cross-Correlation Analysis: a Case Study and Tutorial for Archaeologists. **Faculty Journal Articles**, [S.l.], p. 1-18, 2015.

PORSANI, J.L. **Ground Penetrating Radar (GPR):** Proposta metodológica de emprego em estudos geológico-geotécnicos nas regiões de Rio Claro e Descalvado-SP. 1999. 145 f. Tese (Doutorado em Geofísica), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 1999.

SANDMEIER, K.J. **ReflexW Version 7.5. Program for processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refractiona and transmission data. Manual do Software**. Germany: Karlsruhe, 2009. 345 p.

SANTOS, H.G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, R.D. et al. **Manual de descrição e coletas de solos no campo**. 7.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SENSORIAMENTO REMOTO ÓPTICO E DE RADAR NA AVALIAÇÃO DA MORFODINÂMICA NA PLANÍCIE DO MAICÁ, SANTARÉM-PA

João Paulo Soares de Cortes [(a)], George Luiz Luvizotto [(b)]

(a) Instituto de Ciência e Tecnologia das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. decortesjps@gmail.com

(b) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP. Programa de Pós Graduação em Geociências e Meio Ambiente.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A região de Santarém, no oeste do estado do Pará, tem atraído investimentos crescentes devido à sua posição estratégica dentro de um modelo de exportação em consolidação no Brasil. Tais investimentos vêm acompanhados de conflitos associados a implantação de obras de infraestrutura e logística e de mudanças no uso do solo. Dentro deste cenário é fundamental que hajam subsídios para que possa ser realizado um planejamento ambiental adequado tanto das obras quanto das atividades econômicas que sejam propostas e implementadas em nível regional. Este trabalho objetiva identificar as zonas de dinâmica erosiva e deposicional e a dinâmica hidrológica sazonal no entorno da Planície do Maicá, município de Santarém-PA. É utilizada uma metodologia de integração de dados oficiais e de sensores remotos ópticos e de radar tratados em sistemas de informação geográfica (SIGs). São feitas considerações sobre a instalação de obras de infraestrutura no local, utilizando o caso do Terminal Portuário de Uso Privado da Empresa Brasileira de Portos de Santarém (EMBRAPS) como exemplo.

.

Palavras chave: Geomorfologia Aplicada; Amazônia; Sentinel 1A; Portos; Impactos Ambientais

1- Introdução

A região da Planície do Maicá, situada a oeste da zona urbana de Santarém, no estado do Pará (Figura 1) possui projetos para instalação de obras de infraestrutura de grande porte para escoamento de soja, como Terminais Portuários de Uso Privado (TUPs) projetados e previstos no Plano Mestre do Complexo Portuário do município (BRASIL, 2017). Em consequência, conflitos socioambientais emergem associados não só com a mudança proposta de usos do território, mas principalmente com a maneira com que o processo de implantação vem ocorrendo (AGUIAR, 2017).

Um caso que ilustra bem esta problemática está associado ao licenciamento ambiental do TUP da Empresa Brasileira de Portos de Santarém - EMBRAPS (FADESP, 2015), baseado em Estudo de Impacto Ambiental avaliado como superficial e negligente com relação às complexidades verificadas na zona proposta de instalação do ponto de vista sócio-ambiental (UFOPA, 2018). Com relação aos diagnósticos ambientais, especialmente do meio físico, o EIA apresentado no referido licenciamento está embasado majoritariamente em dados secundários, desconsiderando aspectos locais importantes, como a dinâmica geomorfológica erosiva e deposicional da área da planície.

Recentemente, a pressão pela implantação do complexo de portos na região foi reforçada através de uma decisão arbitrária do poder municipal, que inseriu a área da embocadura do Lago do Maicá como Zona Portuária do município durante a revisão do Plano Diretor. Esta decisão contraria o processo participativo de revisão do mesmo, em que a população optou pela manutenção dos modos tradicionais de ocupação, rejeitando a proposta de implantação do TUP EMBRAPS e de outras obras de infraestrutura na Planície do Maicá.

Para que políticas de planejamento ambiental possam ser bem formuladas, é fundamental a existência de dados que subsidiem o processo, tornando o eficiente no sentido de prevenir, reduzir, mitigar e compensar os impactos socioambientais decorrentes da exploração dos recursos em um dado território. Este trabalho objetiva identificar as zonas de

dinâmica erosiva e deposicional mais intensas no entorno da Planície do Maicá para que seja possível avaliar a viabilidade da implantação de obras de infraestrutra na área pelo ponto de vista geomorfológico. São gerados ainda produtos demonstrando a dinâmica hidrológica sazonal, explicitando as áreas de inundação dentro da planície. Para tanto é utilizada uma metodologia de integração de dados oficiais e de sensores remotos (ópticos e de radar) e sistemas de informação geográfica (SIGs). Os resultados são confrontados com o polígono apresentado no projeto do TUP EMBRAPS e são feitas considerações sobre a instalação de obras de infraestrutura no local, utilizando este caso como exemplo.

A figura 1 apresenta a área de estudos no entorno da cidade de Santarém-PA, com indicações de algumas feições geomorfológicas citadas ao longo do texto.

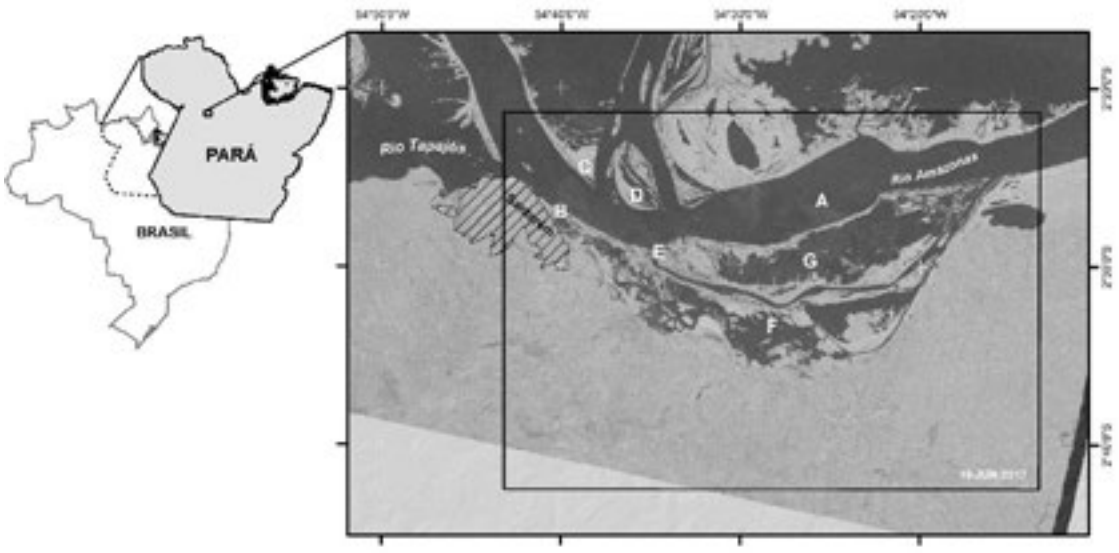


Figura 1 – Localização da área de estudos e feições descritas no texto. A – Localização da "extinta" Ilha do Aracampina, B – Furo do Maicá, C – Ilha do Arapemã, D – Ilha Saracura, E – Paraná do Ituqui, F – Ilha do Maicá, G – Ilha do Ituqui.

2- Materiais e Métodos

A avaliação da dinamica geomorfológica considerou um período de 39 anos (1978-2017), entre a aquisição das imagens aéreas que embasaram a confecção da carta topográfica (cenário mais antigo) e a imagem de radar utilizada (mais recente).

Imagens de sensores remotos ópticos (LANDSAT 5) e radar (SENTINEL 1A) foram selecionadas considerando a variação das cotas hidrológicas na confluência entre os rios Tapajós e Amazonas nos anos de 1995 e 2017 respectivamente. Dados de cotas hidrológicas mensais relativos ao período amostrado foram obtidos na plataforma Hybam (*www.ore-hybam.org*) para a estação Santarém (código 179000). A escolha da cena do sensor óptico seguiu ainda o critério de mínima cobertura de nuvens (< 5% na área de estudo).

A dinâmica geomorfológica entre as datas analisadas, foi avaliada pela comparação entre polígonos extraídos das diferentes fontes (figura 2). Os produtos de sensores remotos (óptico e radar) foram obtidos para o mês de outubro, que apresentou a vazão mínima nos anos considerados de acordo com a hidrógrafa obtida. A variação hidrológica sazonal foi avaliada com base na soma entre as áreas inundadas nos extremos de vazão para o ano de 2017 (inundação máxima em maio mais inundação mínima em outubro). Este procedimento permitiu a distinção na planície entre 3 categorias; áreas emersas, sazonalmente alagadas e perenes. As imagens de radar foram processadas no software SNAP 5.0, onde foram realizados os procedimentos de correção geométrica (*range doppler terrain correction*), calibração radiométrica e filtragem de ruído (*lee speckle filter*) na etapa de pré-processamento. A extração da área inundada em cada uma das cenas foi feita através da aplicação de limiares de corte (*thresholds*) obtidos na análise dos histogramas. As máscaras de água foram então somadas de modo a se obter a variação hidrológica de acordo com a metodologia de Cenci *et al*. (2017).

Dados vetoriais de rede hidrográfica e planimetria foram adquiridos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, relativos a mapeamentos atualizados ao milionésimo e aos formatos vetoriais das cartas topográficas 1:100.000, que compõem a área de estudos (cartas

Santarém e Monte Alegre). As cartas topográficas vetoriais e *raster* foram adquiridas através do Banco de Dados Geográfico do Exército Brasileiro (BDGEX). Para os processamentos finais e confecção dos mapas foi utilizado o software ArcGis 10.5.

3- Resultados

Os resultados permitem que sejam identificadas áreas onde predominam os processos de erosão e sedimentação em diferentes intensidades. De um modo geral, os terrenos insulares possuem uma dinâmica mais intensa com ganhos e perdas em área superiores aos observados nas planícies associadas à terra firme e margens dos canais. Este padrão é esperado devido à concentração da energia do fluxo no centro do canal, que tende também a apresentar maior variabilidade que as suas bordas.

A figura 2 ilustra as mudanças que ocorreram nas Ilhas do Aracampina e Saracura, ambas no rio Amazonas (ver figura 1 para localização). É interessante notar que os processos erosivos consomem inteiramente a ilha do Aracampina, situada a norte da ilha do Ituqui durante o período considerado neste trabalho. No caso da ilha Saracura, é possível vislumbrar um padrão de mudança mais complexo, que envolve simultaneamente um incremento da atividade erosiva no flanco leste da ilha (boca do Tapará) com respectiva diminuição desta atividade, e consequente aumento na sedimentação no flanco oeste (ponta do Urubuquaquá), indicando a tendência de migração do canal e do próprio corpo insular. A evolução deste processo mostra como se dá a acresção de grandes áreas à várzea formando as planícies em barras de acresção (*scrollbar plain*).

Os padrões verificados mostram a combinação dos processos de erosão e sedimentação em lados opostos da ilha do Saracura, expondo a tendência a agregar o sedimento na borda oriental da ilha que divide o canal principal do Amazonas em dois fluxos secundários, sendo que um tende a se desenvolver enquanto o fluxo secundário tende a diminuir até cessar, ou se tornar intermitente, agregando no terreno à margem da ilha do Arapemã à oeste.

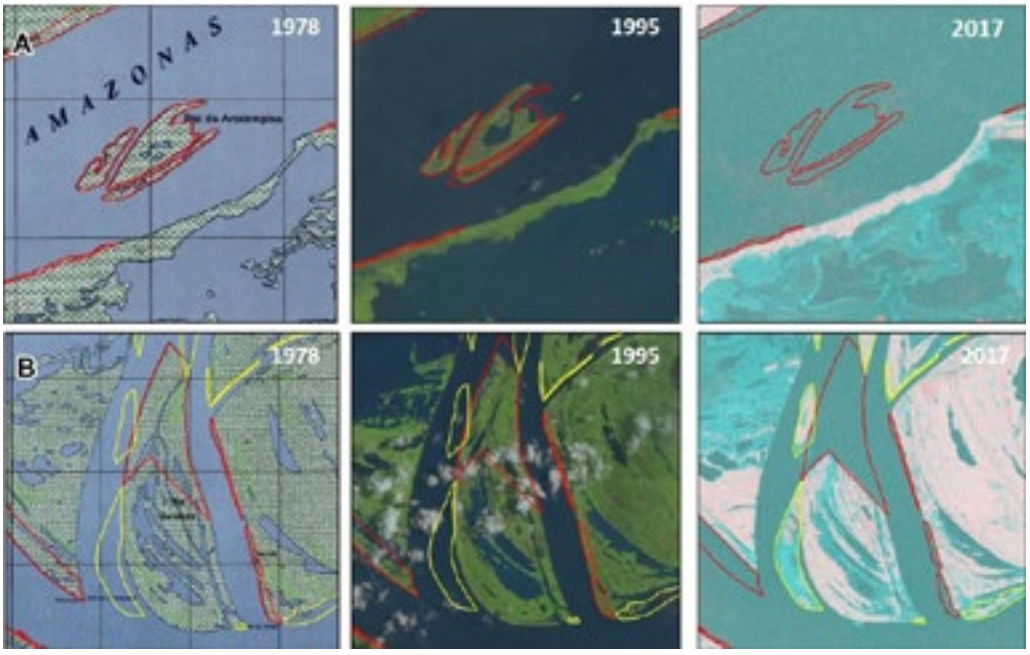


Figura 2 - Dinamica geomorfológica em dois ambientes insulares na calha do rio Amazonas. A- Ilha do Aracampina que já não é observada em 2017 B- Ilha Saracura, representadas em três produtos diferentes; carta topográfica (1978), imagem optica (1984) e imagem de radar (2017). As áreas em vermelho indicam erosão e as em amarelo sedimentação.

A figura 3 ilustra a distribuição das áreas de erosão e sedimentação no entorno da Planície do Maicá. A área prevista para implantação do TUP EMBRAPS (polígono verde, figura 3A) apresenta ocorrência de processos erosivos na margem da planície no período observado. A composição apresentada em 3A e 3B permite que sejam observadas as categorias de sujeição ao regime hidrológico sazonal, variando entre águas perenes em azul escuro, sazonalmente alagadas em azul claro e emersas em cinza e rosa. Esta dinâmica indica que a área proposta para implantação do do TUP EMBRAPS possui uma parte expressiva na área inundável, configurando a várzea natural do furo do Maicá. É fundamental que esta dinâmica de inundação sazonal seja considerada na realização do projeto e nas etapas de diagnóstico e avaliação de impactos ambientais de qualquer obra que se pretenda instalar neste contexto.

ISBN: 978-85-7282-778-2

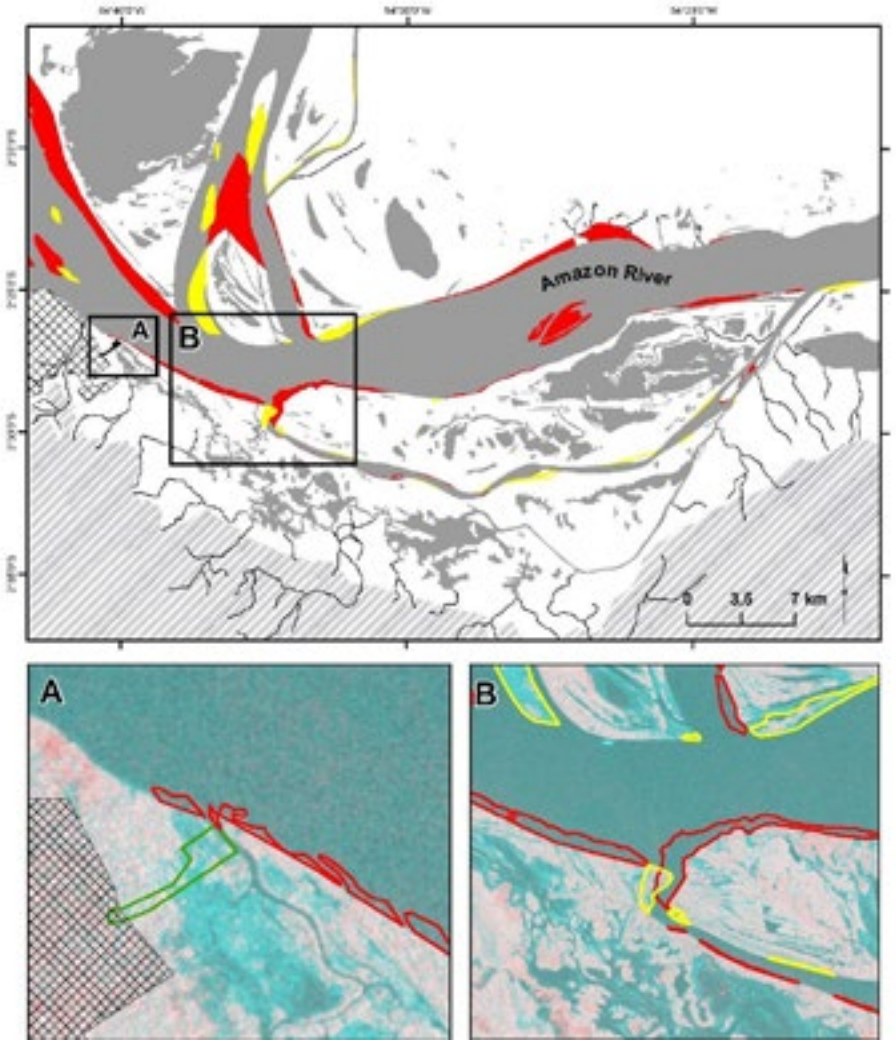


Figura 3- Zonas de erosão (em vermelho) e sedimentação (amarelo) na planície do Maicá e entorno. A- projeção da área de instalação do TUP EMBRAPS (verde). A área urbana de Santarém é representada pelo polígono hachurado. B- Migração para oeste do furo do Ituqui. Dinâmicas de erosão e sedimentação devem ser consideradas no planejamento ambiental de projetos em ambiente fluvial. A dinâmica sazonal, representada por áreas permanentemente úmidas (azul escuro), sazonalmente úmidas (azul claro) e emersas (rosa) também deve ser considerada.

A zona proposta para instalação do TUP EMBRAPS apresentou, dentro do período analisado, clara tendência à erosão das margens do Amazonas, inclusive com mudanças perceptíveis no próprio furo do Maicá, onde as águas do Amazonas adentram a planície de inundação por um canal secundário (furo ou paraná). A partir do momento em que adentra a planície, as águas do Amazonas alternam entre trechos alagados e situações de fluxo bem canalizado, criando uma grande diversidade de ambientes ecológicos, sazonais e perenes, que fazem desta planície inundável um verdadeiro berçário para as mais de 30 espécies somente de peixes utilizados na alimentação, encontradas na região (VAZ *et al*., 2017).

A pesca, fonte importante de alimentos e renda para as famílias que habitam as várzeas do Amazonas e Tapajós é regulada por acordos que visam manter o equilíbrio e a diversidade no local (BRASIL, 2004). A maneira com que se pretende implantar empreendimentos de grande porte na planície deve igualmente estar embasada em processos participativos que levem em consideração as complexidades socioambientais da área e suas restrições, evitando a conversão deste ambiente de fartura para os povos locais em um ambiente de exclusão.

4- Considerações Finais

A dinâmica hidrológica sazonal e as variações decadais advindas dos processos de erosão e sedimentação foram avaliadas e apontaram para a necessidade de que sejam consideradas em processos de licenciamento e planejamento ambiental, envolvendo agentes públicos e privados. Na escala temporal analisada foram observados fenômenos de migração de canal, construção de planície e erosão intensa (como na ilha do Aracampina) dentro da área de estudos. O mal dimensionamento na etapa de projetos ou a desconsideração destas variáveis na etapa de avaliação de impactos pode gerar situações de risco, que devem ser levadas em consideração nas tomadas de decisão.

É desejável que os padrões apontados neste trabalho sejam considerados nos projetos de intervenção na área, especialmente os com grande potencial causador de impactos socioambientais, como é o caso de grandes obras de infraestrutura. Para que tais projetos

tenham seus impactos evitados ou minimizados é necessário ainda que sejam respeitados as decisões tomadas de maneira participativa e que seja cobrado maior rigor e transparência em todas as etapas do processo de licenciamento ambiental.

5- Referências Bibliográficas

AGUIAR, D. A Geopolítica de Infraestrutura da China na América Do Sul: Um estudo a partir do caso do Tapajós na Amazônia Brasileira. ActionAid / FASE, Rio de Janeiro, 2017.

BRASIL. Instrução Normativa MMA no 21, de 14 de outubro de 2004. Diário Oficial da União, 14 out. 2004.

BRASIL. Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil. Plano Mestre: Complexo Portuário de Santarém. Florianópolis: SEP/PR-UFSC, 2017.

CENCI, L., PULVIRENTI, L., BONI, G., CHINI, M., MATGEN, P., GABELLANI, S., SQUICCIARINO, G. An evaluation of the potential of Sentinel 1 for improving flash flood predictions via soil moisture data assimilation. Adv. Geosci, V. 44, p. 89-100, 2017.

FADESP, Fundação de Amparo e Desenvolvimento da Pesquisa. Estudo de Impacto Ambiental do Terminal Portuário da Empresa Brasileira de Portos de Santarém Ltda. – EMBRAPS. Belém, 2015.

UFOPA, Universidade Federal do Oeste do Pará. Relatório Técnico do Grupo de Estudo do EIA do Porto do Maicá. Santarém, 2018.

VAZ, E. M., RABELO, Y. G. S., CORRÊA, J. M. S., ZACARDI, D.M. A pesca artesanal no Lago Maicá: aspectos socioeconômicos e estrutura operacional**. Biota Amazônia**, V. 7, n. 4, p. 6-12, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE TERRESTRE NO MUNICÍPIO DE LAURO DE FREITAS NO ESTADO DA BAHIA

Fábia Antunes Zaloti [(a)], Pablo Santana Santos [(b)], Daria Maria Cardoso Nascimento [(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Bahia, fabia.zaloti@gmail.com
[(b)] Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pablo.srgeo@gmail.com
[(c)] Geografia, Universidade Federal da Bahia, daria@ufba.br

Eixo: Eixo: 9.Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O município de Lauro de Freitas teve uma ocupação acelerada a partir dos anos 70 e 80. Desde então as transformações foram significativas na cobertura e uso da terra, e neste contexto, o presente artigo tem como objetivo o cálculo da estimativa da Temperatura de Surperfície Terrestre (TST) a partir da banda infravermelho termal e Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com imagens do satélite Landsat 5 e 8 para os anos de 1984 e 2018. Os resultados apresentaram um acréscimo nas temperaturas mínimas e máximas de 7º e 4.8 ºC entre 1984 e 2018, que pode ter sido influenciado pela expansão urbana no município, ocorrida ao longo dos 34 anos. Na análise dos bairros Areia Branca, Itinga, Portão e Vilas do Atlântico, os maiores acréscimos foram em Itinga e Portão.

Palavras chave: Temperatura de Superfície Terrestre, Landsat, Lauro de Freitas.

1. Introdução

Lauro de Freitas foi influenciado pelas mudanças ocorridas em Salvador e Camaçari, principalmente devido à descoberta de petróleo que promoveu o crescimento populacional e urbano na cidade de Salvador, a partir de 1959 (CARVALHO et al., 2014).

O município ainda possuia caraterísticas rurais no inicio da década de 1970, e a partir daí em diante passou por um crescimento acelerado devido à expansão urbana da capital

Salvador. Este crescimento propiciou um deslocamento das populações de baixa renda de Salvador para o bairro Itinga. O vetor urbano de expansão da Região Metropolitana de Salvador concretizou-se neste bairro e ao longo da BA-099 ou Estrada do Coco. Atualmente é uma realidade a presença de condomínios e loteamentos que surgiram com a expansão do mercado imobiliário, que se instalaram em áreas mais nobres do município, principalmente nas áreas da faixa litorânea e fluviais, destacando o Condomínio Encontro das Águas e o Loteamento Vilas do Atlântico (FREITAS; PARANHOS, 2008). Desde então o município está passando por transformações significativas na cobertura e uso da terra.

Diante dessas modificações, o presente artigo se propõem a elaboração da estimativa da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) utilizando a banda do infravermelho termal do satélite Landsat 5 e 8 e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), nos anos de 1984 e 2018, no município de Lauro de Freitas no estado da Bahia.

1.1. Área de Estudo

O município de Lauro de Freitas possui uma área de 57,66 km², e encontra-se entre as coordenadas geográficas 12º 47’ 12” a 12º 54’ 27” de latitude Sul e 38º 17’ 15” a 38º 22’ 50” de longitude Oeste, e integra a Região Metropolitana de Salvador na Bahia (Figura 1). Parte do município abrange a Área de Proteção Ambiental (APA) Joanes-Ipitanga, criada pelo decreto Estadual nº 7.596 de 5 de junho de 1999 (BAHIA, 1999), com o objetivo de proteger mananciais dos rios Joanes e Ipitanga, pois este é um dos sistemas fornecedores de água para a Região Metropolitana de Salvador (RMS). A população de Lauro de Freitas passou por acréscimo de 450,63% no período de 1980 a 2018 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011; 2018) (Figura 2), o que consequentemente gerou alterações na cobertura e uso da terra.

ISBN: 978-85-7282-778-2

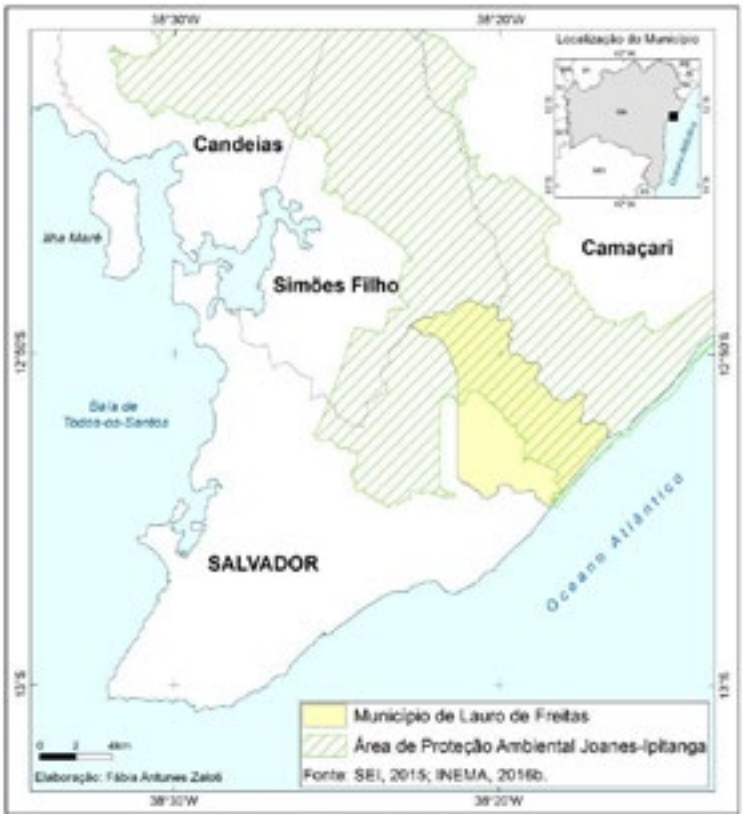


Figura 1 – Localização do município de Lauro de Freitas, Bahia.

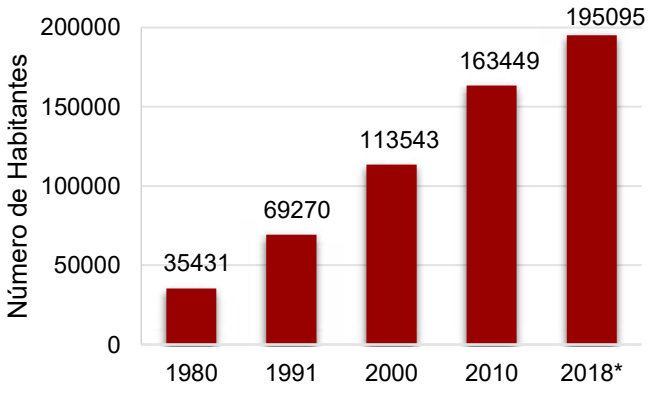


Figura 2 – População entre 1980 a 2018, no município de Lauro de Freitas, Bahia.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011; 2018). *População estimada.

ISBN: 978-85-7282-778-2

O mercado imobiliário também tem contribuido para intensificar as modificações na cobertura, devido à elevação do valor do imóvel em Salvador (ANDRADE, 2005), produzindo uma necessidade de imóveis mais baratos nos municípios limítrofes de Salvador, como é o caso de Lauro de Freitas. Esta demanda ocasionou a remoção da vegetação sobretudo na APA Joanes-Ipitanga, gerando riscos à proteção dos mananciais dos rios Joanes e Ipitanga no município. A cobertura vegetal possui um fator importante de proteção do solo, e age na diminuição do volume de água que atinje o solo, na distribuição das gotas de chuva e na redução da retenção de calor (GUERRA; CUNHA, 2011).

O clima da área de estudo é úmido segundo tipologia climática elaborada pelo método de Thornthwaite & Matther (1955). A pluviometria e temperatura média anual são: de 1900 a 2000 mm e 25,5 º C, com concentração das chuvas nos meses de abril a julho (outono e inverno) e ausência de meses secos, sendo 2 meses menos úmidos de novembro a fevereiro (primavera e verão) (SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA, 1998; 2003). O relevo é composto por: Planícies Litorâneas (Manguezal e Brejos, Terraços Marinhos e Fluviomarinhos), Depósitos de Leques Aluviais, Tabuleiros Costeiros, Tabuleiros Pré-Litorâneos e Depósitos Fluviais Indiferenciados (ESQUIVEL, 2016). Os solos principais são os Espodossolos, Argissolos e Neossolos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2011). A vegetação predominante são os remanescentes de Floresta Ombrófila Densa na parte central em direção ao norte do município, e na área litorânea do município, Formações Pioneiras com Influência Marinha e Fluviomarinha (ZALOTI, 2017).

2. Materiais e Métodos

A metodologia baseou-se no uso do sensoriamento remoto como ferramenta prática para elaboração do índice de vegetação por diferença normalizada e estimativa da temperatura de superfície terrestre. Foram utilizadas as bandas do vermelho, do infravermelho próximo (NDVI) e termal (TST) dos sensores Landsat TM5: bandas 3,4 e 6 (data: 19/07/1984); e do Landsat 8 OLI e TIRS: bandas 4, 5 e 10 (data: 15/06/2018). O formato disponibilizado das

imagens foi o GeoTIFF, com 8 e 16 bits para o Landsat 5 e 8, respectivamente. Estas imagens estão classificadas como nível 1 ortorretificadas, e foram obtidas a partir do aplicativo da internet Earth Explorer (UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY, 2018a).

Para o cálculo do NDVI, foram utilizadas as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, e foi necessário realizar a correção atmosférica, com o método QUAC do software ENVI versão 5.3.1, obtendo-se as imagens reflectância de superfície. Somente a imagem do ano 2018 já foi fornecida a reflectância de superfície. Quando não convertemos os números digitais (ND) das imagens em valores físicos, na elaboração de imagens de índice de vegetação, pode levar a erro grave, pois os números digitais não estão em uma mesma escala radiométrica nas diferentes bandas (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2015). O NDVI foi elaborado a partir da equação: NDVI = (IRIVP – IRV)/(IRIVP + IRV); onde: IRIVP = imagem reflectância da banda do infravermelho próximo; e IRV = imagem reflectância da banda do vermelho.

Para elaboração da TST utilizou-se a metodologia da United States Geological Survey (2018b), e dos autores Qin, Karnielli e Berliner (2001); Sobrino, Jiménez-Munoz e Paolini (2004); Avdan e Jovanoska (2016); Pires e Ferreira Jr (2015); e Silva e Rangel (2017), e envolveu as seguintes etapas: conversão de ND para radiância; conversão de temperatura de brilho do topo da atmosfera; proporção de vegetação; emissividade e temperatura de superfície terrestre.

As feições da paisagem como vegetação, solo, rocha e água emitem radiação eletromagnética infravermelha termal, capturadas pelos satétites de sensoriamento remoto, e possibilitam a estimativa das mudanças nas características termais ao longo do tempo. O cálculo da emissividade é fundamental pois dois objetos que estão próximos entre si no terreno podem possuir a mesma temperatura cinética verdadeira mas possuirem diferentes temperaturas aparentes quando capturadas por sensoriamento remoto porque suas emissividades são distintas (JENSEN, 2011). Não foi realizada correção atmosférica nas bandas do infravermelho termal.

As fórmulas adotadas para o cálculo da TST foram:

Conversão de ND para Radiância
$L\lambda = ML*Qcal + AL$
Conversão de Temperatura de brilho do topo da atmosfera
$Tb = K2 / \ln (K1/L\lambda) + 1$
Proporção da Vegetação
$Pv = ((NDVI - NDVImin) / (NDVImax-NDVImin))^2$
Emissividade
$\varepsilon = 0.004*Pv + 0.986$
Temperatura da Superfície Terrestre (TST)
$TST = (Tb / (1 + (0{,}00115*Tb / 1.4388) * \ln (\varepsilon)))$
Onde:
ML = fator de redimensionamento multiplicativo da banda do termal (metadado)
Qcal = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN na banda termal
AL = fator de redimensionamento aditivo da banda do termal (metadado)
K1 = Constante de calibração 1 (metadado)
K2 = Constante de calibração 2 (metadado)

Para analise da TST de quatro bairros do município foi realizada a extração dos valores de temperatura nos bairros com a ferramenta *Extract by Mask* da extensão *Spatial Analyst* do ArcGIS 10.6.1. Os cálculos para geração do NDVI e TST foram desenvolvidos no software QGIS 3.2.3 com a ferramenta Calculadora *Raster*, e o mapa das TST no ArcGIS 10.6.1.

3. Resultados e Discussões

As temperaturas mínimas e máximas estimadas para cada ano analisado foram 12,8º e 26,7º C em 1984, e 19,8º e 31,5º C em 2018, e pode-se constatar as variações ao longo do período de 34 anos. Observou-se que houve um aumento das temperaturas mínimas de 7º C e máximas de 4.8º C, entre 1984 a 2018, sobretudo ao longo da BA-099 (Figura 3).

Para o ano de 1984 foi identificado na imagem Landsat 5 a existência de áreas com nuvens ao norte do município, fato que pode ter influenciado, principalmente, o valor da temperatura mínima.

ISBN: 978-85-7282-778-2

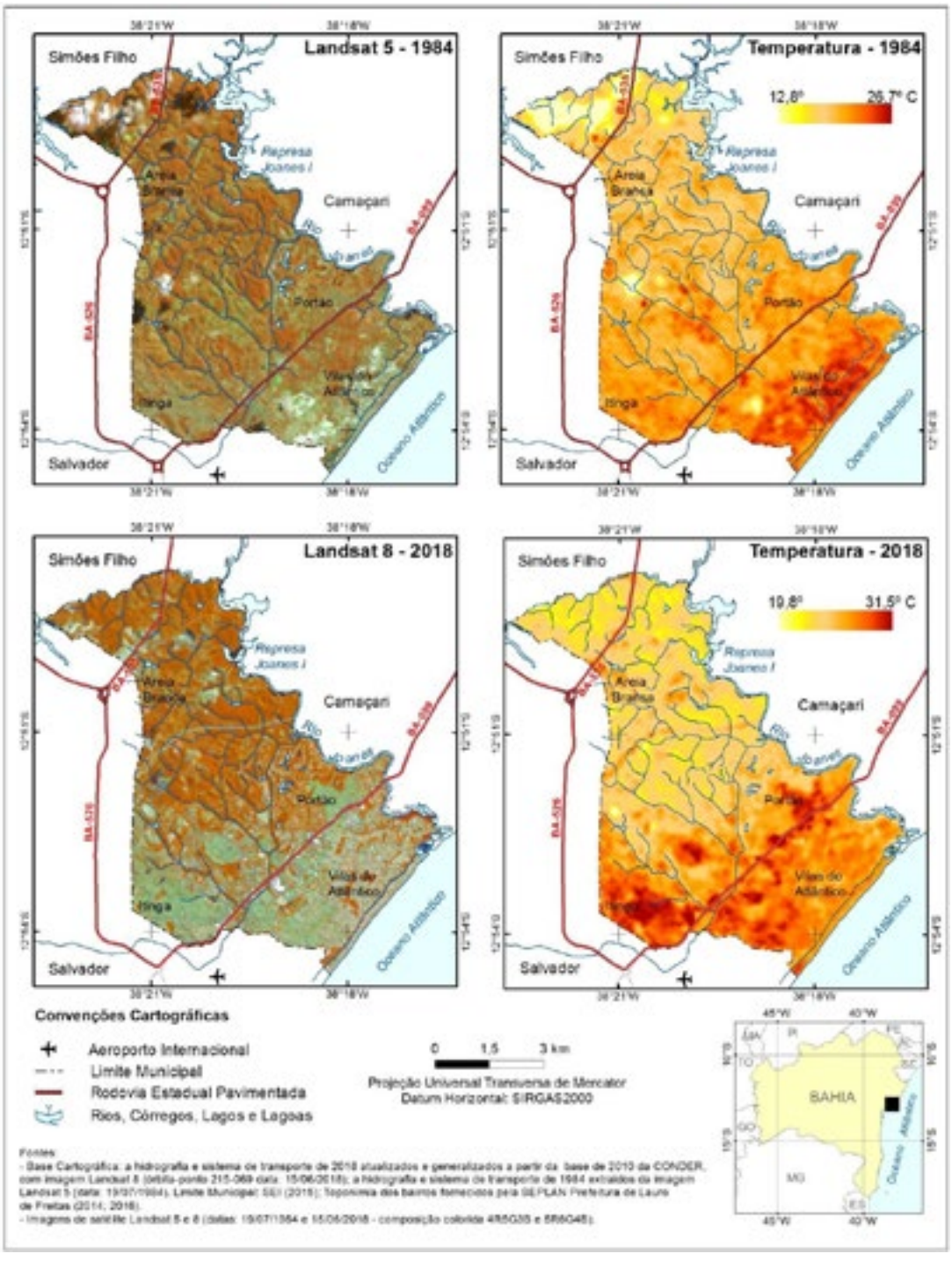


Figura 3 – Imagens de satélite do sensor Landsat 5 e 8, e as estimativas de temperatura de superfície terrestre de 1984 e 2018, no município de Lauro de Freitas, Bahia.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Nas décadas de 1970 e 1980 o município passou por muitas transformações nas áreas próximas da faixa litorânea, com a implantação de loteamentos residenciais, como Vilas do Atlântico e ao longo da Estrada do Coco, em direção ao norte do município, e em alguns bairros mais populares como Itinga e Portão. É possível constatar na imagem Landsat 5 do ano de 1984 que a parte litorânea do município apresentava áreas de solo exposto o que pode justificar a temperatura máxima de 26,7º C nesta região.

Em 2018 as temperaturas mínimas e máximas da superfície terrestre encontradas foram 19,8º e 31,5º C, bem mais elevadas quando comparadas ao ano de 1984. A faixa litorânea do município, já neste período, se encontrava completamentamente ocupada por edificações residenciais e comerciais. As ocupações também avançaram em direção norte do municipio, em áreas de vegetação mais preservada da APA Joanes-Ipitanga, diminuindo portanto as áreas com remanescente de Floresta Ombrófila Densa. Este fato, deve-se as obras de infraestrura viária e de habitação ocorridas a partir de 2016, com destaque para a implantação da via Metropolitana observada na imagem Landsat 8 e em trabalho de campo (ZALOTI, 2017). Acrescenta-se também o aumento de áreas expostas de mineração ao norte do município, colaborando assim com a supressão da cobertura vegetal e o aumento das temperaturas mínimas, como pode ser comprovado no mapa de temperatura em 2018 (Figura 3).

Verificou-se isoladamente as temperaturas dos bairros de Itinga, Portão, Vilas do Atlântico e Areia Branca por apresentarem as maiores alterações nos resultados das temperaturas (Figura 4). Dentre estes, Areia Branca foi o bairro que obteve o maior acréscimo na temperatura mínima de 8,02º C, que representou um aumento de 49,81%. Em Vilas do Atlântico o aumento entre 1984 e 2018 foi de 3,98º C na temperatura mínima e 3,30º C na temperatura máxima, sendo um acréscimo de 17,06% e 12,55% respectivamente. Conforme mencionado anteriormente, em 1984 este bairro encontrava-se em implantação, com áreas expostas sem cobertura vegetal, e em 2018 o bairro apresentou-se consolidado com áreas urbanizadas de usos residenciais e comerciais. Os bairros de Itinga e Portão apresentaram acréscimos nas temperaturas, de 4,39º e 3,91º C nas temperaturas mínimas que representou um

ISBN: 978-85-7282-778-2

aumento de 19,61% e 17,83%, e de 5,85º e 6,48º C nas temperaturas máximas com um aumento de 23,04% e 25,96%, respectivamente, entre 1984 e 2018, reafirmando assim, o intenso crescimento populacional ocorrido na década de 1970 e 1980 em Itinga e na década de 2000 em Portão.

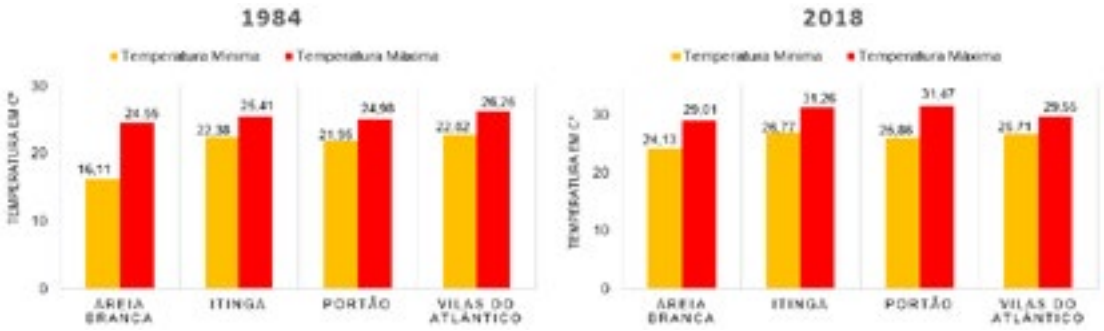


Figura 4 – Comparativo das temperaturas nos bairros Areia Branca, Itinga, Potão e Vilas do Atlântico, no município de Lauro de Freitas-Bahia.

O resultado da estimativa das temperaturas da superfície terrestre reflete as mudanças ocorridas no tipo de cobertura e uso da terra no município de Lauro de Freitas, mas principalmente na expansão e adensamento das áreas urbanizadas.

4. Considerações Finais

Os resultados obtidos com o cálculo da estimativa da TST para os anos de 1984 e 2018 apresentaram um aumento nas temperaturas mínimas de 7º C e nas máximas de 4.8º C no município de Lauro de Freitas. A expansão das áreas urbanizadas, o aumento na população e a implantação de infraestrutura viária no município podem ter contribuído para o acréscimo das temperaturas, pois o adensamento urbano e as vias estão relacionados com a retirada da cobertura vegetal, aumento de áreas com material asfáltico e ampliação no fluxo de veículos, fatores que geram retenção de calor. O uso da estimativa da TST pode auxiliar como uma ferramenta prática de diagnóstico do aquecimento da superfície terrestre, informação que pode ser utilizada no planejamento territorial para definir áreas de preservação ou definição de um tipo de uso mais adequado para evitar o aquecimento da superfície.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Agradecimentos

Agradecimentos à Universidade Federal da Bahia - Instituto de Geociências, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, ao Laboratório de Cartografia (LACAR), e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB).

5. Referências Bibliográficas

ANDRADE, Adriano. B. A Dinâmica do Mercado Imobiliário na Configuração do Espaço de Metrópoles Periféricas: O Caso de Salvador. **Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina** - Universidade de São Paulo. 2005.

AVDAN, Ugur; JOVANOSKA, Gordana. *Algorithm for automated mapping of land surface temperature using* LANDSAT 8 *satellite data*, **Journal of Sensors**, volume 2016. Disponível em : <https://www.hindawi.com/journals/js/2016/1480307/> . Acesso em: 15 nov. 2018.

BAHIA. Decreto n. 7.596, de 05 de junho de 1999. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA de Joanes-Ipitanga e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado da Bahia**, Salvador, BA, 09 jun. 1999. Disponível em: <http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/09/DECRETO-N%C2%BA-7.596-DE-05-DE-JUNHO-DE-1999-Joanes-Ipitanga.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

CARVALHO, Maria Moreira de; SILVA, Sylvio Bandeira de Mello e; SOUZA, Ângela Gordilho; PEREIRA, Gilberto Corso (Org.). **Metrópoles na atualidade Brasileira**: transformações, tensões e desafios na Região Metropolitana de Salvador. 1. ed. Salvador: Ed. EDUFBA, 2014. 351 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Mapa de Solos do Brasil**. Escala 1:5.000.000. 2011. Disponível em: <http://mapoteca.cnps.embrapa.br/geoacervo/Listmapa.aspx>. Acesso em: 02 out. 2018.

ESQUIVEL, Marcus Santos. **A zona costeira dos municípios do Litoral Norte e entorno da Baía de Todos-os-Santos** – Estado da Bahia: implicações para a gestão ambiental. 153 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

FREITAS, Gildásio; PARANHOS, Emanuel. **Livro da história de Lauro de Freitas**: antiga freguesia de Santo Amaro do Ipitanga, 1608-2008: 400 anos. 3. ed. Lauro de Freitas: Ed. JSP Jornal e Gráfica, 2008. 80 p.

GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 10. ed. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2011. 474 p.

JENSEN, John R. In: Epiphanio, José Carlos N. et al. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2011. 598 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas de População**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/informacoes-por-cidade-e-estado.html?c=2919207 >. Acesso em: 20 set. 2018.

_____. **Evolução da divisão territorial do Brasil** 1872-2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2011. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/default_evolucao.shtm>. Acesso em: 20 set. 2018.

INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (INEMA). **Unidades de Conservação Estaduais**. GEOBAHIA. 2016b. Disponível em: <http://geobahia.inema.ba.gov.br>. Acesso em: 20 out. 2018.

PIRES, Érika G.; FERREIRA JR, Laerte Guimarães. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2015, João Pessoa. Anais eletrônicos...João Pessoa: Centro de Convenções, 2015. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/ >. Acesso em: 14 nov. 2018.

PONZONI, Flávio Jorge.; SHIMABUKURO, Yosio Edemir; KUPLICH, Tatiana Mora. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2015. 176 p.

QIN, Z.; KARNIELI, A.; BERLINER, P. *A mono-window algorithm for retrieving land surface temperature from Landsat TM data and its application to the Israel-Egypt border region*, **International Journal of Remote Sensing**, volume 22, número 18, páginas 3719-3746, 2001.

SILVA, Fabrício S.; RANGEL, Mauricio E. S. Avaliação da temperatura superficial terrestre do município de São Luís/MA usando imagens dos sensores TM/LANDSAT-5 e OLI/LANDSAT-8. In: **XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2017, Santos. Anais eletrônicos...Santos: Centro de Convenções, 2017. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2017/10.27.13.11.54>. Acesso em: 14 nov. 2018.

SOBRINO, José A.; JIMÉNEZ-MUÑOZ, Juan C.; PAOLINI, Leonardo. *Land surface temperature retrieval from* LANDSAT TM 5, **Elsevier Remote Sensing of Environment**, número 90, páginas 434-440, 2004.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Mapa Tipologia Climática – Thornthwaite & Matther - Pluviometria 1943-1983 /Temperatura 1961-1990 - Estado da Bahia**. SEI, 1998. Disponível em: < http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/cartogramas/pdf/carto_tip_clim.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2018.

_____. **Mapa de Pluviometria - Estado da Bahia**. SEI, 2003. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/site/geoambientais/mapas/pdf/mapa_pluviometria.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2015.

_____. **Limite Municipal** - Estado da Bahia. CD-ROM, Salvador, 2015.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Imagem de satélite** 2018a (orbita-ponto: 215-069 – Datas: 15/06/2018 (Canais: 4, 5, 6 e 10) e 19/07/1984 (Canais: 3, 4, 5 e 6). Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 18 set. 2015 e 23 jun. 2018.

_____. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. 2018b. Disponível em: <https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ZALOTI, Fábia Antunes. **Unidades geoambientais e transformações na cobertura e uso da terra – 1976, 1994 e 2016 – no município de Lauro de Freitas, Bahia**. 192 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO DOS SISTEMAS DE ESCANEAMENTO A LASER TERRESTRE (TLS) NA GEOMORFOLOGIA

Rafaela Soares Niemann[(a)], João Paulo de Carvalho Araújo[(a)], Nelson Ferreira Fernandes[(a)]

(a) IGEO - Departamento de Geografia - LAMPEGE - Laboratório de Monitoramento e Modelagem Pedogeomorfológica, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ,
rafaelaniemann@ufrj.br, jpaulo_geo@hotmail.com, nelsonff@acd.ufrj.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A topografia e as suas métricas do terreno são importantes elementos que nos auxiliam no entendimento das mudanças das paisagens. A forma de se estudar a geomorfologia pode ser feita por inúmeras técnicas de aquisição de dados, como se utilizando de sensores remotos para o entendimento de seus processos e evolução. Os sensores a *laser* podem ser principalmente: aéreos e terrestres. Os sistemas de escaneamento a *laser* terrestres contem alta precisão e acurácia, facilitando a observação de variações geomorfológicas de escalas menores. A ideia central deste trabalho é buscar na literatura como a geomorfologia tem tratado o uso dos sistemas de escaneamento a *laser* nos estudos e aplicações geomorfológicas. Buscou-se também compreender quais são principais diferenças de se trabalhar com diferentes escalas espaciais quando vislumbrados os ensejos da geomorfologia.

Palavras chave: *LIDAR*, Geomorfologia, TLS

1. Introdução

A topografia é um elemento importante no entendimento das dinâmicas geomorfológicas e processoas endógenos e exógenos da terra (HUGGETT; CHEESMAN, 2002). Uma forma de entender esses processos é através da descrição da topografia, por

métricas da paisagem, delineamento das formas do relevo e cálculos quanto a configurações naturais e antrópicas da superfície da paisagem. Este delineamento pode nos proporcionar a compreensão de diferentes processos ambientais, tais como os fatores de formação de solo (BENITES et al., 2007), as características climáticas e meteorológicas de controle hidrológico local (LI; WONG, 2010), o transporte de água, os arranjos hidrológicos e hidrosedimentológicos e a percolação no solo (PROGRAMME, 2002), assim como a distribuição da cobertura vegetal (FLORINSKY; KURYAKOVA, 1996; JELASKA, 2009; LUCIEER et al., 2014; TURNER; LUCIEER; WATSON, 2012).

Como instrumentos de compreensão destas formas e processos, estudiosos utilizavam de ferramentas de coletas de informações a campo para observar e descrever o terreno com precisão (TAROLLI, 2014). Contudo, o custo e complexidade destes métodos pode se tornar um fator limitante para a coleta de dados em grandes extensões, ou com alto grau de detalhe. Com o advento do sensoriamento remoto, foi-se aprimorando a tecnologia de aquisição de dados e a geração do modelado do terreno. Esta evolução tecnológica nos trouxe os modelos digitais de elevação, que são representações das métricas de forma e diferenças altitudinais da superfície da terra, auxiliando na qualificação e quantificação das morfologias locais e descrição das mudanças no relevo.

Para a geração destes modelos, são utilizados diferentes métodos como a fotogrametria e a estereoscopia, sensores remotos de *radar* de varredura aclopados a satelites e até uso de sensores óticos com dupla visada que proporcionam uma dupla cobertura obtendo informações altitudinais de dados terrestres (JENSEN, 2009). Uma outra forma de detecção das informações altitudinais da superfície é a realizada utilizando-se da tecnologia a *laser*, o *Light Detection and Ranging* (LiDAR). A tecnologia LiDAR resultam em dados mais precisos na geração dos modelos digitais de elevação, pois fornecem informações em áreas com cobertura de vegetações densas devido a sua possibilidade de penetração em elementos arboreos com acurácia e precisão dos dados de chão (ABU-ALY et al., 2014; LIU; ZHANG, 2007; ZARCO-TEJADA et al., 2014).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os sensores LiDAR geram informações da superfície da terra, como a identificação das coordenadas espaciais x e y e de altitude z, compondo a chamada nuvem de pontos. Estas nuvens de pontos podem se transformarem através de interpolações e filtragens em modelos digitais de elevação (EVANS, 2012; EVANS; HUDAK, 2007; HLADIK; ALBER, 2012; PIROTTI; TAROLLI, 2010; XIAOYE LIU, 2008).

Na geomorfologia, os sistemas de escaneadores a *laser* terrestres cada vez mais tem se mostrado uma ferramenta poderosa e de grande valia, principalmente quanto seu alto grau de detalhamento de feições e de superfície. O objetivo deste artigo é mostrar algumas aplicações destes sistemas dentro da geomorfologia. A seguir, mostraremos algumas das aplicações e seus principais estudos atuais do TLS na geomorfologia.

2. Conceituação dos sistemas de escaneamento a *laser*

Os sensores a *laser* podem ser de dois tipos principas: áereos e terrestres. Os escaneadores a *laser* aéreos são baseados em um sensor aclopado a uma plataforma aérea ou aeronave, com orientação de um DGPS (*Differencial Global Position System*) identificando a reflexão do objeto a ser imageado. O dado gerado é uma nuvem de pontos com informações das coordenadas, capaz de reconhecer padrões dos objetos por sua geometria de geração dos dados.

Os escaneadores a *laser* terrestres (TLS) obtem seus dados em uma posição fixa, comumente afixionados por um tripé com alto grau de detalhe em tres dimensões em pequenas áreas. O princípio da varredura a *laser* terrestre é simples - um feixe de *laser* altamente colimado varre um ângulo sólido pré-definido em um padrão de varredura regular e mede o tempo do sinal do *laser*. O alcance de varredura do sistema terrestre de alcance médio permite medições de distância entre 2 e 300 metros (HOLOPAINEN et al., 2011).

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Usos do TLS na geomorfologia

3.1 Rugosidade

A rugosidade é uma medida das variações do relevo que pode ser dada a uma superfície. As morfometrias de rugosidade são realizadas a partir do cálculo da quantidade de sedimentos e a sua variação de altura dentro de, por exemplo, um banco de cascalhos depositados em leitos de rio. No artigo de Heritage e Milan (2009) a aplicação do TLS para estudos das rugosidades da quantidade de grão de cascalhos em leitos de rios, foi identificada por calculos estatísticos gerados por modelos digitais de superfície, criados a partir da nuvem de pontos imageada pelo sensor.

Estudos relacionados às técnicas de captação de dados a partir de escaneadores a *laser* terrestres são realizados em diferentes proporções. Por exemplo, no estudo de dunas, as diferenças nas morfométricas de rugosidades dos grãos de areia se mostraram muito efetivos por sua alta coorelação estatística com os dados obtidos em campo. A varredura terrestre a *laser* pode ser usada para fornecer a diferença de alturas de rugosidade dos grãos para as superfícies expostas, como em leitos do rios e áreas de encostas sem cobertura vegetal. A técnica tem o potencial de substituir completamente as técnicas convencionais de estimação de rugosidade (HERITAGE; MILAN, 2009).

Em outro estudo realizado pelo Eitel et al. (2011), para compreensão e modelagem de processos concentrados de erosão de fluxo, foi realizado um mapeamento da topografia com o escaneamento a *laser* terrestre, avaliando com tecnicas de simulação de fluxo concentrado em parcelas experimentais. A rugosidade da superfície local foi calculada como o desvio padrão das alturas de superfície mapeadas de TLS dentro de janelas móveis variando em tamanho de 30 × 30 a 90 × 90 mm. Os resultados deste estudo indicaram que o TLS é uma ferramenta útil para compreensão dos fluxos erosivos superficiais devido sua escala de aquisição de dados milimétricas sobre uma ampla gama de propriedades do solo, condições de superfície e extensões espaciais (EITEL et al., 2011).

ISBN: 978-85-7282-778-2

3.2 Arqueologia

No trabalho de Lerma et al. (2010), podemos encontrar uma união do uso do TLS com técnicas de fotogrametria, para a geração dos modelos em três dimensões de alta resolução espacial precisos (LERMA et al., 2010). Neste trabalho, os modelos foram gerados para reprodução de áreas de cavernas antes de intervenções relacionados a Era Paleolítica e após as modificações antropogênicas. A representação das caracteríticas da caverna exigiu a integração das duas técnicas, TLS e fotogrametria de curto alcance para produzir não apenas desenhos tradicionais, como seções e elevações, mas também perspectiva de visualizações foto-realista e mundos de navegação visual totalmente operacionais em ambientes tridimensional. Trouxe uma perspectiva sobre o processamento dos dados melhorando sistematicamente as nuances em cavernas complexas e painéis com relevos com pequenas gravuras de artes pré-históricas (LERMA et al., 2010).

3.3 Vulcanismo

Em trabalhos como o de Jones et al. (2015), usou-se o *laser* terrestre para geração de modelos tridimensionais do vulcão EREBUS em três datas diferentes – 2008, 2009 e 2010. Com modelos de alta resolução espacial, pôde-se encontrar as diferenças geomorficas da evolução do vulcão durante os anos de acompanhamento e imageamento, comparando com dados iniciais de uma varredura de dados LiDAR realizada em 2001 com um escâner a *laser* aerotransportado. Com as mudanças entre os modelos gerados, pode-se observar neste estudo uma supressão da lava em um nível de três metros ao longo do período estudado (JONES et al., 2015). Esses dados permitiram calcular a velocidade de subida e descida do nível do lago de lava, e associaram as taxas de mudança volumétrica do fluxo de magma dentro do vulcão.

3.4 Movimento de massa

Muitos estudos relacionados a moviemento de massa com o uso do sistema TLS identificam as estruturas e feições geomorficas relacionados a morfometrias inferidas em

ISBN: 978-85-7282-778-2

modelos digitais de terreno gerados com dados coletados pelo escaneamento a *laser*. Um exemplo disto é o trabalho de Dunning et al. (2009), que demonstrou dados sobre deslizamentos de terra que afetam o principal corredor de transporte oeste-leste no Himalaia ao leste do Butão perto do Main Central Thrust. As análises dos dados TLS permitem a extração da geometria das lâminas, orientações de descontinuidade e identificação das falhas. Os resultados do sistemas TLS são comparados a um levantamento geológico tradicional de engenharia e mostram um valor considerável e deve constituir a base de novas abordagens para estudos geomorfológicos. Achados de reconhecimento geomorfológico em macroescala são delineados e interpretados dentro de um modelo conceitual da evolução de movimentos de massa (DUNNING; MASSEY; ROSSER, 2009).

Outra forma de utilizar o sensor TLS para identificação de movimentos de massa foi feito por Abellán et al. (2010), onde os autores conseguiram monitorar quedas de rochas em pequena escala. Foram identificados as evoluções geomorfológicas quanto a mudança de volume do material e a frequência das quedas em comparação com sequência de aquisição destes dados em uma área experimental. Os autores identificaram eventos passados e a inferencia de eventos futuros a partir das falhas e deformações da topografia. Devido a sua alta resolução espacial e a obtenção de dados com precisão e alcance máximo em seu imageamento, o sistema TLS oferece perspectivas interessantes para localização espacial e previsões quanto a quedas de rochas (ABELLÁN et al., 2010).

3.5 Processos Erosivos

Em estudos envolvendo a identificação de processos erosivos, o uso do sistema TLS se mostra eficiente mesmo em áreas com cobertura vegetal densa de diferentes alturas de dossel. É o caso do estudo do Kociuba et al. (2015), em que foram testadas diferentes formas de varredura a *laser* terrestre para identificação da mudança dos sulcos erosivos em áreas de encosta. A pesquisa comparou a taxa de dissecamento erosional medida por métodos tradicionais e as comparou com o uso do escaneamento a *laser*. Com uma modelagem precisa

do terreno, o modelo em três dimensões usado permitiu a avaliação das mudanças espaciais qualitativamente e quantitativamente. A análise mostrou intenso desenvolvimento da dissecção, manifestando-se em aumento de volume (37%), recuo da erosão (32 m), erosão profunda (19%) e erosão lateral (27%). Os resultados obtidos confirmam que a erosão causada pelo derretimento das camadas de gelo determina o desenvolvimento espacial das voçorocas perenes, mas o volume de material descarregado da bacia depende da ocorrência de precipitação extrema durante a estação quente (KOCIUBA et al., 2015).

3. Conclusões

Podemos observar que os sistemas TLS tem sido progressivamente utilizados em pesquisas relacionadas a geomorfologia. A tecnologia de aquisição de dados provenientes de sistema LiDAR terrestre tem avançado quanto a sua aquisição processamento e geração de novos dados para estudos principalmente na geomorfologia.

Os sistemas de escaneamento a *laser* devido seu alto grau de detalhamento de feições e de superfície mostra-se versátil e identifica diferentes informações precisas e com maior recobrimento de áreas, comparado com técnicas manuais. Devido sua relativa facilidade de manuseio em relação a outros métodos de obtenção de dados, pode-se ser reaplicado em diferentes períodos podendo identificar modificações constantes no terreno. Há muito a explorar conjuntamente com outras tecnologias de sensoriamento remoto e dados em campo, mas suas pesquisas mostram um grande potencial de uso na aquisição de dados e identificação de informações.

4. Referências Bibliográficas

ABELLÁN, A. et al. Detection and spatial prediction of rockfalls by means of terrestrial laser scanner monitoring. **Geomorphology**, v. 119, n. 3–4, p. 162–171, 2010.

ABU-ALY, T. R. et al. Effects of LiDAR-derived, spatially distributed vegetation roughness

on two-dimensional hydraulics in a gravel-cobble river at flows of 0.2 to 20 times bankfull. **Geomorphology**, v. 206, p. 468–482, 2014.

BENITES, V. M. et al. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, p. 569–577, 2007.

DUNNING, S. A.; MASSEY, C. I.; ROSSER, N. J. Structural and geomorphological features of landslides in the Bhutan Himalaya derived from Terrestrial Laser Scanning. **Geomorphology**, v. 103, n. 1, p. 17–29, 2009.

EITEL, J. U. H. et al. Suitability of terrestrial laser scanning for studying surface roughness effects on concentrated flow erosion processes in rangelands. **CATENA**, v. 87, n. 3, p. 398–407, 1 dez. 2011.

EVANS, I. S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? **Geomorphology**, v. 137, n. 1, p. 94–106, 2012.

EVANS, J. S.; HUDAK, A. T. A multiscale curvature algorithm for classifying discrete return LiDAR in forested environments. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 45, n. 4, p. 1029–1038, 2007.

FLORINSKY, I. V.; KURYAKOVA, G. A. Influence of topography on some vegetation cover properties. **Catena**, v. 27, n. 2, p. 123–141, 1996.

HERITAGE, G. L.; MILAN, D. J. Terrestrial Laser Scanning of grain roughness in a gravel-bed river. **Geomorphology**, v. 113, n. 1–2, p. 4–11, 2009.

HLADIK, C.; ALBER, M. Accuracy assessment and correction of a LIDAR-derived salt marsh digital elevation model. **Remote Sensing of Environment**, v. 121, p. 224–235, 2012.

HOLOPAINEN, M. et al. The use of ALS, TLS and VLS measurements in mapping and monitoring urban trees. **2011 Joint Urban Remote Sensing Event, JURSE 2011 - Proceedings**, p. 29–32, 2011.

HUGGETT, R.; CHEESMAN, J. **Topography and the environment**. [s.l: s.n.].

JELASKA, S. D. Vegetation Mapping Applications. **Geomorphometry**, v. 33, n. 08, p. 481–496, 2009.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. [s.l: s.n.]. v. 21

JONES, L. K. et al. Terrestrial laser scanning observations of geomorphic changes and varying lava lake levels at Erebus volcano, Antarctica. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 295, p. 43–54, 2015.

KOCIUBA, W. et al. Comparison of volumetric and remote sensing methods (TLS) for assessing the development of a permanent forested loess gully. **Natural Hazards**, v. 79, p. 139–158, 2015.

LERMA, J. L. et al. Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3D archaeological documentation: the Upper Palaeolithic Cave of Parpalló as a case study. **Journal of Archaeological Science**, v. 37, n. 3, p. 499–507, 2010.

LI, J.; WONG, D. W. S. Effects of DEM sources on hydrologic applications. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 34, n. 3, p. 251–261, 2010.

LIU, X.; ZHANG, Z. The effect of LiDAR data density on DEM accuracy. **MODSIM07: International Congress on Modelling and Simulation: Land, Water and Environmental Management: Integrated Systems for Sustainability**, p. 1363–1369, 2007.

LUCIEER, A. et al. Using an unmanned aerial vehicle (UAV) to capture micro-topography of antarctic moss beds. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 27, n. PARTA, p. 53–62, 2014.

PIROTTI, F.; TAROLLI, P. Suitability of LiDAR point density and derived landform curvature maps for channel network extraction. **Hydrological Processes**, v. 24, n. 9, p. 1187–1197, 2010.

PROGRAMME, I. H. Modelling erosion , sediment transport and sediment yield. n. 60, 2002.

TAROLLI, P. High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. **Geomorphology**, v. 216, p. 295–312, 2014.

TURNER, D.; LUCIEER, A.; WATSON, C. An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery, based on Structure from Motion (SFM) point clouds. **Remote Sensing**, v. 4, n. 12, p. 1392–

1410, 14 maio 2012.

XIAOYE LIU. Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. **Progress in Physical Geography**, v. 32, n. 1, p. 31–49, 2008.

ZARCO-TEJADA, P. J. et al. Tree height quantification using very high resolution imagery acquired from an unmanned aerial vehicle (UAV) and automatic 3D photo-reconstruction methods. **European Journal of Agronomy**, v. 55, p. 89–99, abr. 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CBERS4 PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS ANTROPIZADAS DE RESERVA LEGAL: CASO DO RIBEIRÃO DOURADINHO, UBERLÂNDIA/MG

Guilherme David Dantas [(a)], Robero Rosa [(b)]

(a) Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, guilhermedd@yahoo.com.br
(b) Instituto de Geografia, Universidade Feredral de Uberlândia, rrosa@ufu.br

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Espacial e Geografia Física

Resumo/

O Código Florestal brasileiro institui que todo imóvel rural tenha uma fração mínima de sua área com cobertura de vegetação nativa destinada à Reserva Legal (RL). Tais áreas são declaradas por meio do Cadastro Ambiental Rural (CAR), que fornece publicamente os dados espaciais dos cadastros. Nesse estudo foram utilizadas imagens orbitais adquiridas pelo sensor PAN acoplado ao satélite CBERS4, bem como recursos de Sistemas de Informações Geográficas para mensurar e avaliar as áreas de RL existentes na bacia do Ribeirão Douradinho. Averigou-se que 7,2% das áreas de RL apresentam-se inadequadas às condições exigidas pela legislação, e que 6,4% enquadram-se como áreas já homologadas pelo órgão ambiental. A bacia do Ribeirão Douradinho detém 13,3% de sua área total coberta por áreas destinadas para RL recobertas com vegetação nativa, e 1% coberta por RL's inadequadas à legislação.

Palavras chave: CBER4, Reserva Legal, Sensoriamento Remoto

1. Introdução

A Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, conhecida como o Código Florestal brasileiro (CF), estabelece critérios referentes a instituição de Reserva Legal (RL) para os imóveis rurais no país.

Segundo o artigo 3°, parágrafo III desta Lei, define-se Reserva Legal como:

> "[...] área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa". (BRASIL, 2012)

Os critérios para instituição da RL nos imóveis rurais estão estabelecidos no seu artigo 12°, onde define-se o percentual mínimo de cobertura vegetal nativa a ser mantido no imóvel:

> "Todo imóvel rural deve manter área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel [...] localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento). (BRASIL, 2012).

A instituição do Cadastro Ambiental Rural (CAR) como ferramenta de cumprimento da atual legislação ambiental no âmbito da RL é definida pelo artigo 29 desta Lei:

> É criado o Cadastro Ambiental Rural - CAR, no âmbito do Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente - SINIMA, registro público eletrônico de âmbito nacional, obrigatório para todos os imóveis rurais, com a finalidade de integrar as informações ambientais das propriedades e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento". (BRASIL, 2012)

Atualmente, o CAR é realizado por meio de um sistema eletrônico de âmbito nacional destinado ao gerenciamento de informações ambientais dos imóveis rurais, denominado Sistema de Cadastro Ambiental Rural (SICAR) (Ministério Do Meio Ambiente, 2014).

Questiona-se nesta pesquisa se as informações declaradas no CAR encontram-se em acordo com as exigências da legislação ambiental. Como as informações contidas no CAR tem natureza declaratória, não sendo submetida até o momento à homologação/verificação por parte do órgão ambiental, tem-se uma incerteza em relação ao nível de veracidade dos dados do sistema.

Neste contexto, o emprego das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), definido por Rosa (2003) como a forma de obter informações de um objeto ou alvo, sem que haja contato físico com o mesmo, e cujas informações são obtidas utilizando-se da radiação eletromagnética, enquadra-se como importante ferramenta de análise dos dados espaciais do CAR.

Atualmente, no campo de atuação do SR, dispõe-se de imagens obtidas de sensores orbitais capazes de fornecer informações úteis e de acesso gratuíto, viabilizando diversos estudos e aplicações.

O satélite CBERS4, produto de uma parceria técnico-científico-espacial entre Brasil e China, apresenta-se como um destes recursos. Suas imagens são capazes de realizar mapeamentos em escala até 1.25.000, possuem periodicidade relativamente adequada (26 dias) e são disponibilizadas gratuitamente. São produtos capazes de fornecer informações expressivas das condições da vegetação no interior das RL's declaradas no CAR, permitindo inclusive um monitoramento periódico das mesmas.

Para tratamento e análise dos dados espaciais do CAR vinculados aos dados das imagens orbitais do CBERS4, utiliza-se dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), que podem ser entendidos, segundo Rosa (2003), como sistemas destinados ao tratamento de dados referenciados espacialmente, cuja ideia básica consiste em tecnologias para aquisição, armazenamento, gerenciamento, análise e exibição de dados espaciais. Os SIG's permitem integrar os dados obtidos do SR, dados do CAR e dados obtidos em campo.

> O sensoriamento remoto e os sistemas de informações geográficas são instrumentos poderosos no levantamento, mapeamento e monitoramento dos recursos naturais. As possibilidades oferecidas pelos SIG's em integrar dados (de laboratório, campo, mapas, etc.) permite sua aplicação nos mais variados campos relacionados às ciências da natureza. [...] O sensoriamento remoto possibilita a obtenção de dados de forma rápida, confiável e repetitiva, em diferentes faixas espectrais e escalas e os SIG's permitem a ligação destas informações com outros tipos de produtos, tornando estas duas tecnologias complementares. (ROSA, 2003, p.222).

A bacia do Ribeirão Douradinho representa o recorte espacial da área de estudo desta pesquisa (Figura 1). Localiza-se predominantemente no município de Uberlândia, mas também no município de Monte Alegre de Minas, na mesoregião do Triângulo Mineiro, entre as coordenadas 18,98° e 19,42° de latitude Sul e 48,22° e 48,83° de longitude oeste. Possui área total de 92102,96 hectares, englobando cerca de 490 imóveis rurais cadastrados no CAR. É afluente do rio Tejuco, integrante da bacia sedimentar do alto Paraná.

Esta pesquisa tem como objetivo a aplicação das imagens CBERS4 para avaliar as condições da cobertura vegetal das áreas declaradas como RL no CAR, de modo a mensurar o quantitativo de áreas inadequadas para RL e evidenciar a importância do SR, dos SIG's e do satélite CBERS4 neste contexto.

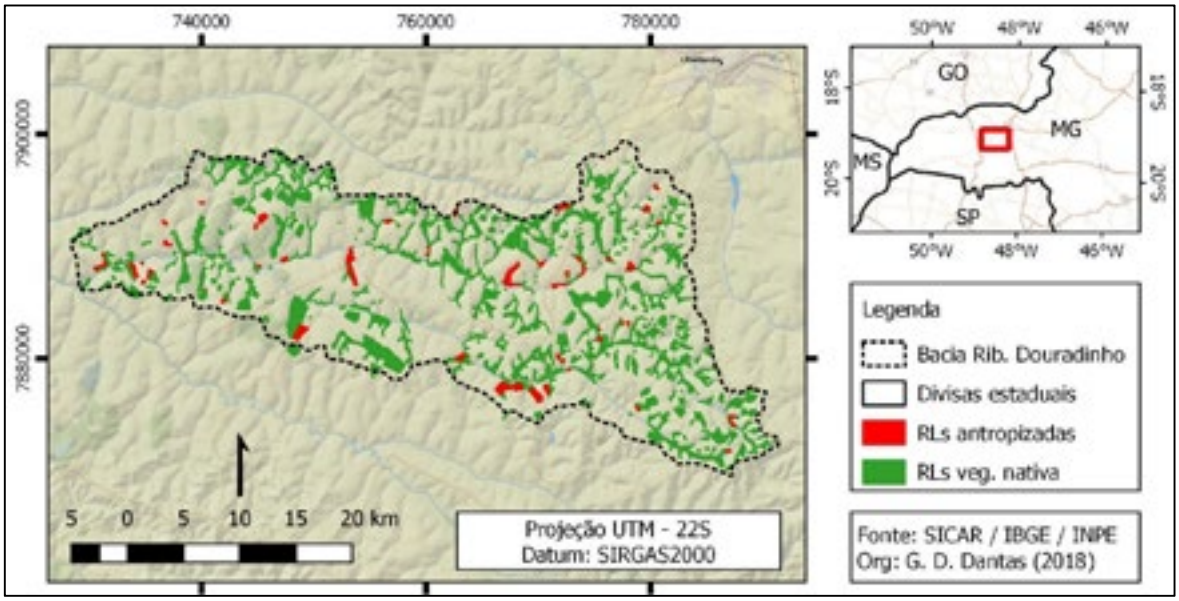


Figura 1 – Localização das reservas legais da bacia do Rib. Douradinho

2. Materiais e Métodos

O procedimento metodológico desta pesquisa fundamentou-se em três etapas, sendo a primeira a aquisição da base cartográfica de referência. Adquiriu-se os dados espaciais das delimitações das áreas de Reserva Legal, disponíveis em formato "shapefile" diretamente do endereço eletrônico do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), com referência à data de 22/08/2018. Foram adquiridos arquivos vetoriais da rede hidrográfica, na escala 1:100.000, das cartas topográficas SE.22-Z-B-V, SE.22-Z-B-VI, SE.22-Z-D-II e SE.22-Z-D-III, disponíveis no endereço eletrônico do IBGE. Os dados altimétricos usados para a delimitação da área de estudo foram obtidos por meio de dados raster das imagens orbitais SRTM de nomenmclatura SE.22-Z-B e SE.22-Z-D, disponíveis no endereço eletrônico do INPE. As imagens orbitais CBERS4, sensor PAN10M (resolução espacial de 10 metros) e PAN5M (resolução espacial de 5 metros) também foram adquiridas por meio da plataforma eletrônica do INPE. As cenas obtidas foram as de órbita/ponto 157/121 de 20/08/2018 e 158/121 de 22/07/2018.

A segunda etapa consistiu na manipulação dos dados vetoriais e processamento das imagens orbitais, no qual utilizou-se os programas computacionais ENVI 5.1 (propriedade desconhecida) e QGIS

3.2.0 (software livre). Inclui nesta etapa a identificação e delimitação da bacia hidrográfica do Ribeirão Douradinho tendo como base a rede hidrográfica extraída dos dados vetoriais das cartas topográficas e as curvas hipsométricas extraídas do processamento das imagens SRTM. Utilizou-se da ferramenta "*contorno*" do programa QGIS para gerar curvas com equidistância de 10 metros.

As imagens CBERS4 foram processadas pelo programa ENVI, no qual aplicou-se os procedimentos de geração de composição colorida RGB com as bandas 2, 3 e 4, no formato R4G3B2, para o sensor PAN10M, obtendo-se uma imagem falsa-cor de modo a destacar as vegetações mais densas na cor vermelha (Figura 2). O registro da cena do sensor PAN5M foi realizado por meio da ferramenta "*registration / image to image*", atribuindo equivalência posicional dos pixels às bandas da imagem PAN10M. Posteriormente, ainda no programa ENVI, realizou-se o fusionamento de bandas entre as imagens de composição colorida do sensor PAN10M e a banda pancromática do sensor PAN5M. Utilizou-se da ferramenta "*image sharpening / HSV*" ao qual obteve-se como produto final a imagem falsa-cor R4G3B2, com resolução espacial de 5 metros.

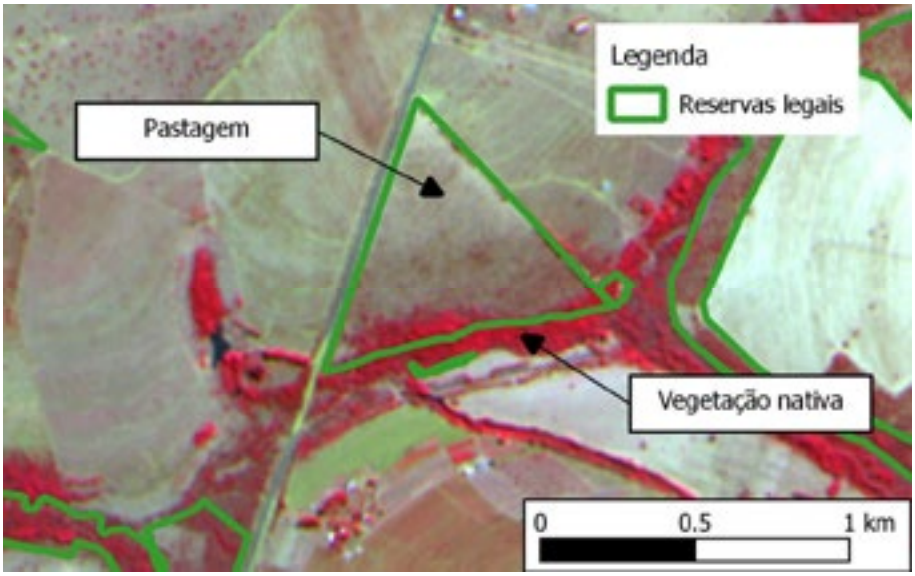


Figura 2 – Composição colorida R4G3B2 da imagem CBERS 4 representada na escala de mapeamento de 1:25000, com sobreposição às reservas legais.

A sobreposição dos dados vetoriais das delimitações das áreas de Reserva Legal sobre as imagens CBERS4 processadas foram realizadas em ambiente SIG, pelo programa QGIS, após adequação geométrica de toda a base cartográfica. Os dados vetoriais das Reservas legais foram editados

de modo a excluir todos os fragmentos delimitados menores que 100 m², considerados de dimensões irrelevantes para esta pesquisa. Isto porque, ao realizar uma análise aleatória dos polígonos que apresentam áreas menores ou próximas a 100m², constatou-se que estes não tem como origem a delimitação de fragmentos de RL. Os polígonos dessa dimensão são resultantes de erros topológicos no processo de delimitação, muitas vezes localizados em posição adjacente à polígonos maiores. Entendeu-se que não representam de maneira significativa a ocorrência de fragmentos de RL descartando-os dos resultados desta pesquisa.

Destaca-se ainda que os polígonos de RL disponibilizados pelo SICAR apresentam-se discriminados em 3 classes distintas: "Reserva legal averbada", "Reserva legal aprovada e não averbada" e "Reserva legal proposta". As duas primeiras classes representam RL's que, teoricamente, já foram objeto de análise e aprovação por parte do órgão ambiental. A última classe representa RL's apenas declaradas pelo proprietário, não sendo objeto de análise prévia do órgão/agente público fiscalizador.

A terceira etapa consistiu na aplicação das técnicas de fotointerpretação, definido por Rosa (2003) como o método, sistema ou técnica de análise de imagem que permite a obtenção de informações significativas e confiáveis. Procurou-se identificar nas imagens de composição colorida do CBERS4 o tipo de cobertura vegetal das áreas de Reserva Legal (Figura 2), no qual seguiu-se as etapas de foto-leitura, foto-análise e fotointerpretação. Os elementos fotointerpretativos como cor, textura, forma, tamanho e padrão proporcionaram a elaboração de uma chave de interpretação que permitiu a identificação das áreas com vegetação nativa para o bioma Cerrado. A delimitação dessas áreas foi realizada por processo de vetorização manual, ao qual os limites dos fragmentos identificados por fotointerpretação foram demarcados sobre a imagem digital por meio das ferramentas gráficas de desenho e edição de vetores (polígonos). O método de interpretação visual e vetorização manual foi realizado no programa QGIS. Adotou-se a escala 1:25.000 no mapeamento, determinada em função da resolução espacial das imagens orbitais CBERS4.

As feições mapeadas no interior das áreas de RL constituídas de formações florestais e savânicas foram agrupadas em uma única classe, pois configuram ambientes de vegetação nativa do bioma Cerrado. Procurou-se delimitar as formações florestais com predominância de espécies arbóreas com formação de dossel, que segundo Sano (1998), classifica-se como as fitofisionomias de Mata de Galeria e Mata Ciliar associada a cursos d'água e fundos de vale, Matas Estacionais em vertentes e

Cerradão nos interflúvios. As formações savânicas, caracterizadas por extratos arbóreo e arbustivo-herbáceo, com árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno em diferentes densidades, identificam-se como fitofisionomias de Cerrado sentido restrito, Campo sujo, Campo limpo e Veredas (SANO, 1998).

A conclusão desta etapa resultou na elaboração de um arquivo vetorial de polígonos de delimitação das Reservas Legais com distinção entre áreas com presença de vegetação nativa e áreas desprovidas do mesmo, ao qual foram classificadas em 2 classes: RL com vegetação nativa e RL antropizada. As delimitações das RL's antropizadas, que representam os fragmentos sem vegetação nativa, foram obtidas através da diferença entre os polígonos (shapefiles) adquiridos do CAR e os polígonos delimitados como RL com vegetação natva.

De modo geral, a metodologia do trabalho resume-se em uma sobreposição dos vetores de RL do CAR sobre a imagem de composição colorida do satélite CBERS4, seguida de uma análise foi puramente visual dentro dos polígonos.

3. Resultados e discussões

Conforme dados do SICAR, a bacia do Ribeirão Douradinho tem 14,3% (13.206,63 ha) de sua área cadastrada como Reserva Legal, distribuidos em 1140 polígonos delimitados e declarados no sistema. Deste total, 9,9% (0,2% de RL aprovada e não averbada e 9,7% de RL averbada) representam áreas de Reserva Legal devidamente homologadas junto ao órgão ambiental, e 4,4% representam áreas declaradas como propostas para Reserva Legal (ainda não homologadas) (Figura 3).

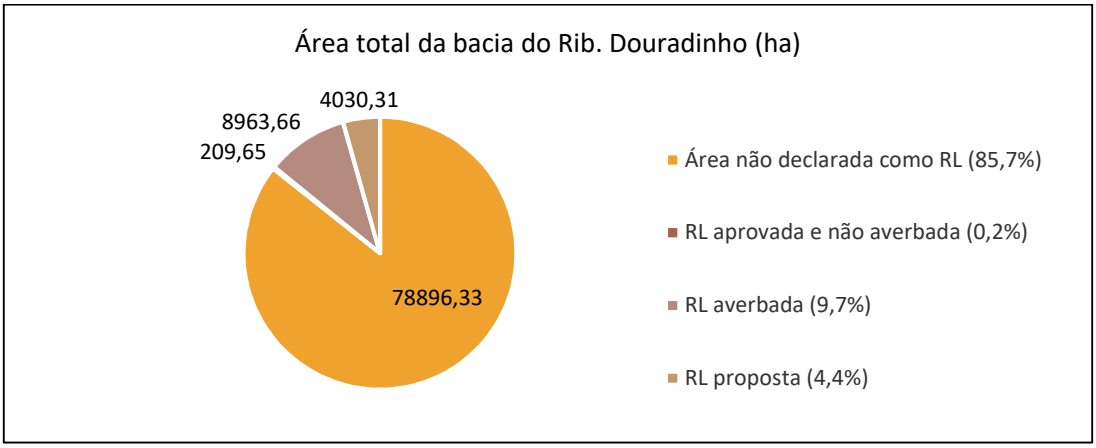


Figura 3 – Gráfico percentual das áreas de RL sobre a bacia do Rib. Douradinho

O levantamento obtido por interpretação de imagens mensurou que 66 polígonos declarados como RL encontram-se total ou parcialmente com a vegetação antropizada, ou seja, sem vegetação nativa ou em estado de conservação não aceitável em relação aos parâmetros legais. Estas áreas ocupam uma porção de 947,74 ha, que representa 7,2% das áreas de Reserva Legal da bacia. Deste total, 82% das áreas de RL antropizadas são declaradas como RL's Averbadas, o que destaca a caracteristica de irregularidade ambiental frente à legislação (Figura 4). Não foi considerado nesta pesquisa a possibilidade de tais áreas estarem submetidas à processos de regularização junto aos órgãos públicos fiscalizadores, focando somente à identificação das áreas cuja vegetação aparentemente apresenta-se inapta aos critérios legais para instituição de uma RL.

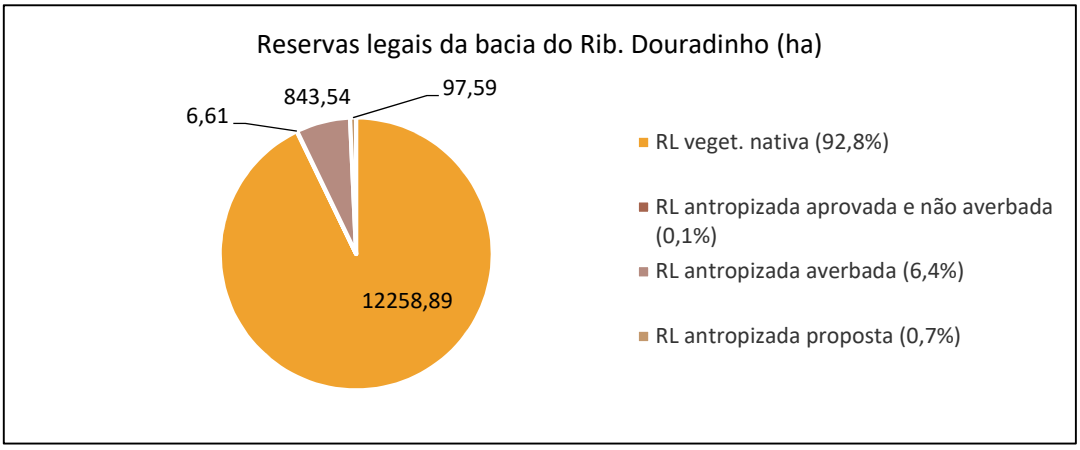


Figura 4 – Gráfico percentual das áreas antropizadas de RL da bacia do Rib. Douradinho

Em relação às classes de RL declaradas no CAR, constatou-se diferenças em relação à proporção de áreas antropizadas. As RL's averbadas apresentaram os maiores quantitativos (9,4%), enquanto que as RL's aprovadas e não averbadas, e RL's propostas apresentaram proporções menores (3,1% e 2,4% respectivamente).

O resultado final evidencia que em toda a bacia do Ribeirão Douradinho, 13,3% da área total encontra-se ocupada por áreas de RL em conformidade com a legislação ambiental. Os 66 polígonos declarados como RL e identificados com vegetação inapta para RL englobam 56 imóveis rurais cadastrados no CAR, que representa 11,4% dos imóveis localizados na bacia do Ribeirão Douradinho.

4. Considerações finais e referências bibliográficas

4.1. Considerações finais

A utilização das geotecnologias associadas aos SIG's e às tecnicas do SR configuram-se atualmente como recursos indispensáveis à proteção dos recursos naturais e ao monitoramento do uso e ocupação do solo, visando como uma de suas aplicações o cumprimento à legislação ambiental. As exigências estabelecidas pelo CF no âmbito da regularização ambiental de um imóvel rural envolve a necessidade de identificação e mensuração do estado da vegetação no interior do mesmo.

O CAR figura-se como meio integrador destas informações, pois além de agrupar os dados espaciais de caracteristica ambiental de um imóvel rural, proporciona principalmente a publicidade desses dados. Assim, diversos requisitos ambientais estabelecidos no CF podem ser avaliados contrapondo as informações do CAR com dados obtidos através do SR.

As imagens de satélite CBERS4 representam uma ferramenta bastante útil nesse contexto. Com uma resolução temporal de 26 dias, resolução espacial de 5 metros e resolução espectral que vai da faixa do visível ao infra-vermelho (INPE, 2017), é possivel realizar um monitoramento contínuo das áreas de RL declaradas no CAR, visando a identificação e mensuração dos fragmentos de cobertura vegetal nativa e/ou antropizadas em seu interior.

Na bacia do Ribeirão Douradinho, no bioma Cerrado, as áreas de vegetação nativa estão representadas por formações florestais e savânicas, cujas feições podem ser extraídas das imagens digitais geradas pelo satélite CBERS4. Tendo como fundamento o artigo 12° do CF, que estebalece a

cobertura de vegetação nativa como critério para instituição da RL, pode-se realizar levantamentos quantitativos e qualitativos que identifiquem as áreas que não atendam a este artigo.

A identificação de áreas de RL sem a presença de vegetação nativa, parcial ou total, não necessáriamente determina que um imóvel rural esteja irregular em relação ao CF. Imóveis detentores de RL's antropizadas podem estar submetidos a processos de regularização ambiental, o que atribui conformidade frente à legislação. Ainda assim, levantamentos contínuos ou periódicos dessa natureza constituem-se uma fonte de informação de grande aplicabilidade frente às exigências do CF.

Presume-se que as RL's averbadas, muitas vezes, já existiam em data anterior à implementação do CAR. Neste caso, a localização da RL, mesmo após alguma supressão vegetal, permanece inalterada. Já as RL's propostas, que apresentaram menores quantitativos de áreas antropizadas, foram delimitadas somente a partir da implementação do CAR. Esta condição permitiu ao proprietário demarcá-las nas áreas atualmente preservadas, conforme estabelecido no CF de 2012.

4.2. Referências bibliográficas

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Lei Federal N° 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 09 de novembro de 2017.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2017. Disponível em: <www.cbers.inpe.br>. Acesso em: 09 de novembro de 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Instrução Normativa nº 2, de 5 de maio de 2014. Dispõe sobre os procedimentos para a interação, execução e compatibilização do Sistema de Cadastro Ambiental Rural – SICAR e define os procedimentos gerais do Cadastro Ambiental Rural – CAR**. Disponível em: <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=59&data=06/05/2014>. Acesso em: 09 de novembro de 2017.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, 5° ed. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2003.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. ed. **Cerrado**: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. Xxii+556p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT) PARA A REPRESENTAÇÃO ESPACIAL DE AMBIENTES COSTEIROS

Artur Lana Guzzo [(a)], Akel da Silva Saliba [(b)], André Paulo Ferreira da Costa [(c)], Thiago Gonçalves Pereira [(d)]

(a) Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, tuilana@hotmail.com;
(b) Instituto de Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, akelsaliba02@gmail.com
(c) Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal Fluminense, UFF, dacostaandre01@gmail.com
(d) Departamento de Geografia Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ, thiagopereira.uerj@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Neste trabalho demonstram-se as aplicabilidades para levantamentos aerofotogramétricos a partir de um VANT, por vezes combinados com outros equipamentos, voltados para estudos de monitoramento da linha de costa e geração de produtos cartográficos para análises geomorfológicas. Para tal, são apresentados resultados de dois estudos de caso no litoral do Estado do Rio de Janeiro, um com monitoramento mais simples e ágil, e outro elaborado para uma execução mais criteriosa, para atingir maior acurácia em termos de representação espacial e mapeamento da linha de costa. De uma maneira geral, a avaliação final é de uma ferramenta de aquisição de imagens aéreas de alta resolução e a geração de produtos cartográficos de qualidade, de forma relativamente ágil e com baixo custo em relação às metodologias tradicionais. Os diferentes métodos de levantamentos auxiliaram de forma significativa nas análises morfodinâmicas costeiras, de acordo com os objetivos de cada estudo.

Palavras-chave: Aerofotogrametria, VANT, Geomorfologia Costeira, Drone, Erosão Costeira.

1. Introdução

O desenvolvimento de metodologias para representação espacial de ambientes costeiros requer exigências particulares, pois trata-se de áreas dinâmicas e sensíveis, subordinadas a processos e fenômenos de natureza multi-escalar. O maior desafio são o tempo e custo empregados em estudos de alta resolução espacial e temporal para a descrição e análise dos processos e fenômenos envolvidos. Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) ou Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs), popularmente conhecidos como drones, marcaram uma revolução no campo da detecção remota, por suas características inovadoras e sua rápida popularização. Para Lopes (2015) a utilização do VANT mostrou-se eficiente pela facilidade e agilidade do voo e processamento dos dados para aerofotogrametria. O VANT possui diversas vantagens sobre métodos convencionais de sensoriamento remoto, como a facilidade de obtenção das fotografias aéreas de alta resolução e baixo custo desta tecnologia, além da possibilidade de gerar outros produtos digitais. Essas características são um verdadeiro convite para os pesquisadores da área da Geomorfologia Costeira, que necessitam de agildade para detecção de fenômenos de curta duração e, não raro, lidam com recursos escassos para aquisição de informações periódicas de campo através de monitoramento sistemático.

Estudos de morfodinâmica, erosão e sedimentação das praias são de grande importância para conhecimento dos processos de curta e média escala temporal (poucos anos). Em áreas onde são constatadas erosão pontual ou progressiva, os registros contínuos sobre o comportamento da linha de costa podem fornecer projeções de tendências para anos ou décadas, ou ainda ajudar a compreender o grau de resiliência do ambiente frente a eventos extremos que ocorrem na linha de costa. A relação entre a recorrência de ressacas e seus efeitos cumulativos é de reconhecida importância, mas ainda pouco entendida devido à dificuldade e ausência de dados morfológicos detalhados e de alta frequência (FERNANDEZ et al., 2015).

No presente trabalho utiliza-se esta ferramenta de apoio ao monitoramento geomorfológico de ambientes costeiros submetidos a processos de erosão eventual e contínua. Acredita-se que essas plataformas de aquisição podem servir como ferramentas de gerenciamento costeiro para o planejamento de ocupação e uso desses espaços, muitos dos quais já se encontram em elevado grau de artificialização (POLLETE et al., 2000; PIATTO e POLLETE, 2012).

ISBN: 978-85-7282-778-2

1.1. Áreas de Estudos

Foram escolhidas duas áreas de estudos do litoral do Estado do Rio de Janeiro (Figura 1), a Praia da Macumba (Área de Estudo I), e a Praia de Atafona (Área de Estudo II), com características fisiográficas bastante distintas, tanto em termos evolutivos, como em processos dinâmicos atuais. Nessas áreas estão estabelecidos atualmente pontos de monitoramento morfodinâmico convencional combinado com o emprego dos métodos de levantamento aerofotogramétroco por VANT.

Figura 1: Mapa de localização das áreas de estudo: Praia da Macumba, à esquerda, e Praia de Atafona, à direita.

No primeiro local, os arcos praiais conhecidos como Praia da Macumba e Praia do Pontal, situa-se na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. É um litoral com orientação predominante leste-oeste, exposto diretamente a sistemas atmosféricos de baixa pressão, que migram do quadrante sul e geram agitações maritimas no mesmo sentido, ocorrendo muitas vezes episódios de erosão associados a esses fenômenos meteorológicos de curta duração. Desde 2005, data do início do processo de consolidação da urbanização desse trecho da orla carioca (Projeto Eco Orla), cerca de sete eventos erosivos já causaram avarias ou destruição quase total das estruturas e equipamentos urbanos, colocando em risco banhistas, moradores e construções. Em todas as ocorrências de erosão da orla até então documentadas, o calçadão foi reconstruído na mesma posição, sem que houvesse uma ação efetiva para evitar a repetição desses cenários caóticos. Aparentemente o poder público assumiu que esforços devem canalizados para reconstruir ou reparar os estragos causados, como uma solução temporária até o próximo evento extremo. O último, em 2017, registrado por Pereira et al. (2018), (Figura 2a) parece ter sido o mais severo até então, e onerou os cofres públicos até o momento em mais de 15 milhões de reais, apenas em obras emergenciais para mais uma obra de reparo do calçadão.

ISBN: 978-85-7282-778-2

No caso de Atafona, na foz do Rio Paraíba do Sul, a morfodinâmica de praia associada a processos fluviais provocam grandes mudanças na morfologia do pontal, na linha de costa da praia e no volume de sedimentos na faixa de areia. Os processos erosivos são intensos e tem causado enormes prejuízos, como a destruição de edificações, por meio da retrogradação da linha de costa e do avanço das dunas para o continente (Figura 2b). Azevedo (2004) aponta uma destruição de 14 quadras, totalizando 183 construções destruídas ou severamente danificadas em função da tendência erosiva verificada entre os anos de 1975 e 2004. Mello et al. (2018) reforçam que a erosão costeira em Atafona está em pleno avanço, interpretando uma tendência interdecadal de erosão. Os mesmos autores apontam que o processo erosivo, associado a uma falta de planejamento urbano adequado, tornou-a uma área de risco e de desvalorização econômica.

Figura 2: À esquerda (2a), orla destruída após evento de tempestade de outubro de 2017, na Praia da Macumba; à direita(2b), escombros de construções na praia de Atafona em outubro de 2018.

2. Materiais e Métodos

2.1. Mapeamento Aerofotogramétrico

Diversos estudos aplicaram a metodologia de mapeamento aéreo com utilização de um Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) (WESTOBY et al., 2012, TONKIN et al., 2014, CARBONNEAU & DIETRICH, 2016, GONÇALVES et al., 2016, entre outros). Após testes estatísticos para avaliação de precisão do método para produtos cartográficos digitais, foi possível validar produtos como os modelos digitais em três dimensões e as mensurações derivadas, como cálculos de volumes e de áreas, de maneira relativamente precisa.

No presente estudo, a metodologia para o mapeamento dos ambientes costeiros foi dividida em três etapas principais: Planejamento, aquisição de dados e processamento/interpretação.

2.2. Planejamento

ISBN: 978-85-7282-778-2

Na etapa de planejamento foram realizadas análises prévias das áreas de interesse através do programa *Google Earth Pro*: mensuração do tamanho da área de interesse; avaliação do grau de cobertura vegetal; ocorrência de áreas homogêneas; relevo das áreas a serem mapeadas, altura de voo/GSD e, por fim, a distribuição dos pontos de apoio. No aplicativo de voo autônomo (*DroneDeploy*) é feita a configuração das especificações de voo.

O tamanho da área de interesse serve para elaboração do perímetro da área de mapeamento e dos planos de voo. Em alguns casos a limitação de autonomia de voo (aproximadamente 20 minutos) implica na elaboração de mais de um plano de voo para uma mesma área.

A cobertura vegetal é um fator limitante na fotogrametria através de sensores passivos, pois para a geração de modelos digitais, a copa das arvores é assumida como superfície, sendo necessária a aplicação de filtros para que se modele o objeto de interesse, que é o terreno. Áreas homogêneas também se mostram como fatores limitantes na fase de processamento fotogramétrico. Caso existam essas áreas (p. ex., espelhos d'água e coberturas arenosas planas sem variação de cores) no perímetro de mapeamento, o software pode não identificar a real altimetria dessas áreas.

O relevo das áreas a serem mapeadas consiste no conhecimento prévio das altitudes (máxima, média e mínima) para determinação da altura de voo e do GSD (*Ground Sample Distance*). O GSD é a conversão do tamanho do pixel na imagem para a distância desse pixel no terreno, em cm/pixel. Quanto menor for o GSD, maior será o detalhamento da imagem (resolução espacial) e melhor será a acurácia posicional, mas por outro lado, o processamento torna-se mais demorado e limita a possibilidade de mapear áreas maiores.

Os pontos de apoio são marcações a serem distribuídas na área para que posteriormente as coordenadas desses pontos sejam rastreadas com o uso de antenas receptoras GNSS (*Global Navigation Satellite System*). São utilizados para aumentar a precisão e verificação da acurácia dos modelos tridimensionais.

2.3. Aquisição

O aerolevantamento deve ser preferencialmente realizado em dias de pouca nebulosidade (para verificação das condições de voo foi utilizado o aplicativo UAV Forecast), em uma janela de voo entre 10h e 14h, para diminuir o efeito das sombras. É importante que o vento não esteja muito forte (<15 m/s), evitando assim o consumo excessivo das baterias e o risco de imagens desfocadas. O VANT percorre o caminho previamente planejado capturando fotografias aéreas sequenciais, com uma

sobreposição previamente escolhida. Nos estudos de caso citados o equipamento utilizado foi o *Phantom 3 PRO*, produzido pela empresa DJI. O equipamento deve possuir manutenção constante, pois ambientes costeiros possuem altos níveis de umidade e salinidade no ar, causando risco de danificar os componentes eletrônicos.

Na praia da Macumba não foram utilizados pontos de apoio, uma vez que o monitoramento se deu a partir de modelos 2D e ortofotomosaicos. Em Atafona foram distribuídos pontos de apoio no campo com instalação de piquetes para materialização de referenciais de coordenadas XYZ. O rastreamento desses pontos em campo foi feito através de GNSS geodésicos.

Os pontos foram identificados nas imagens aéreas, durante o processamento, através de alvos de produção própria. Feitos de tecido sintético os alvos possuem 70 cm x 70 cm, sendo que o tamanho dos alvos dependerá da altura de voo, ou seja, do GSD utilizado. As cores laranja e preto foram escolhidas pelo forte contraste e facilidade de visualização em terrenos que geralmente apresentam tonalidades brancas/amareladas (sedimentos arenosos) e verdes (vegetação). Os alvos foram fixados em solo (predominantemente arenoso) com a ajuda de espetos de madeira de 15 cm, evitando o deslocamento por conta do vento. Embora tenham apresentado um relativo bom desempenho, em algumas imagens os alvos refletiram a luz solar a ponto de dificultar a identificação do seu centro devido ao aspecto brilhoso do material escolhido.

Quando os dados de referência são mutuamente identificáveis, no chão e sobre as fotografias, podem ser utilizados para estabelecer uma posição espacial exata e a orientação de uma fotografia em relação ao solo no momento da exposição (LOPES, 2015).

2.4. Processamento

As fotografias aéreas providas por VANT foram processadas e analisadas através do software *Agisoft PhotoScan*, que realiza o processamento fotogramétrico e gera dados espaciais 3D. Inicialmente foi feito o alinhamento das imagens e o apontamento dos pontos de apoio quando utilizados. Esses pontos foram identificados nas imagens aéreas através dos alvos, divididos entre pontos de controle e de verificação durante o processamento. Os pontos de controle entram no processamento das imagens e são responsáveis pelo georeferenciamento das fotografias aéreas, já os pontos de verificação não entram no processamento, servem para verificação da precisão do apontamento dos alvos nas imagens e representam a verdadeira acurácia do mapeamento aéreo

realizado. Em seguida, criou-se uma nuvem de pontos a ser densificada para geração do modelo 3D e então os modelos digitais de elevação e o ortofotomosaico.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) é definido como o arquivo que contém pontos de elevação em uma área contínua e pode ser subdividido em Modelos Digitais de Superfície (MDS) e Modelos Digitais do Terreno (MDT). O MDS contém informações de elevação de todas as feições da paisagem como, por exemplo, vegetação, edifícios, entre outras estruturas presentes sobre o terreno. Já o MDT possui informações de elevação da superfície do terreno sem a influência de vegetação e de outras estruturas (JENSEM, 2009). Por fim, o relatório de processamento, gerado pelo software, lista as etapas realizadas assim como o tempo de processamento, resolução final e o nível de acurácia dos produtos gerados.

3. Resultados

Na Área de Estudos I, o objetivo foi o monitoramento em planta (2D) para detecção da linha de costa e largura da faixa praial. A obtenção de imagens periódicas de um mesmo recorte espacial de 500 m² permitiu o acompanhamento da dinâmica de praia, das variações na linha de costa e sua erosão/recuperação frente aos eventos de tempestade. Os ortofotomosaicos gerados (Figura 3) fizeram parte da fase de testes e aprimoramento da metodologia: os aerolevantamentos feitos em 2017 possuíram GSD de 5 cm, com sobreposição de imagens de 75% frontal e 65% lateral; os aerolevantamentos feitos em 2018 possuíram GSD aproximado de 4 cm com sobreposição de 80% lateral e frontal. O georeferenciamento foi feito a partir da ortofoto de 2005 do IBGE, por conta da ausência de pontos de apoio.

ISBN: 978-85-7282-778-2

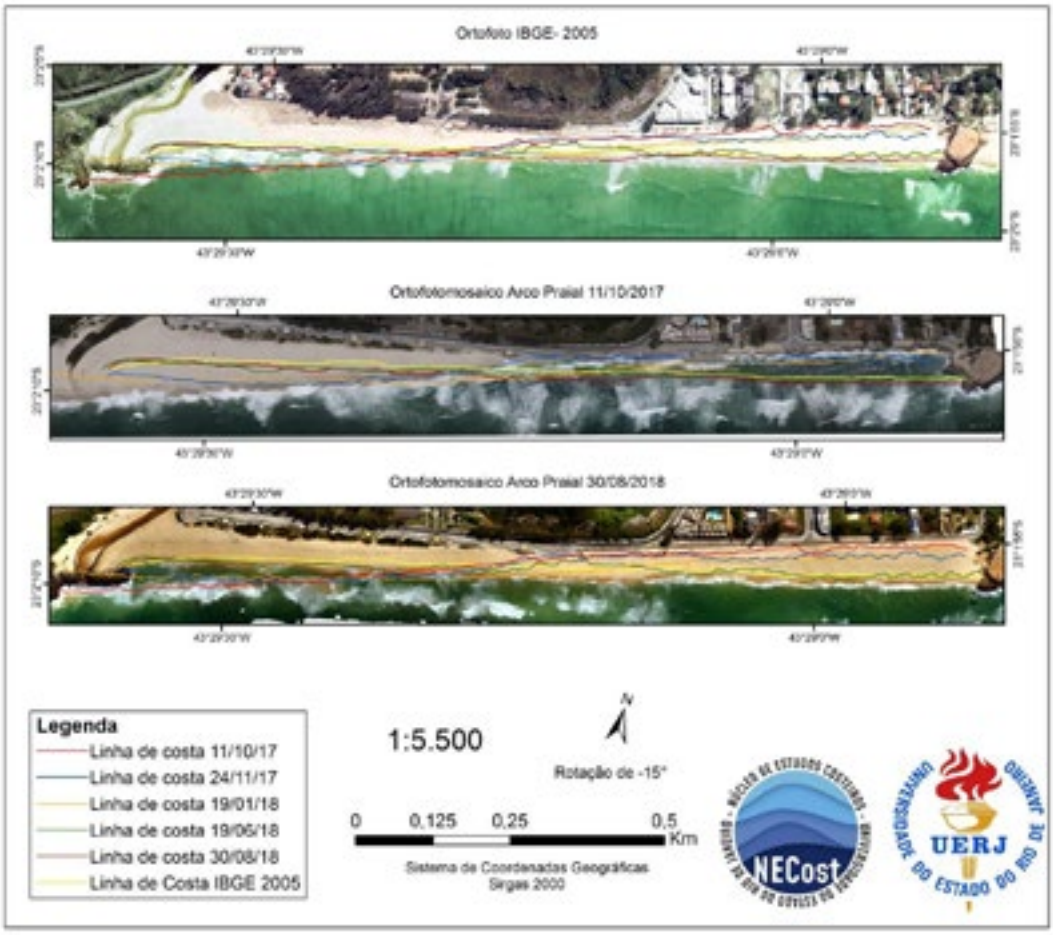


Figura 3– Monitoramento da linha de costa por mosaico de ortofotos na Praia da Macumba.

Já para a praia de Atafona, Área de Estudos II, cujo objetivo é gerar modelos tridimensionais com dados altimétricos precisos para estimativa de cálculo de volume e área, fez-se necessária a presença dos pontos de apoio. Utilizou-se uma sobreposição entre imagens (80% frontal e lateral), GSD inicial de 3 cm, sob velocidade máxima de 15m/s. O ortofotomosaico da praia, juntamente com a área do pontal arenoso, foi gerado a partir de 415 fotografias aéreas sobrepostas, cobrindo uma área de 0,182 km². A resolução espacial do mapeamento foi de 4,1 cm/px e o erro de projeção de 1,1 px. (Figura 4)

O MDT da praia de Atafona mostra uma barreira de dunas frontais adjacentes à praia, com uma altimetria que chega até 8 m aproximadamente, com os valores mais altos a sul que decrescem

para norte, em direção ao delta. A partir do MDT, foi possível efetuar o cálculo de volume de sedimentos. Os volumes mensurados de todo o estoque emerso da praia, somado com as dunas frontais, foram obtidos a partir da demarcação de um polígono com largura delimitada entre a base do reverso da duna até a linha d'água, e comprimento entre o início da escarpa de erosão, a norte, até o promontório (escombros), a sul. Os resultados obtidos foram: Perímetro = 793 m; Área = 6.387,4 m²; Volume total do estoque emerso da praia (a partir da altimetria 0 m) = 25.380,1 m³

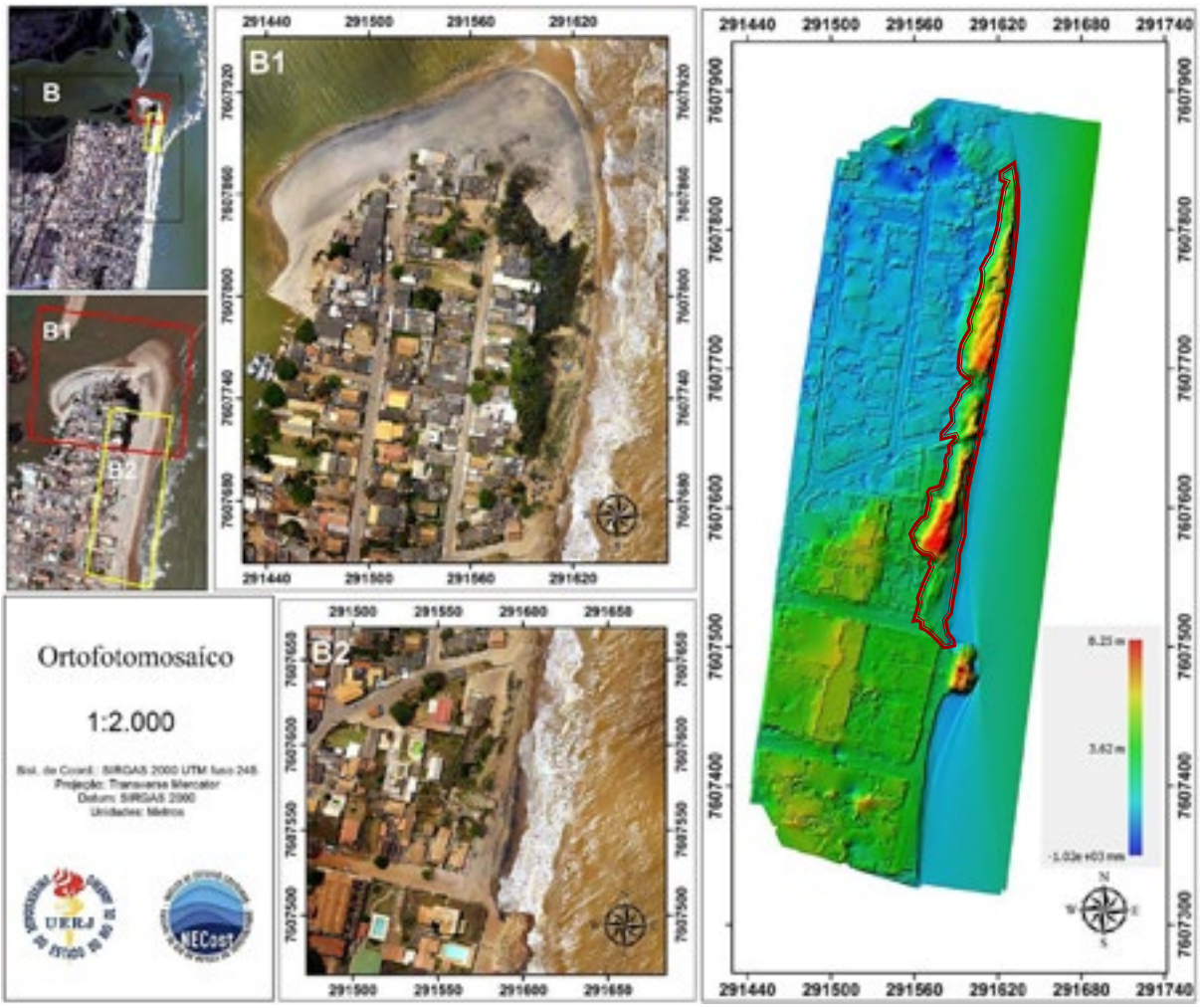


Figura 4: Ortofotomosaicos e MDT da Praia de Atafona. Em vermelho o perímetro utilizado para o cálculo de volume dos sedimentos e área da praia e duna frontal.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Outro produto importante para auxiliar no monitoramento de praias são os perfis topográficos transversais. Os gráficos gerados a partir do processamento das imagens aéreas (Figura 5) foram semelhantes aos gerados com a metodologia tradicional com Estação Total e Prisma, portanto satisfatórios para a presente pesquisa.

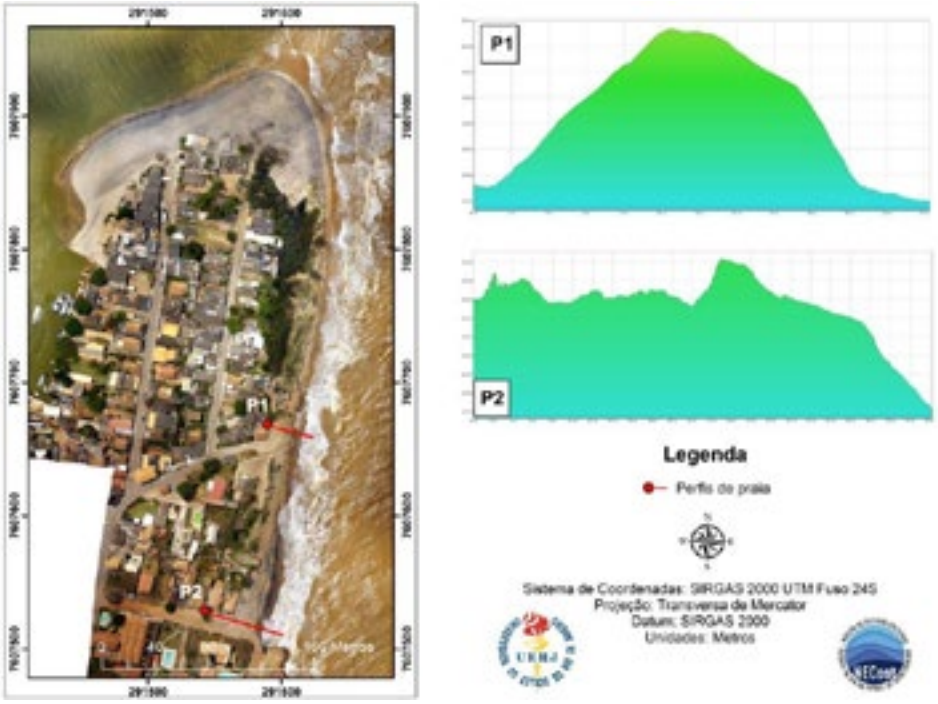


Figura 5: Perfis topográficos transversais (P1 e P2 em vermelho) e gráficos correspondentes, gerados a partir das imagens aéreas.

4. Considerações Finais

Os modelos digitais têm assumindo uma grande relevância nos estudos em Geomorfologia Costeira, pois são produtos com vasta aplicabilidade em análises geográficas de processos ou fenômenos espaciais. A partir destes é possível extrair várias informações e efetuar diversas operações tais como: cálculo de volumes de feições sedimentares, análise de perfis de praia e de seções transversais à linha de costa, geração de mapas de declives, de exposição, de visibilidade, de curvas de nível, etc.

ISBN: 978-85-7282-778-2

O mosaico de ortofotos mostrou-se como uns dos produtos básicos mais requisitados no âmbito do mapeamento aéreo com drones. Para ambientes costeiros como nos casos estudados, tornou possível a realização de medições diretas de distâncias, áreas e ângulos, pois sua escala constante possibilita este tipo de operação. Para levantamentos sucessivos, permitiu identificar a variação da posição da linha de costa a partir do contato da água no alcance máximo do espraiamento da onda com o sedimento praial.

Na praia da Macumba os intensos processos erosivos podem ser melhor analisados através da visualização, nos ortofotomosaicos gerados em aerolevantamentos feitos em diferentes ocasiões, das diferentes linhas de costa, o que demostra a versatilidade da presente metodologia.

Na região do pontal de Atafona a geração de MDT possibilitou visualizar a morfologia e fazer cálculos de volume de sedimentos na praia. Isso possibilita o monitoramento em alta resolução da morfodinâmica e auxilia a tomadas de decisões pelos órgãos responsáveis pelo gerenciamento costeiro.

Dessa forma, a utilização de métodos de levantamento aerofotogramétrico por VANT, como metodologia para o mapeamento de feições costeiras, provou-se eficiente uma vez que foi capaz de gerar produtos cartográficos que permitem a análise morfológica em ambientes costeiros urbanizados e com processos erosivos associados, que constantemente colocam em risco as populações e construções junto à linha de costa.

5. Agradecimentos

Os autores deste artigo agradecem a CAPES pela bolsa de estudos e a parceria entre as equipes do Núcleo de Estudos Costeiros (NECost, UERJ) e Laboratório de Geografia Fisica (LAGEF, UFF).

6. Referências Bibliográficas

AZEVEDO, M.V.H. **Atafona, Patrimônio Mar Adentro: Formação, Planejamento e Destruição do Balneário de Atafona - RJ**. Dissertação de Mestrado em Planejamento Regional e Gestão de Cidades, Universidade Cândido Mendes. 107p. 2004.

CARBONNEAU. E. P., DIETRICH T. J. **Cost-effective non-metric photogrammetry from consumer-grade sUAS: implications for direct georeferencing of structure from motion photogrammetry**. Earth Surface Processes and Landforms, John Wiley & Sons, Ltd. 2016.

FERNANDEZ, G. B.; MALUF, V.; BULHÕES, E. M. R.; ROCHA, T. B.; PEREIRA, T. G.; OLIVEIRA FILHO, S. R. **Impactos morfológicos e resiliência das praias do litoral do Rio de Janeiro: referência**

especial à morfodinâmica praial. In: PAULA, D. P.; DIAS, J. A. Ressacas do mar/temporais e gestão costeira. (Orgs.), Fortaleza, Premius, 2015, p.277-329.

GONÇALVES G., DUARTE D., PÉREZ J. A., ATKINSON5 A. D., SÁNCHEZ, FERNÁNDEZ, M., DUARTE J. **Avaliação da qualidade e adequabilidade de mds obtidos por drones low-cost na monitorização topográfica de dunas primárias.** Conference Paper. In: II Conferência Nacional de Geodecisão, Instituto Politécnico de Setubal, Barreiro, Portugal. 2016.

JENSEN, J. R. (1949) **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / tradução José Carlos Neves Epiphanio et al. São José dos Campos, SP. 2009 604p

LOPES, M. F. A. A. **Aplicação de Vant em estudos geomorfológicos dos litorais rochosos: o exemplo de S. Paio, Vila do Conde.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Letras, Universidade do Porto, Porto. 105 p. 2015.

MELLO, G.S ; Machado, B.A; Rocha, T.B. **Avaliação dos impactos da erosão costeira no distrito de atafona (rj), entre os anos de 2005 e 2016**. XII SINAGEO, Crato (CE) 2018.

PEREIRA T. G., OLIVEIRA FILHO, S, MORAIS, C., LESSA, A**. Impacto das Tempestades de 2016 em Orla Urbanizada: Arco Praial de Piratininga, Niterói, RJ**. In: XVII SBGFA/I CNGF, Campinas, 2017, SP. Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo, Volume Especial, p. 75-84. 2017.

PIATTO, L; POLETTE, M; **Análise do processo de artificialização do município de Balneário Camboriú, SC, Brasil.** Journal of Integrated Coastal Zone Management 12(1):77-88 (2012).

POLETTE, M. **Aplicação do modelo de desenvolvimento de balneários - MDB, para fins de gerenciamento costeiro integrado. Balneário do Camboriú**: UNIVALI, CTTMar, Lab. Gerenciamento Costeiro Integrado, 2000. Mimeo

TONKIN T.N, MIDGLEY N.G., GRAHAM D.J., LABADZ J.C. **The potential of small unmanned aircraft systems and structure-from-motion for topographic surveys: A test of emerging integrated approaches at Cwm Idwal, North Wales**. Geomorphology, v. 226, p. 35-43. 2014.

WESTOBY M.J., BRASINGTON J., GLASSER N.F., HAMBREY M.J., REYNOLDS J.M. **Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool forgeoscience applications.** Geomorphology, v. 179, p. 300-314. 2012.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

UTILIZAÇÃO INTEGRADA DO RADAR DE PENETRAÇÃO DO SOLO (GPR) E GAMAESPECTRÔMETRO COMO SUBSÍDIO NA IDENTIFICAÇÃO DA TRANSIÇÃO ENTRE UM PLANOSSOLO HÁPLICO E UM ARGISSOLO VERMELHO

Carlos Wagner Rodrigues do Nascimento [(a)], Hugo Machado Rodrigues [(b)], Marcos Bacis Ceddia [(c)], Gustavo Mattos Vasques [(d)], Suelen Marques de Oliveira Durão [(e)], João Felipe da Silva Gonçalves [(f)], Martin de Oliveira Freire [(g)]

[(a)] Departamento de Solos, UFRRJ, carloswagner.geologia@yahoo.com
[(b)] Departamento de Solos, UFRRJ, rodrigues.machado.hugo@gmail.com
[(c)] Departamento de Solos, UFRRJ, marcosceddia@gmail.com
[(d)] Embrapa Solos, gustavo.vasques@embrapa.br
[(e)] Instituto de Agronomia, UFRRJ, susumarques1603@hotmail.com
[(f)] Departamento de Solos, UFRRJ, eyefe1996@gmail.com
[(g)] Departamento de Solos, UFRRJ, martin_freire@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O objetivo deste trabalho foi integrar dois métodos geofísicos distintos (GPR e gamaespectrômetro) na delimitação entre dois solos contrastantes. O estudo ocorreu em uma vertente na Fazendinha Agroecológica Km 47, em Seropédica-RJ. Assim, foram descritos dois perfis (Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho) nas extermidades de um transecto de 70 metros. Em seguida, foram colocadas barras de ferro nas transições dos horizontes para demarcar suas profundidades no radargrama. Utilizou-se o GPR portando uma antena monoestática blindada de 450 MHz e gamaespectrômetro (leitura dos teores de tório equivalente) ao longo do transecto. Como resultado, o final do horizonte E do Planossolo no radargrama do transecto coincidiu com o aumento das radiações de tório equivalente na parte mais alta e argilosa do terreno (zona do Argissolo). Tradagens confirmaram a transição entre os solos indicada nas imagens. Assim, os métodos integrados apresentaram relevante aferição na transição do solo de textura arenosa para argilosa.

Palavras chave: Georadar, gamaespectrometria, geofísica de exploração, mapeamento de solos.

1. Introdução

O Radar de Penetração do Solo (GPR) e o gamaespectrômetro são sensores proximais classificados como não-invasivos ao ambiente por não requererem coleta de material de solo para análise. O uso de forma integrada desses sensores para caracterização das transições de

classes de solos, no entanto, ainda é incipiente no campo da pedologia. Desta forma, este trabalho propõe integrar esses dois sensores, que possuem tecnologias diferentes, para analisar um transecto de aproximadamente 70 metros de comprimento com um Planossolo Háplico (extremidade baixa) alternando para um Argissolo Vermelho (extremidade alta), a fim de identificar a região limítrofe entre esses dois solos.

2. Materiais e Métodos

Este estudo foi desenvolvido na Fazendinha Agroecológica Km 47 (Sistema Integrado de Produção Agroecológica - SIPA) localizada em Seropédica, Rio de Janeiro, nas coordenadas geográficas 22º 45’ S e 43º 40’30’’ W. Foram abertas duas trincheiras em dois pontos da paisagem, onde foram descritos e classificados dois perfis do solo, sendo um perfil no terço médio (P3) e um no sopé da vertente (P2) (Figura 1).

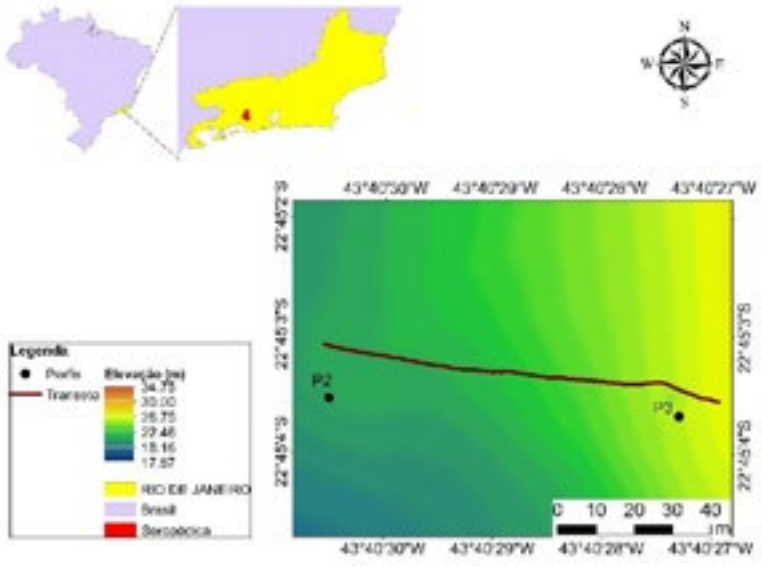


Figura 1 - Mapa de localização dos perfis de solo na área de estudo, mostrando o modelo digital de elevação do terreno no fundo.

Os perfis foram descritos e coletados seguindo as normas do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015). A caracterização da granulometria em laboratório foi realizada de acordo com as recomendações expressas em Donagemma et al.

(2011). A classificação foi feita segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018), sendo o P2 classificado como Planossolo Háplico Distrófico arênico e o P3 como Argissolo Vermelho Eutrófico nitossólico.

Após a delimitação dos horizontes em cada perfil de solo, foi inserida uma barra de ferro com dimensões de 80 cm de comprimento e 0,8 cm de diâmetro na transição de cada horizonte em cada perfil de solo. Depois, navegou-se sobre os dois perfis com o GPR MALÅ GroundExplorer, (Guideline Geo AB, Sundbyberg, Suécia), com odômetro, equipado com uma antena monoestática blindada de 450 MHz. Posteriormente, realizou-se o caminhamento no transecto de P2 para P3. Ao final do procedimento de campo, obtiveram-se dois radargramas (imagem gerada pelo GPR) dos perfis individuais e um radargrama representando o transecto.

Foi identificada a posição do perfil com GPS para, posteriormente, identificá-lo no radargrama e interpretá-lo. Também, foi registrada a profundidade de cada barra de ferro, bem como as distâncias de cada barra em relação aos limites laterais do perfil. Os radargramas foram processados no software ReflexW, desenvolvido por Sandmeier (2009) (Sandmeier Software, Karlsruhe, Alemanha) e seguiu apenas dois procedimentos realizados em sequência: *Static correction* e *Dewow*.

Ao visualizar as feições geradas pelas barras de ferro nos radargramas, ajustaram-se hipérboles que correspondem às velocidades de propagação do pulso eletromagnético emitido no solo pelo GPR. Em seguida, um modelo de profundidade foi ajustado a partir das velocidades medidas nos radargramas respectivos de cada solo (SANDMEIER, 2009).

Ainda em campo, utilizou-se o gamaespectrômetro modelo Gamma-Ray Sensor MS 2000 (MEDUSA RADIOMETRICS, Holanda) também no caminhamento do transecto de P2 para P3, a uma altura aproximada de 10 cm do solo. Esse sensor mensura três elementos radioativos naturalmente presentes no solo: tório equivalente, urânio equivalente e potássio. Neste trabalho preferiu-se utilizar somente os dados referentes ao tório equivalente por causa da sua alta afinidade com as argilas, o que resulta em um comportamento geoquímico de baixa

mobilidade no solo. Os resultados desse elemento foram interpolados pelo método de krigagem ordinária utilizando o software R e, em seguida, plotados e mapeados no ArcGis.

Para validação dos limites entre os solos apresentados tanto pelo radargrama, quanto pelo mapa das concentrações de tório equivalente, foram amostrados com trado holandês alguns pontos de localização sugeridos pelos resultados de ambos os métodos.

3. Resultados e discussões

As profundidades e as análises granulométricas dos horizontes do Planossolo Háplico (P2) e do Argissolo Vermelho (P3) são apresentadas na Tabela 1.

Tabela I - Profundidades e texturas dos horizontes do Planossolo Háplico (P2) e do Argissolo Vermelho (P3).

Planossolo Háplico (P2)				**Argissolo Vermelho (P3)**			
Horizonte	**Prof. (cm)**	**Areia (g kg^{-1})**	**Argila (g kg^{-1})**	**Horizonte**	**Prof. (cm)**	**Areia (g kg^{-1})**	**Argila (g kg^{-1})**
A	0-8	809	99	A	0-10	544	307
AE	8-22	876	43	E	10-26	568	260
E	22-69	831	92	BA	26-48	486	349
Bt1	69-92	564	388	Bt1	48-65	482	396
Bt2	92-133	441	443	Bt2	65-86	421	421
Bt3	133-155^{+}	513	367	Bt3	86-108	212	657
-	-	-	-	Bt4	108-147^{+}	112	779

O Planossolo Háplico tem os primeiros três horizontes com matriz tipicamente arenosa, com os teores de argila menores que 100 g kg^{-1}. O aspecto mais relevante neste solo é a mudança textural abrupta que ocorre na transição do horizonte E para o Bt1. Nesta transição acontece um aumento de 4,2 vezes nos teores de argila em Bt1. Por outro lado, o Argissolo Vermelho apresenta valores relativamente altos dos teores de argila desde a superfície, aumentando ainda mais em profundidade. As disposições das barras de ferro no P2 e P3 são apresentadas na Figura 2.

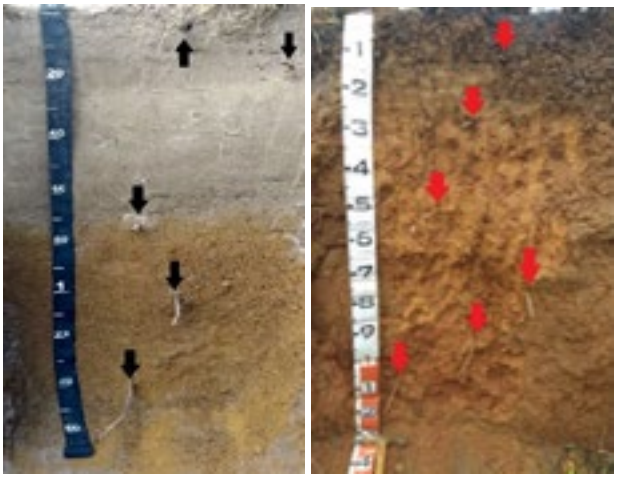


Figura 2 - Disposição das barras de ferro no P2 (à esquerda) e do P3 (à direita). As setas indicam onde as barras foram inseridas na parede do perfil. Em ambos os casos o sentido do caminhamento com o GPR foi da esquerda para direita.

No radargrama do Planossolo as três primeiras transições (sob forma de hipérboles) foram demarcadas (Figura 3). A maior profundidade da barra de ferro vista neste radargrama foi de 69 cm, que marca a transição do horizonte E para o Bt1 onde aparece uma feição que pode ser caracterizada como a base do horizonte E (demarcada em amarelo). Depois, ao analisar a velocidade do pulso eletromagnético no radargrama deste solo no ReflexW, foi possível gerar um modelo de profundidade a partir da velocidade do pulso de 0,145 m/ns. Esse modelo possibilitou o ajuste das profundidades das três barras no radargrama com as profundidades reais de campo.

No Argissolo Vermelho também houve a demarcação das hipérboles das primeiras três transições, embora sejam menos expressivas e mais rasas (profundidade máxima de 48 cm) (Figura 4), devido aos maiores teores de argila neste solo que dissipam o sinal (DOOLITTLE; COLLINS, 1995), o que pode explicar a ausência de feições que poderiam marcar no aumento de 236 g kg^{-1} de argila de Bt2 para Bt3 (Tabela 1). Também, não foi possível visualizar qualquer feição na profundidade referente à transição do horizonte E deste solo, possivelmente devido aos baixos contrastes de materiais em relação aos horizontes sub e sobrejacente (diferente do que é visto na transição do horizonte E para o Bt1 do Planossolo) (De BENEDETTO et al.,

2010). No Argissolo Vermelho a velocidade medida foi de 0,175 m/ns, o que também ajustou as três profundidades vistas no radargrama com as de campo (Figura 4).

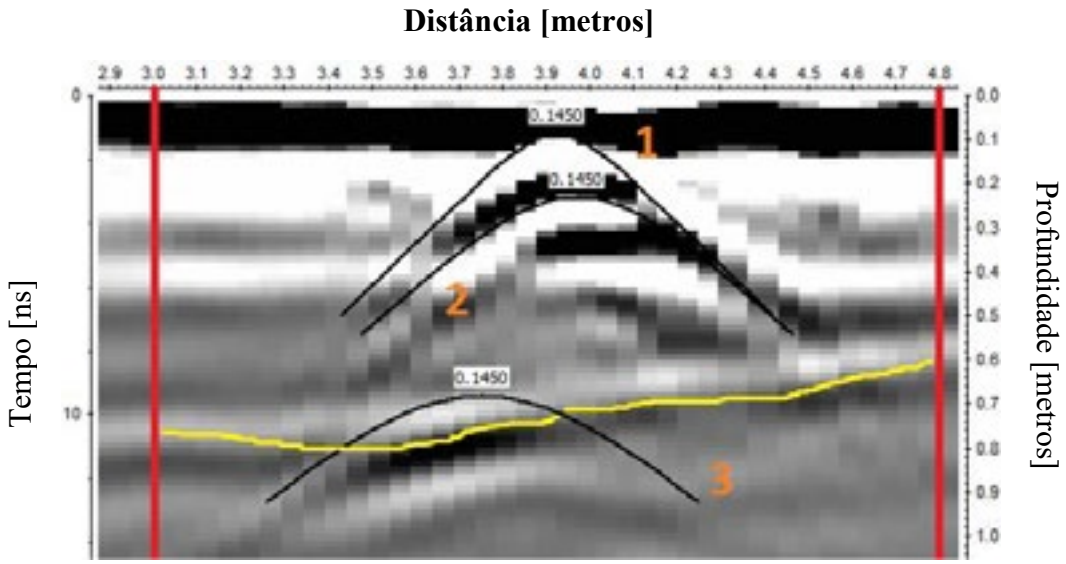


Figura 3 - Radargrama do perfil P2 mostrando a velocidade de pulso estimada a partir das hipérboles ajustadas (em preto), as linhas vermelhas indicam os limites laterais da parede do perfil e a linha amarela mostra a transição do horizonte do horizonte E para Bt1. Os números em laranja indicam as transições dos horizontes, de cima para baixo (conforme a Tabela 1).

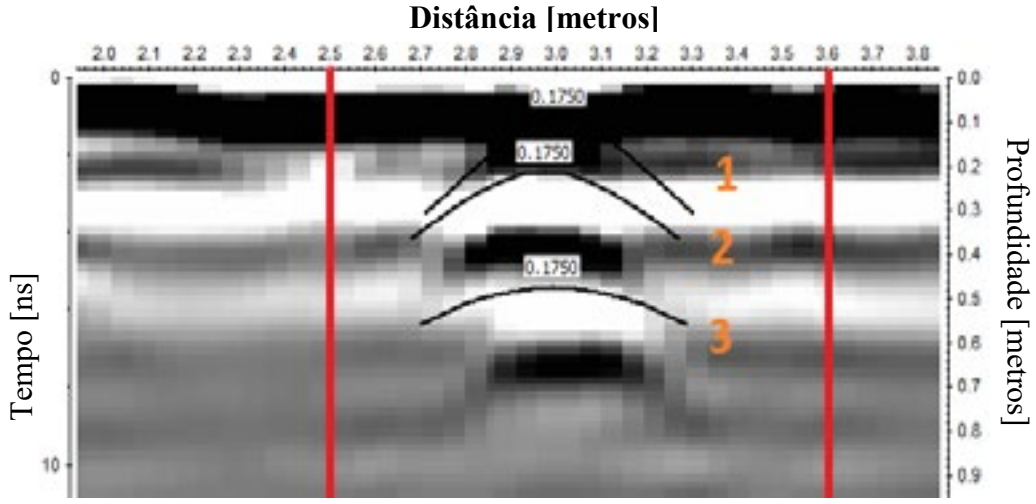


Figura 4 - Radargrama do perfil P3 mostrando a velocidade de pulso estimada a partir das hipérboles ajustadas (em preto), enquanto que as linhas vermelhas indicam os limites laterais da parede do perfil. Os números em laranja indicam as transições dos horizontes, de cima para baixo (conforme a Tabela 1).

A feição em amarelo apresentada na Figura 3 foi confirmada como sendo a transição do horizonte E para o Bt1 a partir da posição da barra de ferro de 69 cm, de acordo com o modelo de profundidade calibrado. Assim, esta feição serve como uma camada guia da base do horizonte E que se estende pelo radargrama individual do Planossolo, servindo como indicador desta classe de solo no radargrama do transecto.

Como a transição do horizonte E para o Bt1 do Planossolo é a característica mais distintiva dentre os dois solos, considerando os radargramas individuais, preferiu-se investigar o limite entre ambas as classes com o GPR utilizando o comportamento teórico do horizonte E visível no radargrama do transecto. Assim, a velocidade escolhida para gerar um modelo de profundidade para todo o transecto foi a de 0,145 m/ns.

Contudo, como houve diferenças nos ajustes das velocidades entre o Argissolo (0,175 m/ns) e o Planossolo (0,145 m/ns), as profundidades do radargrama do transecto fazem sentido apenas enquanto for evidente a base do horizonte E do Planossolo no radargrama. Para o restante do radargrama (que seria, teoricamente, a área onde representa o Argissolo Vermelho), as profundidades representadas seriam diferentes das que são vistas em campo.

Em relação aos dados de tório equivalente obtidos com o gamaespectrômetro, o semivariograma das concentrações é mostrado na Figura 5. Seu alcance máximo no transecto estudado é de 70 m.

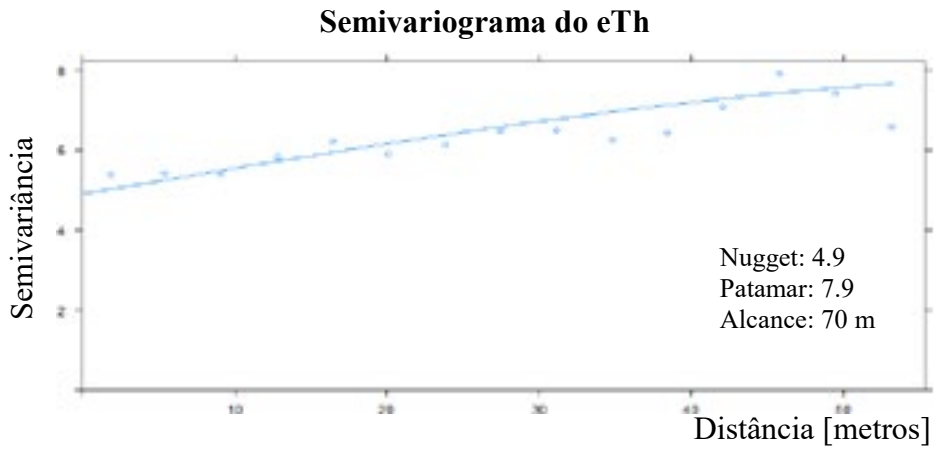


Figura 5 - Semivariograma teórico ajustado do eTh.

O mapa krigado de tório equivalente plotado em ArcGis é apresentado na Figura 6. É possível observar que as maiores concentrações estão nas regiões mais elevadas do transecto, enquanto que as menores foram detectadas na parte baixa. Na área mais alta está o campo do Argissolo Vermelho, com horizontes mais argilosos desde a superfície do solo (Tabela 1), o que acarreta no maior acúmulo do tório equivalente devido à forte adsorção por parte da fração argila (DICKSON; SCOTT, 1997).

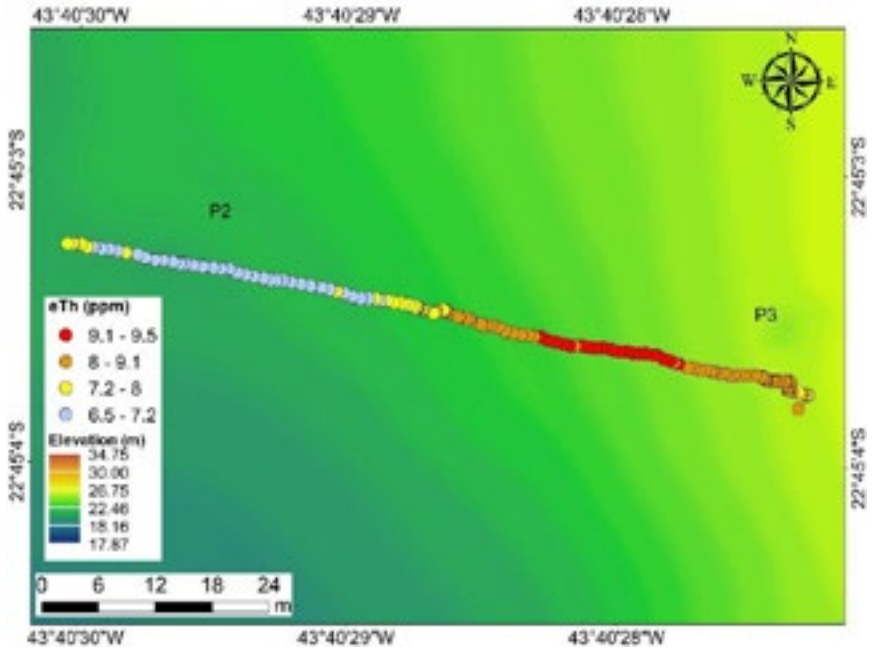


Figura 6 - Mapa de concentração de tório equivalente ao longo do transecto, com o modelo digital de elevação do terreno no fundo.

A fim de comparar os resultados das duas técnicas geofísicas, as imagens foram ajustadas e alinhadas para melhor visualização dos resultados. Ressalta-se que os caminhamentos do GPR e do gamaespectômetro têm o mesmo comprimento total, bem como foram realizados sobre o mesmo transecto. No caso do radargrama do transecto com o modelo de profundidade ajustado com o valor de 0,145 m/ns, estendeu-se a camada guia da base do horizonte E lateralmente (demarcada em amarelo) até a distância em que não houve mais

correlação visual. Na mesma posição de dissipação da camada guia é possível ver no mapa de tório equivalente uma transição entre os valores mais baixos para os mais altos (Figura 7).

Ao comparar o limite da feição referente à base do horizonte E no radargrama com a distribuição do elemento tório, nota-se que há uma concordância dos dados, mostrando que o horizonte E do Planossolo termina na localização onde ocorre o aumento dos valores tório equivalente. Ao tradar pontos próximos à localidade de transição de solos sugeridas pelos sensores, observou-se que a base do horizonte E termina na localidade de ocorrência dos altos teores de argila (medida pelo método expedito), marcando a passagem da zona de ocorrência do Planossolo para a do Argissolo.

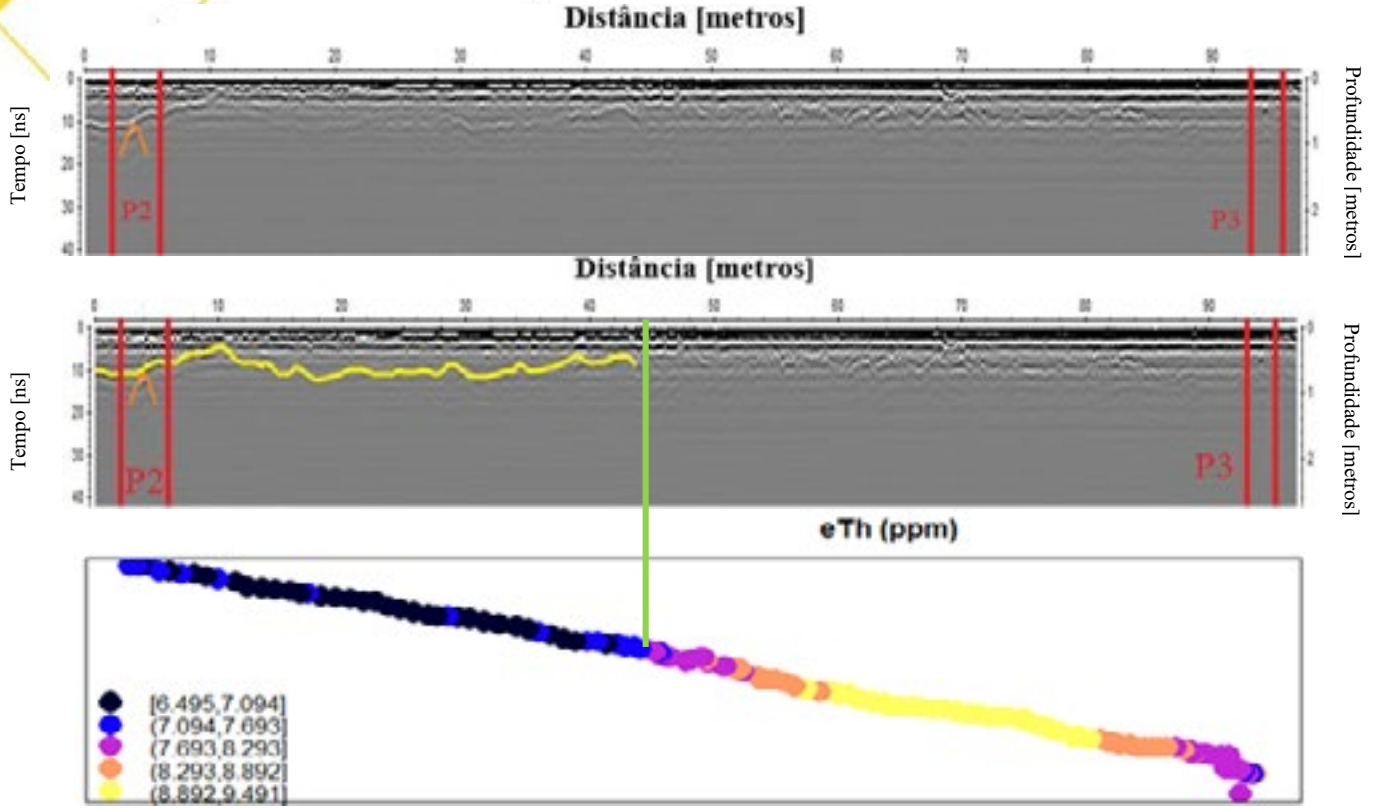


Figura 7 - Comparação do radargrama com o mapa de tório ao longo do mesmo transecto. Na primeira imagem foram delimitados os dois perfis (em vermelho) e a hipérbole referente à base do horizonte E (em laranja) do Planossolo. Na segunda imagem foi demarcada a base do horizonte E até seu limite visto no radargrama (em amarelo). Na terceira imagem está o resultado da krigagem da concentração de tório equivalente ao longo do transecto. A linha verde marca a distância (cerca de 44 metros da esquerda para direita) do final do horizonte E (na segunda imagem) que coincide com o início dos valores mais elevados das concentrações de tório equivalente (na terceira imagem).

4. Considerações finais

A análise integrada do GPR portando uma antena monoestática de 450 MHz (associada às barras de ferro) com o gamaespectômetro mostrou-se útil na estipulação do limite entre essas duas classes de solo com características físicas distintas.

A utilização de trado holandês corroborou os limites dos tipos de solos sugeridos pelos dois sensores, mostrando potencial para utilização integrada de técnicas geofísicas distintas no estudo de mapeamento de solos.

5. Agradecimentos

Este estudo foi realizado com o apoio técnico e logístico do Laboratório de Água e Solo em Agroecossistemas (LASA) do Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). Os autores agradecem à Embrapa Agrobiologia, à UFRRJ e à Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (Pesagro), que, juntas, mantêm a Fazenda Agroecológica onde o estudo foi realizado. Também, o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6. Referências Bibliográficas

DE BENEDETTO, D.; CASTRIGNANÒ, A.; SOLLITTO, D.; MODUGNO, F. Spatial relationship between clay content and geophysical data. **Clay Minerals**, v. 45, p. 197–207, 2010.

DICKSON, B.L.; SCOTT, K.M. Interpretation of aerial gamma-ray surveys-adding the geochemical factors. **Journal of Australian Geology & Geophysics**, v. 17, n. 2, p. 187-200, 1997.

DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análise de solos.** 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

DOOLITTLE, J.A.; COLLINS, M.E. Use of soil information to determine application of ground penetrating radar. Journal of Applied Geophysics, v. 33, p. 101-108, 1995.

DOWDALL, M.; O'DEA, J. $^{226}Ra/^{238}U$ disequilibrium in an upland organic soil exhibiting elevated natural radioactivity. **Journal of Environmental Radioactivity**, v. 59, p. 91-104, 2002.

JACOB, R.W.; URBANL, T.M. Ground-Penetrating Radar Velocity Determination and Precision Estimates Using Common-Mid-Point (CMP) Collection with Hand-Picking, Semblance Analysis, and Cross-Correlation Analysis: a Case Study and Tutorial for Archaeologists. **Faculty Journal Articles**, p. 1-18, 2015.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018.

SANDMEIER, K.J. ReflexW Version 7.5. Program for processing of seismic, acoustic or electromagnetic reflection, refraction and transmission data. Manual do Software. Karlsruhe, Germany, 2009. 345 p.

SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A.; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS, R.D.; SANTOS, H.G.; KER, J.C.; ANJOS, L.H.C.; SHIMIZU, S.H. **Manual de descrição e coletas de solos no campo**. 7.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 101 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Unidades de Paisagem no Alto Sertão Sergipano

Riclaudio Silva Santos [(a)], Daniel Rodrigues de Lira [(b)], Cristiano Aprígio dos Santos [(c)], Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto [(d)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, riclaudio.silva@hotmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, dniellira@ufs.br

[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, aprigeo@gmail.com

[(d)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, josefaeliane@ufs.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo do presente artigo é tecer considerações a respeito das unidades de paisagens do Alto Sertão Sergipano, abrangendo os sete municípios deste território, sendo este, parte de uma série de estudos a respeito da área em questão. Por meio do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, aliados às pesquisas de campo, foi possível construir uma síntese das unidades de paisagens (geossistemas) presentes na área de estudo. Após a validação das informações geradas com a cartografia de paisagem, estas possibilitaram a ampliação da escala de análise (chegando a escala local), permitindo o reconhecimento de diferentes Geofácies/Geótopos. Contribuindo assim, no entendimento do arranjo estrutural e das relações entre os elementos do meio ambiente, entendendo o encadeamento sociedade-natureza enquanto indivisível.

Palavras chave: Geossistema; Cartografia de Paisagem; Geoprocessamento; Semiárido.

1. Introdução

Os estudos dos geossistemas contribuem para o entendimento da estrutura e relação entre os elementos naturais presentes no espaço. A paisagem se apresenta enquanto um complexo de relações dos fenômenos geográficos, e todo fenômeno se materializa no espaço e produz uma paisagem, que por sua vez torna-se a chave para a compreensão das questões geográficas.

Na busca pela compreensão das questões geográficas o geossistema contribui no sentido de entender o arranjo estrutural e as relações entre os elementos do meio ambiente, entendo ainda a relação sociedade-natureza enquanto indivisível. O geossistema permite elucidar sem discriminação e sem hierarquizações prévias a totalidade do "complexo geográfico natural" (BERTRAND & BERTRAND, 2009).

A área de estudo (Figura 1) corresponde aos municípios do território do Alto Sertão Sergipano. São eles: Nossa Senhora da Glória, Monte Alegre, Canindé do São Francisco, Poço Redondo, Porto da Folha, Gararu e Nossa Senhora de Lourdes, totalizando uma área de 4.908,20 Km².

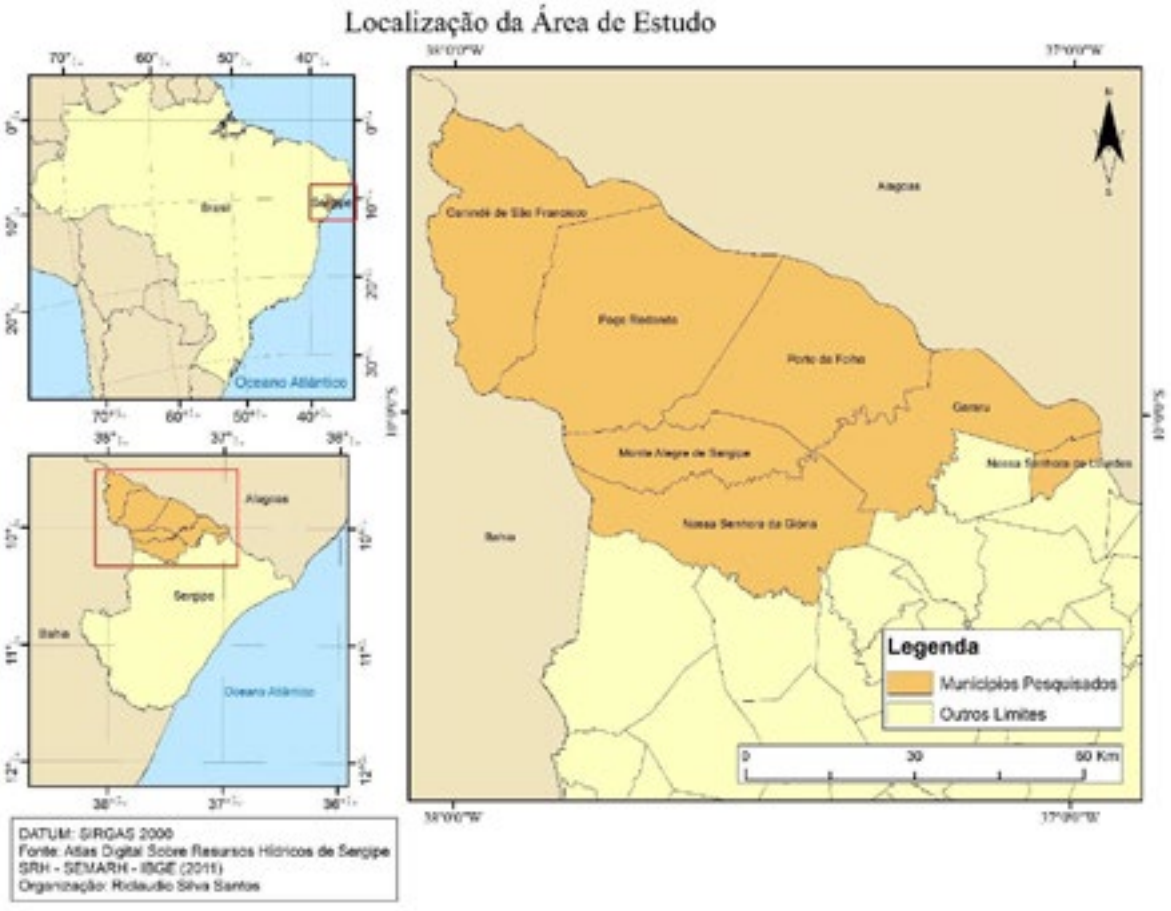


Figura 1 - Localização dos Municípios Pesquisados. Fonte: Adaptado de SANTOS, 2018.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A cartografia de paisagem apresenta preocupação com a representação de complexos naturais, levando em consideração a interação dos elementos entre os componentes da natureza, como relevo, solos, biota, entre outros. E por fornecer informações integradas dos elementos e processos do meio ambiente, a cartografia de paisagem é de grande importância para o planejamento ambiental (CAVALCANTI, 2014).

Com o objetivo de reconhecer as diferentes paisagens naturais que compõem o território do Alto Sertão sergipano optou-se pela investigação das suas características em diferentes escalas de análise. Por meio do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, assim como os trabalhos de campo, foram investigadas as características básicas que estruturam as unidades da paisagem da área de estudo. A investigação foi realizada tanto em escalas intermediárias como em grande escala.

2. Materiais e Métodos

Para a investigação em escala intermediária foram analisados de maneira integrada as informações a respeito da geomorfologia, composição da vegetação natural, e uso e ocupação da terra.

As informações referentes à composição geomorfológica do Alto Sertão sergipano foram obtidas por meio de estudos realizados previamente (SANTOS, 2016) que contribuíram com informações referentes as unidades morfoesculturais do território, permitindo verificar sua relação com a distribuição da cobertura vegetal.

A composição da vegetação natural foi analisada a partir dos resultados obtidos por meio da aplicação do NDVI (SANTOS, 2018). Já o uso e ocupação da terra foram obtidos por meio do relatório técnico Projeto Levantamento e Classificação do Uso da Terra, Uso da Terra no Estado de Sergipe (IBGE 2011). Desta forma foi possível construir uma carta síntese das unidades de paisagem presentes no território do Alto Sertão Sergipano.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Na validação dos dados obtidos com a cartografia de paisagens o trabalho de campo foi essencial para a confirmação das informações geradas, correção dessas informações e ampliação da escala de análise (chegando a escala local), permitindo o reconhecimento de diferentes Geofácies/Geótopos. Os dados foram analisados por meio de 21 diferentes pontos de controle, dos quais 7 (sete) foram selecionados para representar os diferentes Geofácies/Geótopos de cada um dos municípios em questão (Figura 2). A seleção dos pontos para investigação das unidades das paisagens na escala dos Geofácies/Geótopos teve como um dos critérios os locais onde os componentes ambientais não se repetiam de maneira idêntica, visando abranger uma maior diversidade entre as diferentes paisagens observadas.

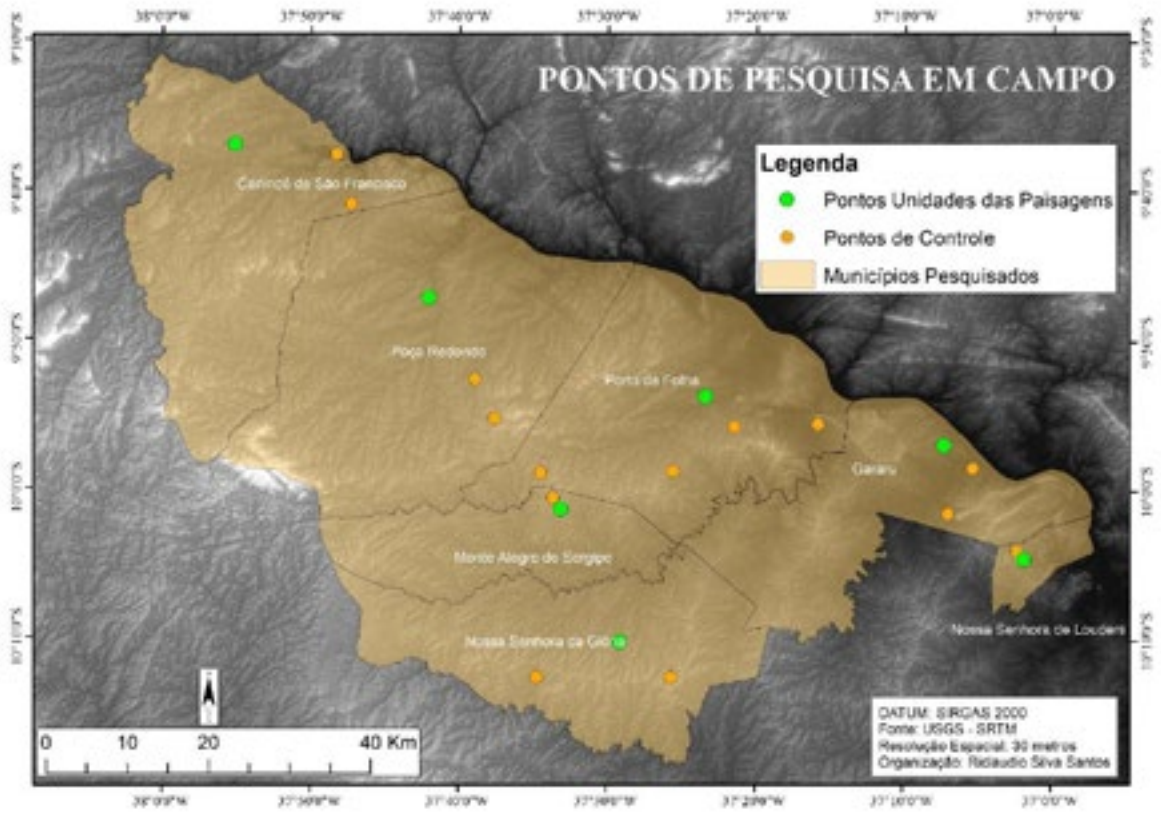


Figura 2 – Pontos de Pesquisa em Campo.

No caso dos Geofáceis/Geótopos, optou-se por utilizar a metodologia proposta em Passos (2016), onde por meio de uma fotografia é possível identificar a unidade de paisagem de uma porção do município, e a partir dela criar uma representação da mesma, caracterizando seus Geofáceis/Geótopos.

3. Resultados e Discussões

É possível observar na Figura 3 as unidades das paisagens do Alto Sertão Sergipano, destacando a composição da vegetação em relação aos diferentes contextos geomorfológicos, assim como a interferência antrópica presente no semiárido sergipano.

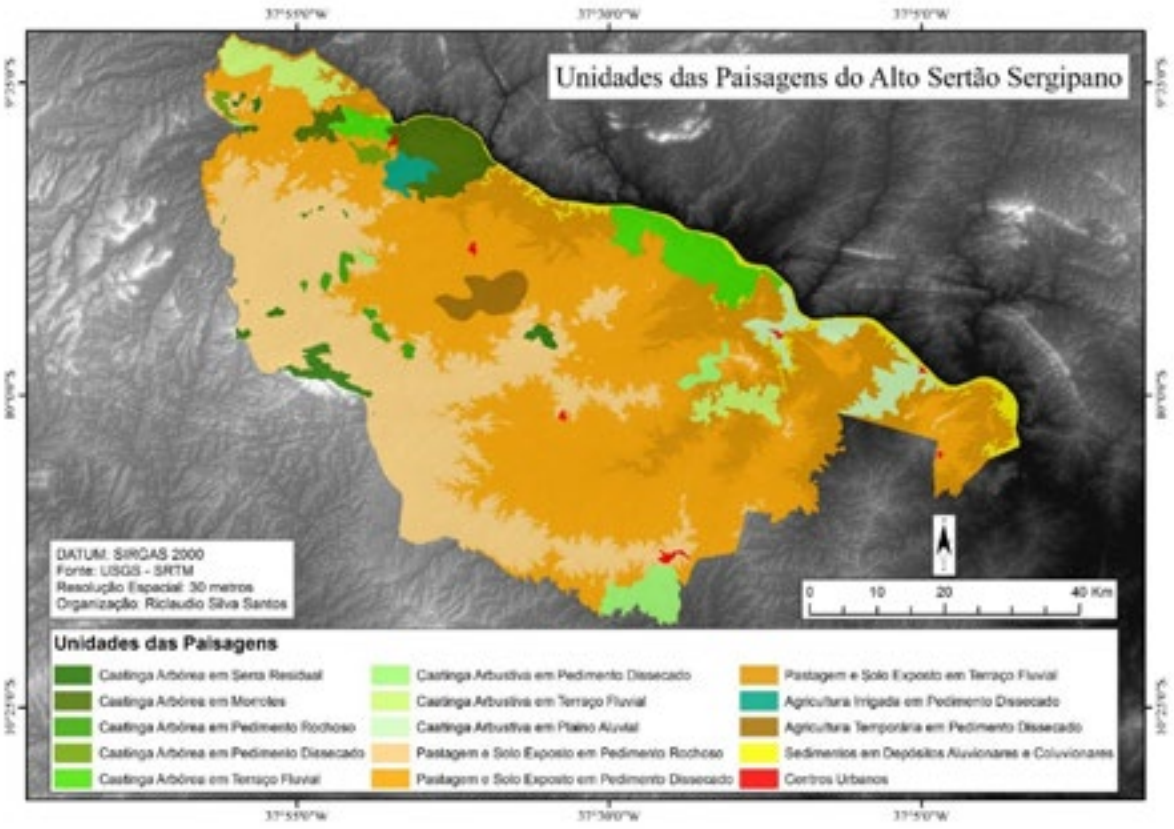


Figura 3 - Unidades das Paisagens do Alto Sertão Sergipano. Fonte: Adaptado de SANTOS, 2018.

ISBN: 978-85-7282-778-2

No município de Canindé de São Francisco (Figura 4-A), observou-se uma unidade de paisagem estruturada por afloramentos rochosos, vegetação de caatinga arbustiva em relevo acidentado, solo exposto com regolito, caatinga arbustiva dispersa e solo exposto com vegetação herbácea.

Os afloramentos rochosos consistem em rochas do Complexo Canindé, de natureza metavulcânicas e metassedimentares, com destaque para os quartzitos e granitos. Devido ao relevo acidentado, a interferência antrópica neste recorte da paisagem apresenta-se de maneira reduzida. No que compete ao uso da mesma para atividades agropecuárias a implementação de maquinários é dificultada não apenas pelo relevo, mas também pelos condicionantes pedológicos dos luvissolos háplicos, rasos e rochosos. As pastagens estão presentes em áreas adjacentes onde o relevo se apresenta mais plano. A cobertura vegetal natural é composta principalmente pela caatinga arbustiva, em algumas áreas apresentando-se de maneira mais concentrada, e em outras mais dispersa, chegando a áreas de solo exposto e vegetação herbácea.

Na unidade de paisagem destacada para o município de Poço Redondo (Figura 4-B), estão presentes cactáceas, indivíduos arbóreos isolados, afloramentos rochosos, e áreas de solo exposto com vegetação herbácea. As rochas presentes neste recorte da paisagem são granitos (Granitóides tipo Glória). Apresentando também luvissolos háplicos, rasos e rochosos. Com constante presença dos afloramentos rochosos no solo. A respeito da cobertura vegetal cabe destacar as cactáceas que se desenvolvem bem nesse contexto de clima semiárido, solos rasos e afloramentos. Além dos afloramentos rochosos a cobertura do solo é composta principalmente de áreas de solo exposto e vegetação herbácea, tanto da caatinga natural como pastagens de origem antrópica. Estão presentes ainda indivíduos arbóreos isolados.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Os municípios de Canindé de São Francisco e Poço Redondo são os que apresentam as características mais severas do semiárido no território do Alto Sertão Sergipano. Com uma caatinga hiperxerófila, em ambientes com as menores precipitações atmosféricas entre os municípios pesquisados. Há problemas sobretudo no comportamento cronológico das chuvas causando impacto na vegetação e na atividade agrícola. A relação sociedade-natureza nesses municípios engloba um conjunto de atividades antrópicas sobrepostas à condicionantes naturais de extrema fragilidade ambiental. Onde as áreas que indicam um maior estado de conservação são aquelas que apresentam algum obstáculo para a exploração das atividades agropecuárias.

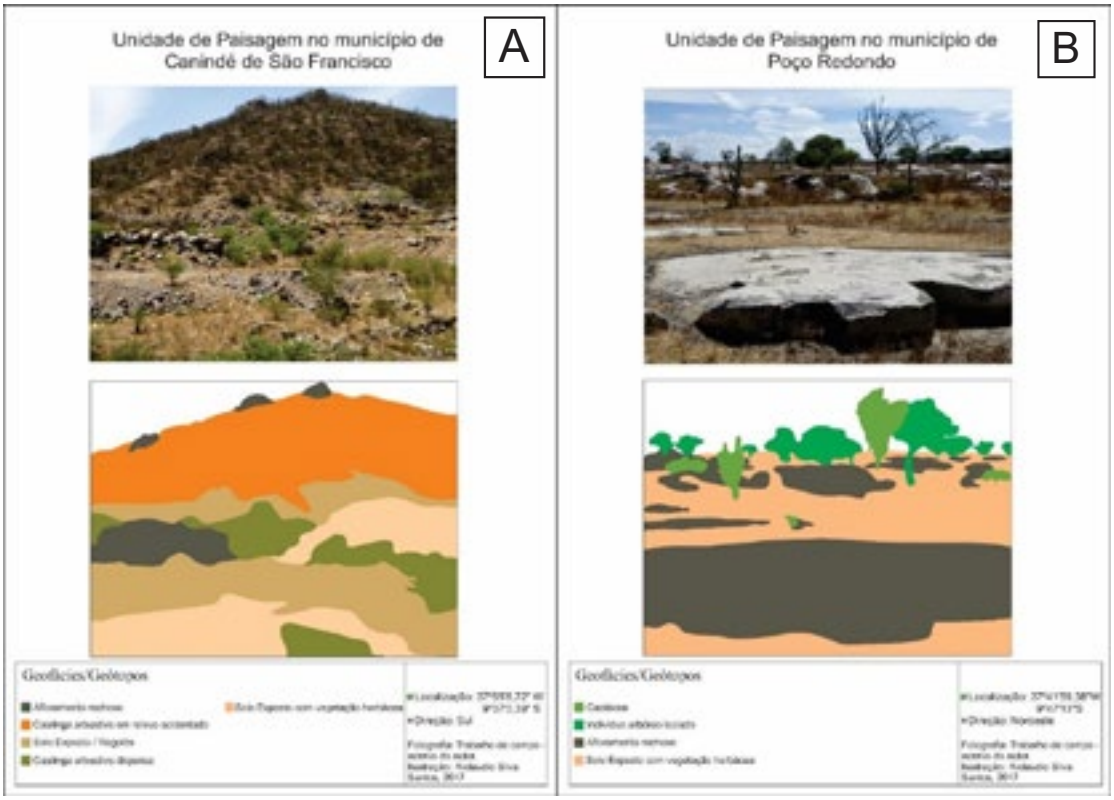


Figura 4 – Unidades de Paisagens nos municípios de Canindé de São Francisco (A) e Poço Redondo (B). Fonte: Adaptado de SANTOS, 2018.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A unidade de paisagem referente ao município de Monte Alegre de Sergipe (Figura 5-A) apresenta-se estruturada por cactáceas, indivíduos arbóreos isolados, caatinga arbórea e pastagem com vegetação herbácea. Apesar de não apresentar afloramentos rochosos, este recorte da paisagem faz parte do contexto geológico do Domínio Marancó, caracterizado pelos litotipos do Complexo Marancó. Um conjunto litológico bastante diversificado.

Neste fragmento, as pastagens apresentam sua predominância frente a cobertura natural da caatinga. O que se tem de vegetação natural são indivíduos arbóreos isolados e pequenas áreas de cobertura da caatinga arbórea, normalmente associados a relevos mais acidentados. A soberania das pastagens nas unidades de paisagens reflete o uso da terra nesse município, voltado a atividades agropecuárias. Ainda é notório que as características ambientais do semiárido estão presentes neste contexto paisagístico, mesmo que em um menor grau de severidade, se comparado com os municípios anteriormente citados.

A unidade de paisagem inserida no município de Porto da Folha (Figura 5-B), deve-se ressaltar entre os geofácies/geótopos: cactáceas; pastagem; canal fluvial intermitente; caatinga arbórea espaçada com pastagem; e caatinga arbórea/arbustiva em relevo ondulado. Mesmo apresentando as cactáceas características do semiárido, este município demonstra atributos fitogeográficos diferenciados (destacando a proximidade com o Rio São Francisco), a vegetação natural apresenta-se de maneira mais vigorosa nas áreas com menor interferência antrópica. Salientando ainda o canal fluvial intermitente, afluente do Rio Campos Novos. As pastagens também possuem posição de destaque na paisagem, estando presentes na maioria das áreas de relevo plano, e em contrapartida, com uma maior frequência da cobertura vegetal natural da caatinga arbórea/arbustiva em áreas de relevo ondulado.

Ao analisar a estrutura das paisagens destes dois municípios é possível perceber tanto o domínio das pastagens nestas áreas, como uma contenção da vegetação natural em áreas de relevo ondulado. E apesar de possuírem um contexto ambiental um pouco diferenciado, se

ISBN: 978-85-7282-778-2

comparado com as unidades de paisagem mais a oeste, estão inseridas na mesma lógica de exploração antrópica focada em atividades agropecuárias.

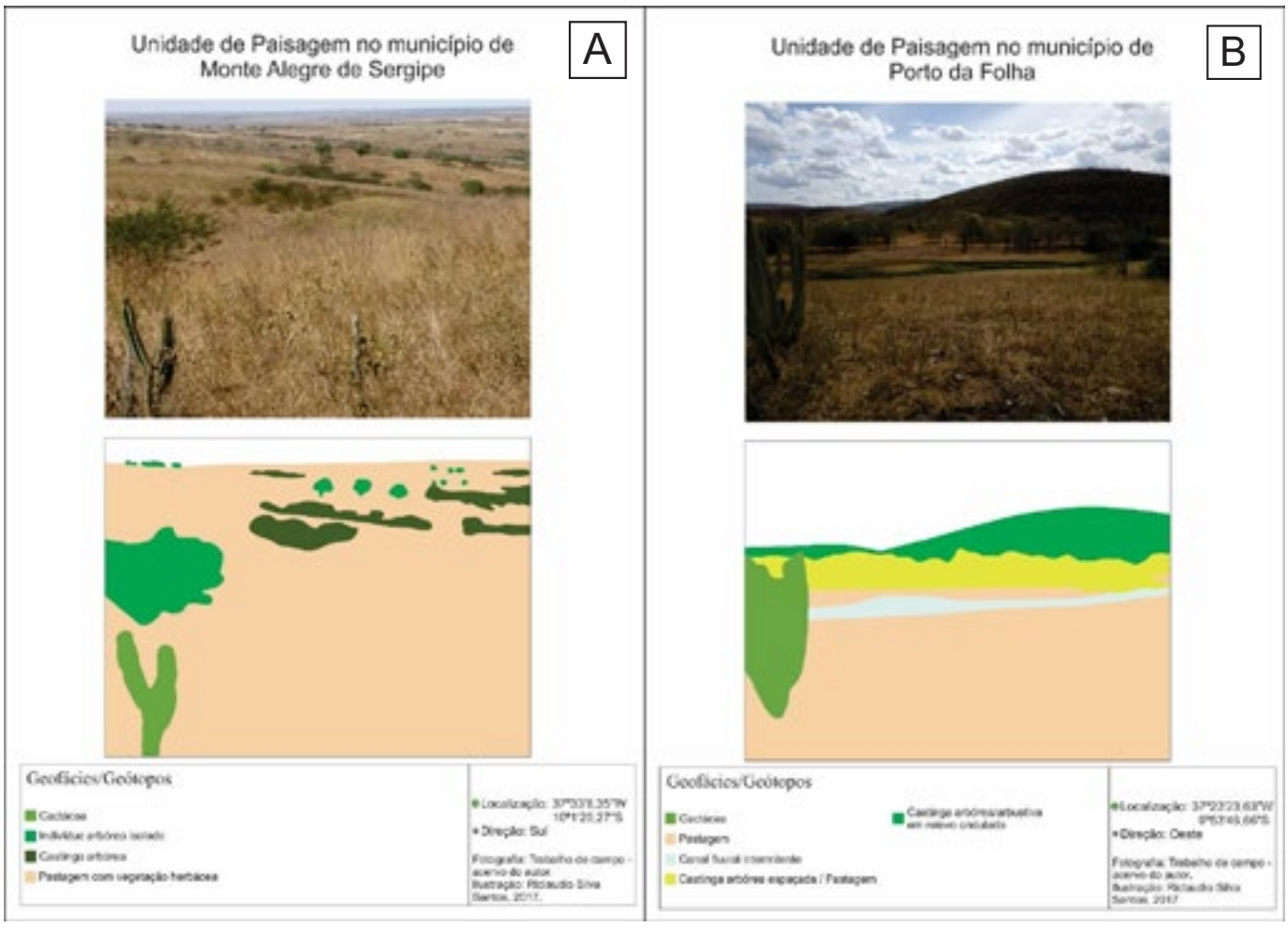


Figura 5 – Unidades de Paisagens nos municípios de Monte Alegre de Sergipe (A) e Porto da Folha (B). Fonte: Adaptado de SANTOS, 2018.

A unidade de paisagem destacada para o município de Nossa Senhora da Glória (Figura 6-A) é composta por um inselberg isolado na paisagem, e a pastagem característica do município. O afloramento rochoso referente ao inselberg está inserido no contexto dos Granitóides tipo Xingó. As pastagens estão presentes em diversas áreas do município e

deixam claro a posição de destaque que a pecuária possui entre as atividades do meio rural. Em contrapartida o mesmo não apresenta áreas de cobertura vegetal natural significativa.

No município de Gararu (Figura 6-B), a unidade de paisagem destacada é formada pela caatinga arbustiva, caatinga arbórea, indivíduos arbóreos isolados, e solo exposto. Este município está entre os que mais apresentam áreas de cobertura natural no Território do Alto Sertão Sergipano, estando em um contexto de relevo ondulado (falha geológica entre os Complexos Canindé e Marancó). A paisagem é formada principalmente pelas caatinga arbustiva e caatinga arbórea, apresentando pequenas áreas de solo exposto e cultivos agrícolas próximos às áreas habitadas. Os solos são predominantemente neossolos litólicos.

O município de Garura apresenta ainda na sua porção mais a leste a área com o maior nível de precipitação entre os municípios pesquisados, chegando a 1300 mm anuais de acordo com os dados da SRH – SEMARH. Sua localização mais próxima ao agreste justifica essa característica. Na unidade de paisagem referente ao município de Nossa Senhora de Lourdes (Figura 6-C), pode-se destacar a cobertura da caatinga herbácea, pastagem, um canal fluvial intermitente e arbusto isolado.

Juntamente com Gararu, o município de Nossa Senhora de Lourdes apresenta as maiores taxas de precipitação, chegando a 1100 mm. E isto é percebido na paisagem formada principalmente pela cobertura da caatinga hipoxerófila. Mesmo possuindo a menor extensão entre todos os municípios o mesmo também está inserido nas atividades agropecuárias, principalmente na criação do gado. As pastagens são constantes o ocupam diversas áreas do município. Não são observadas áreas significativas de solo exposto, e nas áreas onde não há atividade antrópica recente a cobertura vegetal tende a demonstrar um melhor estado de regeneração se comparado às áreas de condicionantes semiáridos mais severos.

Cabe ratificar que os municípios de Gararu e Nossa Senhora de Lourdes estão inseridos em um contexto ambiental um pouco diferenciado ao restante do território do Alto

ISBN: 978-85-7282-778-2

Sertão Sergipano, contando com uma maior oferta hídrica proveniente das precipitações atmosféricas. No caso de Gararu isto vale para a sua porção mais a leste.

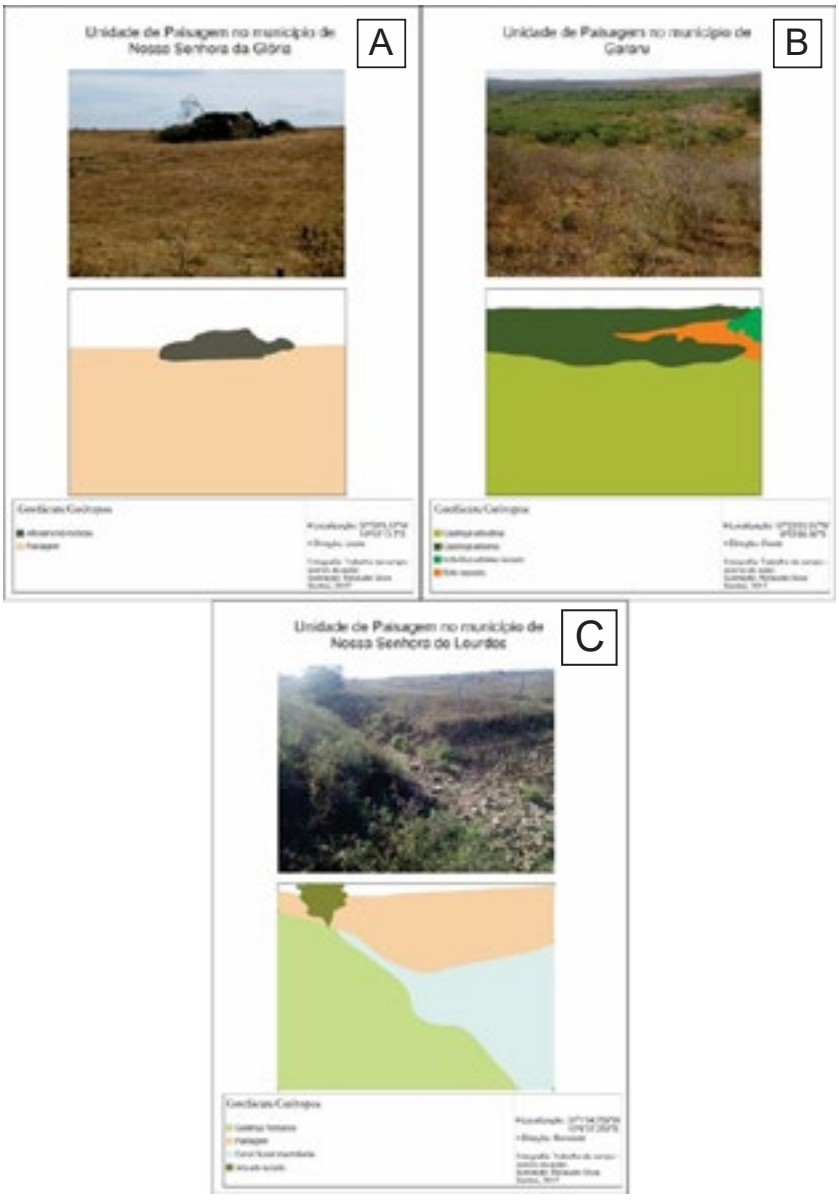


Figura 6 - Unidades de Paisagens nos municípios de Nossa Senhora da Glória (A), Gararu (B) e Nossa Senhora de Lourdes (C). Fonte: Adaptado de SANTOS, 2018.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações Finais

Na análise das unidades de paisagem presentes no Alto Sertão Sergipano ficou claro a predominância das pastagens em todos os municípios, refletindo a posição de destaque das atividades agropecuárias para o território em análise. Desde os municípios com características semiáridas mais severas, aos que possuem uma maior oferta pluviométrica, as pastagens são constantes no que compete a estrutura das paisagens.

Os estudos a respeito dos componentes ambientais, sejam eles em escalas intermediárias ou na escala local, permitem construir um conjunto de informações a respeito da estrutura e das relações dentro dos sistemas naturais, e destes com a interferência antrópica. Deste modo contribuindo para um melhor planejamento das atividades antrópicas, e no caso específico, para as atividades implementadas no semiárido, levando em conta suas possibilidades e limitações.

Referências Bibliográficas

BERTRAND, Claude & BERTRAND, Georges. O sistema GTP (Geossistema, Território, Paisagem) O retorno do Geográfico? (cap. IV). In: **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Organizador: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Ed. Massoni, 2009. 360p.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos.** São Paulo. Oficina de Textos, 2014.

IBGE. **Projeto Levantamento e Classificação do Uso da Terra.** Uso da Terra no Estado de Sergipe. Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2011.

PASSOS, Messias Modesto dos. O MODELO GTP (GEOSSISTEMA - TERRITÓRIO - PAISAGEM) COMO TRABALHAR? **Revista Equador** (UFPI), Vol. 5, Nº 1. Edição Especial 1, p.1-179. 2016.

SANTOS, Riclaudio Silva. **Análise integrada da paisagem do geocomplexo alto sertão sergipano.** 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2018.

SANTOS, R. S. Et al. Mapeamento Geomorfológico do Alto Sertão Sergipano, Através de Aplicações Geotecnológicas. In: **XI SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia**, 2016, Maringá / PR. ANAIS DO 11º SINAGEO, 2016.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Uso de Veículo aéreo não tripulado na caracterização de uma voçoroca localizada em Rio Claro - RJ

Fabrizio do Nascimento Garritano[(a)], Antonio José Teixeira Guerra [(b)]

[(a)] Mestrando, PPGG – UFRJ , fkbgarritano@hotmail.com

[(b)] Professor Titular, Departamento de Geografia – UFRJ, antoniotguerra@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) vem ganhando cada vez mais destaque na comunidade científica por sua praticidade em obter fotografias aéreas e auxiliar alguns tipos de pesquisas, como as relacionadas à geomorfologia. Dentro desta área, o VANT auxiliará na classificação e identificação de feições erosivas, possibilitará a realização de cálculos e elaboração de perfis transversais e longitudinais da feição estudada. Desta forma, este trabalho irá caracterizar uma voçoroca localizada no alto curso do rio Piraí, município de Rio Claro – RJ. A caracterização foi toda elaborada de acordo com os resultados obtidos através do processamento digital das imagens obtidas com VANT, que permitiram um diagnóstico completo do estado atual do processo erosivo, que ocorre na encosta estudada.

Palavras chave: VANTs, geomorfologia, voçoroca, processamento digital, diagnóstico

1. Introdução

A intensa exploração dos solos no Brasil e a ausência de planos de conservação contribuíram para o forte processo de degradação que atinge hoje muitas regiões no país, e vem causando drásticas consequências em muitas áreas, como a perda de solo em encostas, dada pelo aparecimento de feições erosivas como ravinas e voçorocas. Atualmente, o tipo de prática mais aplicada nos solos brasileiros são as monoculturas e a pastagem, ambas realizadas, na maioria dos casos, com uso e manejo inadequados, que acabam por ajudar na intensificação dos processos de degradação, que causa bruscas alterações na superfície terrestre, em intervalos de tempo consideravelmente inferiores aos que ocorreriam em um processo erosivo unicamente, ou majoritariamente natural (DEVIDE, 2013). A área de estudo está localizada no alto

curso do rio Piraí, município de Rio Claro, estado do Rio de Janeiro (FIGURA 1). O município fica localizado no reverso da escarpa da Serra do Mar, sendo o rio Piraí afluente do rio Paraíba do Sul.

O histórico de uso e ocupação do vale do Paraíba, trouxe um acentuado grau de degradação dos solos para a área, onde os ciclos econômicos atuaram fortemente, desde a remoção de floresta nativa de Mata Atlântica, para exploração da cana-de-açúcar, cultura do café e abertura de áreas para atividade de pastoreio (CARVALHO, et al., 2010).

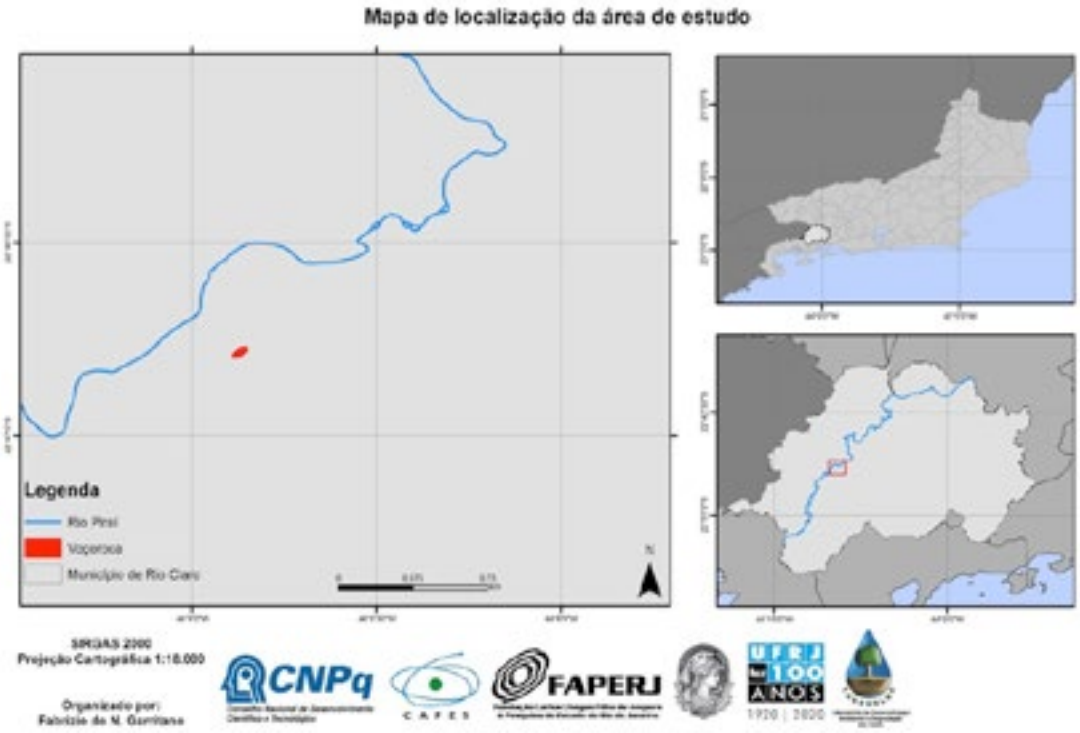


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

Dentro da pesquisa geomorfológica, existem diversos estudos sobre a erosão dos solos, entretanto, ainda são poucos os que utilizam VANTs como ferramenta. Desta forma, pode-se dizer que as inovações dentro da geomorfologia apresentam grande importância, tendo em vista serem práticas passíveis de adoção por mais

pesquisadores e órgãos gestores ambientais. Os VANTs são utilizados em trabalhos de campo na área de estudo, com objetivo de auxiliar de maneira eficaz, rápida e confiável na obtenção de imagens aéreas da área de interesse (OLTMANNS, et al., 2012; SALGADO, 2016; GARRITANO, et al., 2018).

Após a obtenção das imagens aéreas, estas devem ser processadas em *softwares* específicos, para que sejam extraídas informações de interesse. O processamento das imagens se enquadra dentro das técnicas do sensoriamento remoto e aerofotogrametria (REGO *et al*., 2016). Perez e Garcia (2017), Garritano *et al*. (2018) tratam que essas técnicas são de extrema importância para determinar solos degradados, pois com os resultados obtidos com o VANT nesta pesquisa, foi possível obter imagens de altíssima qualidade e caracterização completa da feição em um intervalo de tempo relativamente curto, se comparado a outras técnicas.

2. Materiais e Métodos

A metodologia deste trabalho se baseou primeiramente em levantamento bibliográfico sobre o tema, para que o voo e processamento das imagens seguisse o padrão determinado pela circular técnica publicada pela EMBRAPA (2018). A etapa seguinte foi o trabalho de campo, no dia 15/09/2018. Neste trabalho de campo, um voo pré-programado foi realizado através do *software* "DroneDeploy", para que fossem obtidas as imagens aéreas. Os detalhes técnicos do voo estão descritos na tabela I.

Tabela I – Dados técnicos do voo

Tempo de voo	7 minutos e 15 segundos
Altura máxima do voo	85 metros
Área coberta com as imagens	1.86 hectares
Quantidade de imagens registradas	76 imagens
Sobreposição frontal das imagens	80 %
Sobreposição lateral das imagens	75 %

O VANT utilizado para obtenção das imagens foi o DJI PHANTOM 4 PRO – OBSIDIAN EDITION 2018" (FIGURA 2).

Figura 2 – Phantom 4 Pro Obsidian 2018

De acordo com a circular técnica da EMBRAPA (2018), a sobreposição de fotos consecutivas, permite que o algoritmo do software de processamento identifique pontos em comum entre as imagens fornecendo maior precisão e qualidade. Desta forma, quanto maior os valores das sobreposições, maior será o nível de detalhamento do ortomosaico produzido.

Com as imagens aéreas obtidas, foi feito o processamento em primeiro momento no aplicativo "DroneDeploy" para a produção do ortomosaico, que permite identificar o comprimento, largura e área da voçoroca estudada. Além disso, foi possível elaborar os perfis que indicam a profundidade e a forma que a feição evolui ao longo da encosta. O mapa da área de estudo foi elaborado utilizando o *software* "ArcGis 10.3". Com a câmera RGB (*red, blue and green*) do VANT, foi possível obter imagens que permitiram realizar diagnóstico da área mapeada, no que diz respeito à

cobertura vegetal, pois cada tipo de cobertura (solo exposto ou com vegetação) responde de diferente forma aos espectros fotocromáticos da câmera do VANT.

3. Resultados e discussão

Os resultados obtidos possibilitaram caracterizar a feição de diferentes aspectos. O ortomosaico (FIGURA 3) mostra a dimensão e grau de atividade da voçoroca analisada.

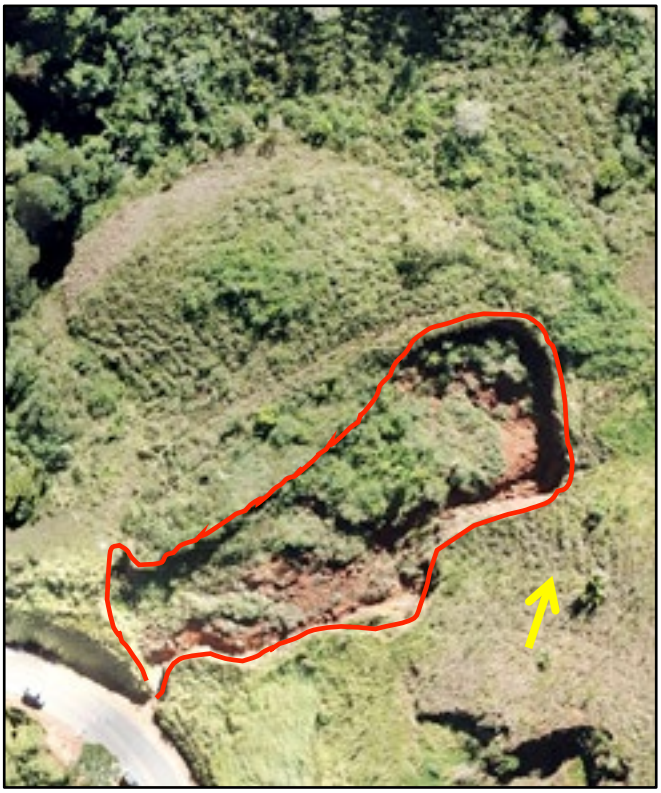


Figura 3 – Ortomosaico gerado com a delimitação da voçoroca

Com a análise desta figura, observa-se que a voçoroca atinge grandes proporções e encontra-se em processo ativo de erosão. Nota-se ainda na encosta, a presença de terracetes indicados pela seta amarela (REINERT E REICHERT, 2006; VOLK, *et al*., 2010, GUERRA, 2016, GARRITANO, et al., 2018).

A relação entre a superfície do solo, que apresenta cobertura vegetal e solo exposto (FIGURA 4), permite saber com exatidão a área da encosta que apresenta maior exposição ao efeito direto da erosão por "*splash*".

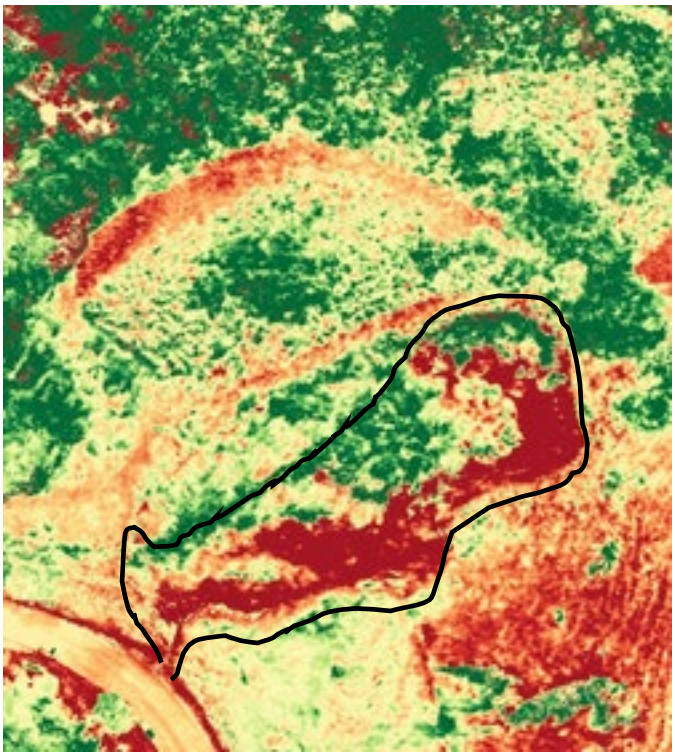


Figura 4 – Relação solo com cobertura vegetal e solo exposto

A cor verde indica solo com cobertura vegetal, por outro lado, a cor vermelha indica as partes da encosta que apresentam solo exposto. Dessa forma, nota-se que grande parte da área apresenta algum tipo de degradação dos solos, extrapolando o limite da voçoroca. Vale ressaltar que esta é uma área com uso do solo para atividade do pasto (ITPA, 2011).

Os perfis elaborados (FIGURA 5) permitem identificar a forma que a voçoroca evolui ao longo da encosta. O perfil amarelo indica o grau de declividade da feição, desde a cabeceira até a base. O perfil azul indica a largura mínima da voçoroca, na área perto da cabeceira, enquanto o perfil vermelho indica a largura máxima da feição.

É possível perceber, tanto no perfil azul quanto no vermelho, que a partir de determinado ponto, existe uma incisão muito mais profunda dentro da voçoroca, fato que é explicado pela ausência da cobertura vegetal neste ponto, conforme foi possível observar na imagem da relação entre solo coberto e exposto. Dessa forma, a água toma este caminho como sendo o preferencial, direcionando todo fluxo da água neste sentido e por sua vez, aprofundando cada vez mais a voçoroca.

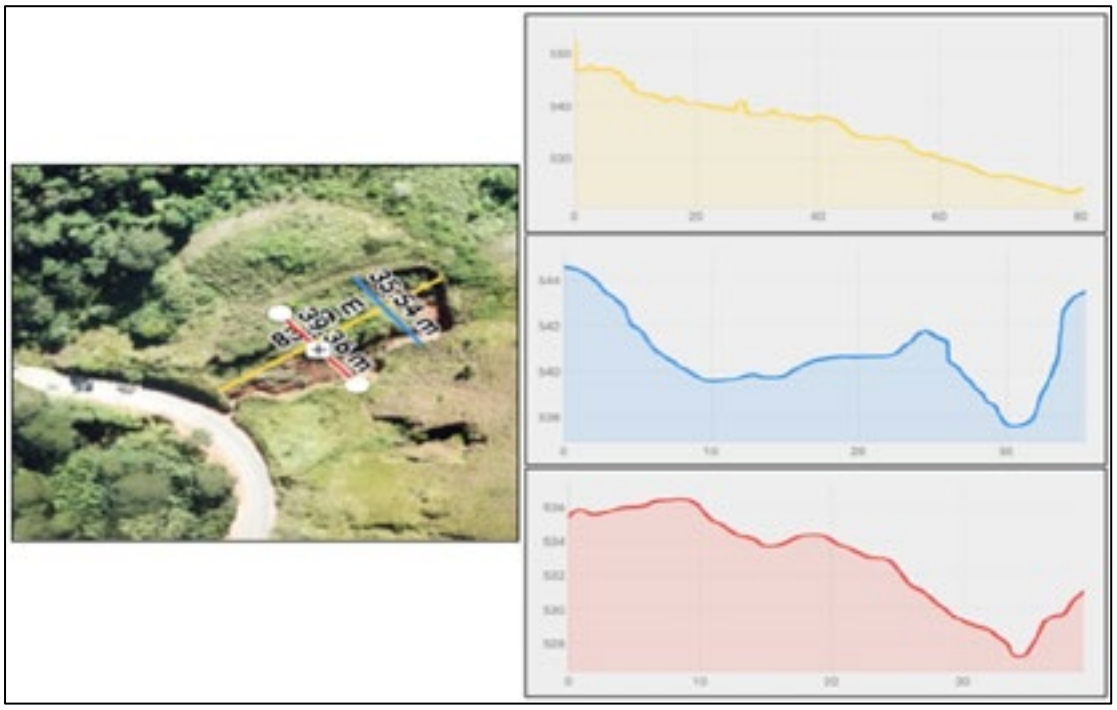


Figura 5 – Ortomosaico e perfis elaborados

Os valores do comprimento total, largura mínima perto da cabeceira e largura máxima da feição (tabela II), indicam que se trata de uma voçoroca de grandes proporções.

Tabela II

Comprimento total (m)	83,69
Largura mínima perto da cabeceira (m)	35,54
Largura máxima (m)	39,36

4. Considerações Finais

Com a realização deste trabalho, foi possível analisar diferentes aspectos e características próprias desta voçoroca que só foram passíveis de determinação com o uso do VANT. Desta forma, vale ratificar a importância de técnicas de sensoriamento remoto e do uso deste tipo de equipamento dentro da pesquisa geomorfológica.

Assim sendo, é possível afirmar que o uso de VANTs em mapeamentos e na geomorfologia apresenta diversas vantagens, dentre elas destacam-se: custo relativamente baixo frente a outros tipos de obtenção de imagens aéreas; praticidade e velocidade de obtenção dos dados; alta precisão e qualidade do produto. Com o diagnóstico de características da voçoroca analisada, em conjunto com um estudo das propriedades do solo da área, é possível estabelecer um programa de recuperação ambiental para a área. Por fim, recomenda-se que órgãos gestores e profissionais da área ambiental comecem a utilizar e acrescentar este tipo de equipamento aos estudos, com o objetivo de realizar análise ambiental mais aprofundada e recuperar áreas que apresentem algum tipo de degradação na superfície terrestre.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo financiamento que viabilizou a elaboração desta pesquisa.

3. Referências Bibliográficas

CARVALHO, E. M.; PINTO, S. A. F.; SEPE, P. M.; ROSSETTI, L. A. F. G. Utilização do geoprocessamento para avaliação de riscos de erosão do solo em uma bacia hidrográfica: Estudo de caso da bacia do rio Passa Cinco/SP. **Anais do III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.** Recife: SBC,2010. p.1- 8

DEVIDE, A. C. P. **História Ambiental do Vale do Paraíba.** 2013. 183 f. Tese (Doutorado) - Curso de Fitotecnia, Ufrrj, Seropédica, 2013.

EMBRAPA ACRE. **Planos de Voo Semiautônomos para Fotogrametria com Aeronaves Remotamente Pilotadas de Classe 3.** Acre, 2018. 56 p.

GARRITANO, F. N.; LOUREIRO, H. A. S.; SILVA, D. S.; GUERRA, A. J. T. Mapeamento da erosão: análise e caracterização de uma voçoroca através do uso de imagens aéreas obtidas com drone. Rio de Janeiro: Rio Books, 2018. p. 23-3. In: GUERRA, Antonio José Teixeira et al. **II Workshop Internacional de Arte e Ciência –NO PRELO.** Rio de Janeiro: Rio Books, 2018. p. 1-10

GARRITANO, F. N. **Diagnóstico de erosão por voçorocas na bacia do Alto Rio Piraí, município de Rio Claro –RJ.** 2018. 48 f. Monografia) - Curso de Geografia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2018.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B.; (Org.). **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2015. 472 p.

ITPA; IEF (Brasil); Prefeitura Municipal de Rio Claro. **Estudos técnicos para criação de UCs. Rio de Janeiro - Rio Claro**: PMRC, 2011.

OLTMANNS, S. O.; MARZOLFF, I.; PETER, D. K.; RIES, J. B. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. **Remote Sensing**, [s.l.], v. 4, n. 11, p.3390-3416, 7 nov. 2012. MDPI AG.

PÉREZ, E.; GARCÍA, P. Monitoring soil erosion by raster images: from aerial photographs to Drone taken pictures. European Journal Of Geography, Europa, v. 7, n. 5, p.117-129, fev. 2017.

REGO, J.; RUFINO, L.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, P. A. Análise Morfométrica do Perímetro Urbano de Goiás/Rio Vermelho com Dados obtidos por VANT's. **Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR .** João Pessoa: Inpe, 2015. p. 2309 - 2316.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo.** Santa Maria, RS Universidade Federal de Santa Maria, 2006

SALGADO, J. G. Mapeamento de voçoroca utilizando geotecnologia de levantamento por drone: **II SIMPÓSIO MINEIRO DE GEOGRAFIA,** 2., 2016, Juiz de Fora.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V.. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e sub-superfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, [s.l.], v. 28, n. 4, p.763-774, ago. 2004.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO DO TAUDEM PARA DELIMITAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS EM SOFTWARE LIVRE DE CÓDIGO ABERTO

Felipe Fernandes Ladislau [(a)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, felipe.fernandesladislau@live.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Com as prerrogativas de unidade territorial de planejamento e gestão dos recursos hídricos, as bacias hidrográficas estão no cerne de estudos, discussões e/ou análises acadêmico-científicas de diversos setores. Dessa forma, métodos que possam dar suporte a sua definição territorial e/ou mapeamento tornam-se imprescindíveis. Esse estudo procura analisar o uso do TauDEM como forma de delimitação automática de bacias, através de *software* livre de código aberto, de modo a possibilitar uma maior gama de possibilidades no mapeamento de bacias hidrográficas. Conclui-se que o uso de tais *softwares* possui acurácia e sua utilização apresenta pouca ou nenhuma dificuldade, o que abre espaço para adesão em pesquisas, trabalhos técnicos e/ou análise de setores envolvidos.

Palavras chave: Bacias hidrográficas, recursos hídricos, geoprocessamento, software livre

1. Introdução

A legislação brasileira – mais especificamente a lei nº 9.433/97 – estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento, manejo e gestão dos recursos hídricos, assim como para a aplicação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Dessa forma, a necessidade de instrumentos, técnicas e/ou metodologias que permitam a localização, delimitação e mapeamento de tais unidades territoriais é de suma importância ao processo de consolidação da PNRH, bem como de outros instrumentos legais concomitantes.

Com base nisso, destaca-se o uso de métodos automatizados como forma de delimitação de bacias, através da utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como

plataforma de modelagem e de dados matriciais do relevo terrestre, como aqueles produzidos e disponibilizados pelo *Suttle Radar Topography Mission* (SRTM), metodologia essa abordada e analisada em trabalhos realizados por Merkel et al. (2008) e Sobrinho et al. (2010).

O objetivo desse estudo, portanto, é o de apresentar o uso do *Terrain Analysis Using Digital Elevation Model* (TauDEM) na delimitação automática de bacias hidrográficas, em ambiente SIG de código aberto, a partir de dados SRTM. Com isso, objetiva-se discorrer sobre os recursos metodológicos apresentadas pelo TauDEM no processo de modelagem de bacias, bem como da utilização desse em *software* livre, mais precisamente o QGis.

2. Materiais e Métodos

Para a realização do estudo teve-se como recorte a bacia hidrográfica do Rio Macaúbas, afluente do Rio Paraopeba, localizada na poção norte da Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) homônima (figura 1).

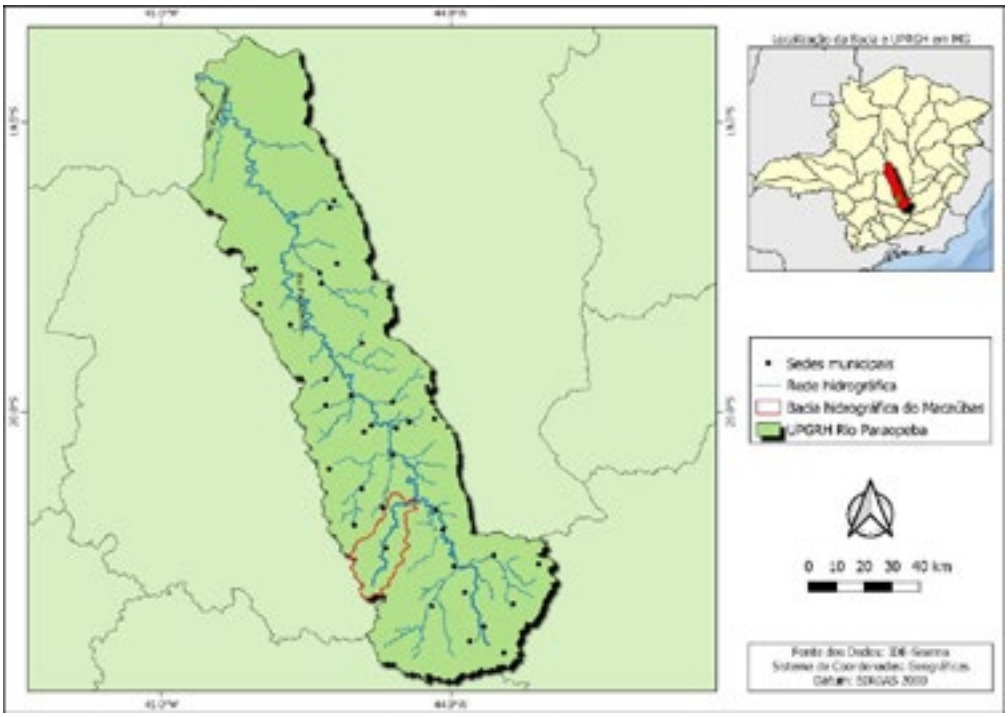


Figura 1. Localização da bacia do Rio Macaúbas na UPGRH Rio Paraoepeba

As etapas de desenvolvimento do estudo consistiram, além da seleção da área de estudo, na obtenção de dados secundários, modelagem em ambiente SIG – com a delimitação automática da bacia – e análise dos resultados obtidos.

Foram utilizados dados SRTM disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS), através do *site Earth Explorer*. Apenas dados da quadrícula SF-23-XA, correspondente a área de estudo, foram obtidos. Todo o processo fora realizado utilizando o sistema de coordenadas planas (UTM), fuso 23S, no Datum SIRGAS 2000.

O processo de modelagem para extração automática da bacia compreendeu as etapas ilustradas abaixo (figura 2), sendo realizadas através das ferramentas do TauDEM, em sua versão 5.37, dentro do ambiente SIG do QGis, versão 2.18.28.

Figura 2. Etapas de desenvolvimento do estudo

A correção de erros consistiu na remoção de depressões e picos presentes no modelo SRTM. A direção de fluxo empreendida no modelo segue a metodologia de Jensen e Domingue (1988), baseado no princípio de que a água numa determinada célula segue para alguma das oito células vizinhas. O fluxo acumulado modelou e extraiu as drenagens construidas a partir

das direções de fluxo calculadas. A ordem de segmentos ordenou as drenagens segundo a classificação de Strahler. A delimitação automática constitiu na construção das áreas de contribuição a partir das direções de fluxo e ordem de segmentos extraídas. Por fim, converteu-se os resultados do formato matricial para o vetorial, além de mapear a área de contribuição pretendida no estudo (Rio Macaúbas) a partir de seu exultório.

3. Resultados e Discussão

O resultado de delimitação apresentou área de 47.906 hectares e perímetro de 156,56 km (figura 3).

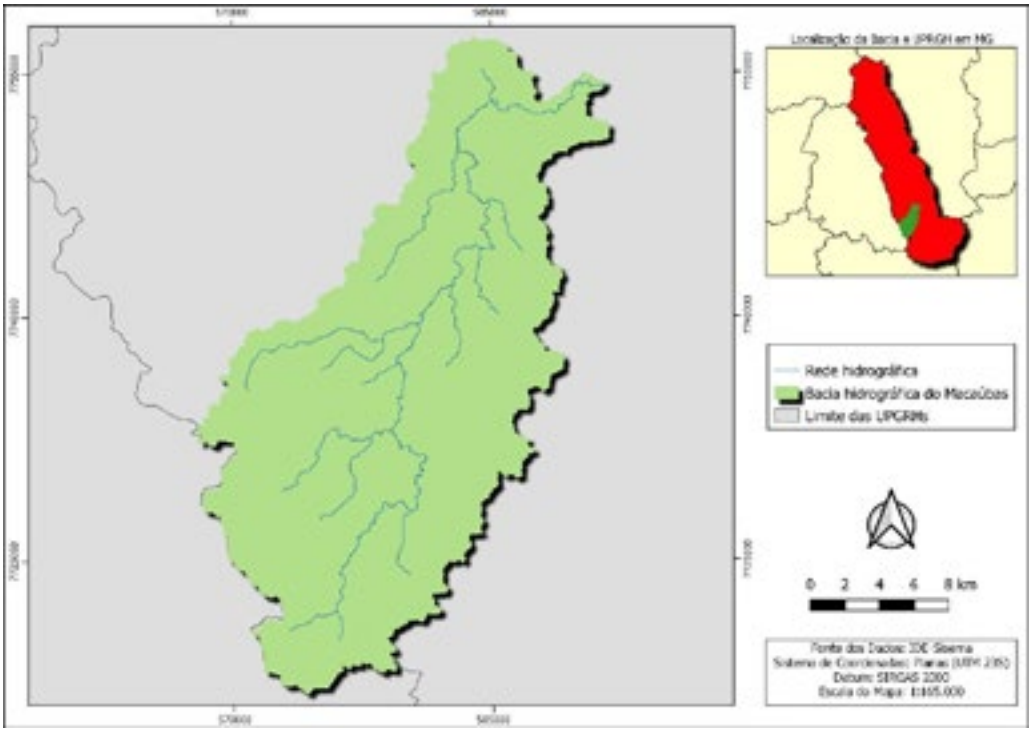


Figura 3. Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Macaúbas

A acurácia de delimtação verificada nos procedimentos correspondeu as necessidades de delimitação. Quando comparado, por exemplo, as drenagens extraídas com a base ottocodificada elaborada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) percebeu-se pequenas diferenças, resultado de métodos distintos. A área de contribuição da bacia também

obteve encaixamento adequando, quando comparada com condições topográficas – apresentadas pelo mapeamento topográfico do IBGE, escala 1:100.000.

4. Considerações Finais

O uso do TauDEM mostrou-se adequado e competente no que toca a delimitação de bacias hidrográficas, com precisão em relação a área, perímetro e comperação com bases topográficas disponíveis.

Em *software livre* o TauDEM teve fácil manuseio e aplicação didática, o que permite utilização em meio acadêmico – em especial no em disciplinas de graduação e pós-graduação que possuam conteúdos relacionados ao tema. Além disso, o livre acesso e obtenção de tais plataformas também permite sua utilização ampla, eliminando a limitação de licenciamento. Se recomenda, portanto, a aplicação da metodologia do estudo em estudos relacionados a delimitação de bacias hidrográficas, bem como para toda a área de gestão de recursos hídricos.

Referências Bibliográficas

JENSON, S. K.; DOMINGUE, J. O. **Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.54, n.11, p.1.593-1.600, 1988.

MERKEL, W. H.; KAUSHIKA, R. M.; GORMAN, E. **NRCS GeoHydro**-A GIS interface for hydrologic modeling. Computers & Geosciences, Oxford, v.34, n.8, p.918-930, 2008.

SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, B. B.; AYRES, F. M. **Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados SRTM**. Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, vol. 30, n. 1, p. 46.57, jan./fev. 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VARIAÇÃO DE ÁREA DAS GELEIRAS DO CAMPO DE GELO KRAKÓW, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA, NO PERÍODO ENTRE 1956-2017

Manoela Araujo Gonçalves de Oliveira [(a)], Kátia Kellem da Rosa [(b)], Carina Petsch [(c)], Jefferson Cardia Simões [(d)]

[(a)] Programa de pós Graduação em Geografia, UFRGS manuella.araujo@hotmail.com
[(b)] Programa de pós Graduação em Geografia, UFRGS katiakellem@gmail.com
[(c)] Departamento de Geografia, INIOESTE carinapetsch@gmail.com
[(d)] Programa de pós Graduação em Geografia, UFRGS jefferson.simoes@ufrgs.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar e comparar as variações de área das geleiras do campo de gelo Kraków, Ilha Rei George, no período de 1956/88 a 2017. Foram usadas imagens SPOT, LANDSAT 8 OLI, e SENTINEL-2 para determinar a variação de área dessas geleiras. A morfometria das geleiras foi determinada com dados do MDE através da análise em SIG. Os resultados indicaram a tendência contínua de retração das geleiras no período e indicam que a causa das diferenças de retração das frentes das geleiras do campo de gelo Kraków não está associada a um único fator e sim da combinação de vários fatores, como declividade, elevação, área, orientação e a configuração de término. A integração dos dados em SIG possibilitou gerar um banco de dados que apoiará o monitoramento, além do estudo comparativo com outras massas de gelo para melhor entender as diferenças de sensibilidade às mudanças ambientais regionais.

Palavras chave: Campo de gelo Kraków. Sistemas de Informação Geográficas. Ilha Rei George.

1. Introdução

Os ambientes glaciais são sensíveis às mudanças climáticas regionais. Por ser considerado um laboratório natural único, as regiões polares têm recebido atenção da comunidade científica, visto que o conhecimento sobre as características e os fenômenos que ocorrem neste ambiente permite o esclarecimento de questões científicas importantes (SIMÕES, 2011; ANDRADE, 2013). Uma das preocupações tem sido o processo contínuo

de retração das frentes de geleiras que vem ocorrendo na Ilha Rei George. Nessa perspectiva, vários autores têm evidenciado o processo de retração das frentes de geleiras na Ilha Rei George (IRG) no período de 1950 a 2000, (ARIGONY-NETO, 2001; BIRKENMAJER, 2002; PARK *et al*., 1998; SIMÕES *et al*., 1999; BRAUN E GOSSMANN, 2002).

Na área das Shetlands do Sul, Knap *et al.* (1996) aponta que as massas de gelo são particularmente sensíveis às variações climáticas em função de sua posição geográfica e da pequena espessura de gelo e por estarem muito próximas do ponto de fusão sob pressão (regime termal basal úmido). O processo de retração é consequência do aquecimento atmosférico evidenciado nas últimas décadas (1950-2003) (VAUGHAN *et al.,* 2003). Essas mudanças climáticas foram acompanhadas também de desprendimentos frequentes de icebergs, mudanças no padrão de precipitação e redução do gelo marinho sazonal em diversos setores da Península Antártica (ARIGONY-NETO *et al.,* 2006).

O presente trabalho objetiva realizar a quantificação, comparação e análise da variação de área de geleiras pertencentes ao campo de gelo Kraków nas últimas décadas, no período de 1956/88 a 2017. Pretende-se, com este trabalho, realizar o monitoramento do comportamento destas massas de gelo, estendendo o registro ambiental para 2017, atualizar os dados de variação de área existentes para as geleiras que fluem para a baía do Almirantado até 2000 e ainda realizar o primeiro estudo sobre a dinâmica das geleiras que fluem para a baía Rei George e o Estreito de Bellinghausen.

1.1. Área de estudo

O campo de gelo Kraków se localiza na Ilha Rei George (Figura 1). Essa ilha faz parte do Arquipélago das Shetlands do Sul, situado 130 km a noroeste da Península Antártica (PA) (ARIGONY-NETO, 2001).

ISBN: 978-85-7282-778-2

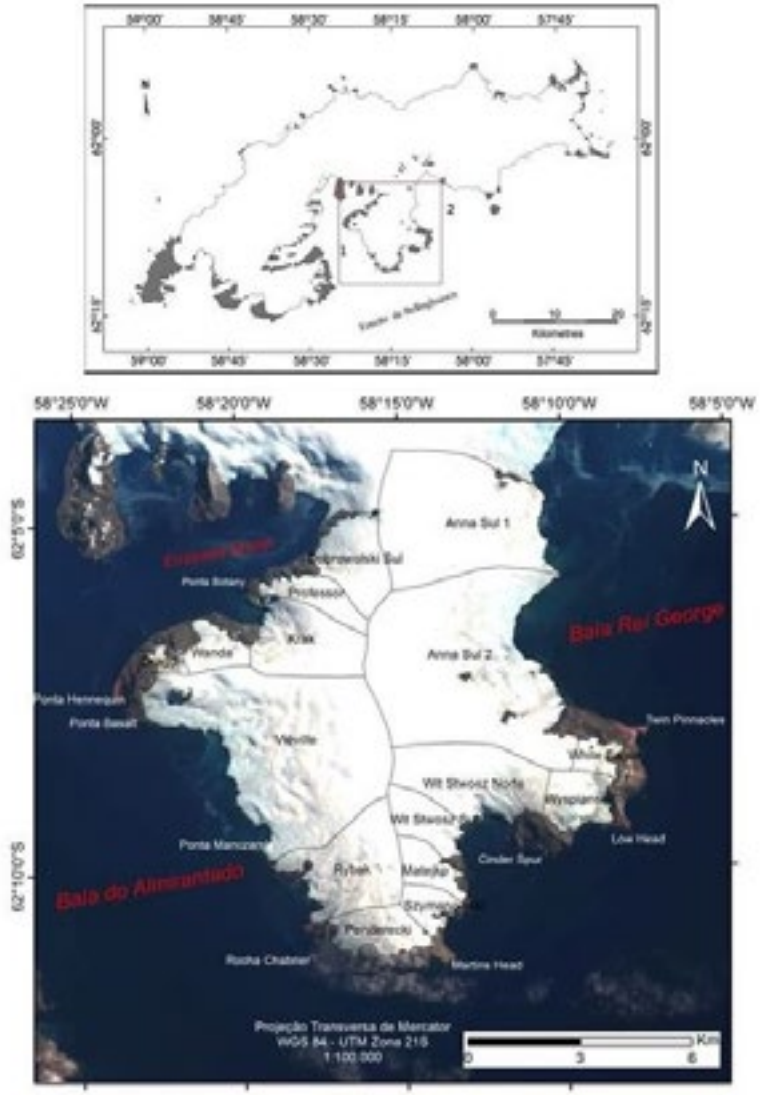


Figura 1. Localização do Campo de gelo Kraków na Ilha Rei George, Baía do Almirantado (1) e Baía Rei George (2), Antártica. Imagem de satélite SPOT, 2000, RGB 432.

A Ilha Rei George é a maior das Shetlands do Sul em área, com 1250 km² (BREMER, 1998) e situam-se entre as coordenadas 61°50` e 62°15`S e 57°30` e 59°00`W. Possui comprimento de 80 km em seu eixo maior de orientação sudoeste-nordeste e 15 km de largura média. Segundo Braun *et al*. (2004) há uma forte variabilidade interanual nas

ISBN: 978-85-7282-778-2

condições atmosféricas. Pequenas variações na temperatura ao longo do ano, alta umidade relativa do ar (em torno de 82%) e a constante cobertura de nuvens caracterizam o clima da região (RAKUSA-SUSZCZEWSKI *et al*., 1993; BINJANTA, 1995). O campo de gelo Kraków possui diversas geleiras de maré e de término em terra que fluem para a Baía do Almirantado, para a Baía Rei George e para o mar aberto (figura 1).

2. Materiais e Métodos

2.1 Dados

Os dados utilizados no trabalho foram: Modelo Digital de Elevação (MDE) da Ilha Rei George (IRG), disponibilizados no formato digital *shapefile,* as linhas de costa e linhas de frente das geleiras dos anos de 1956, 1988 e 2000 de Arigony-Neto (2001) e imagens de satélite. Foram utilizadas imagens SPOT sensor HRV na composição 432 para os anos de 1988 e 2000. Também foram utilizados, imagens LANDSAT-8 sensor OLI RGB 432 de 2014 e SENTINEL-2 nível 1C RGB 843 de 2017, similar a LANDSAT falsa cor. Os dados foram co-registrados e integrados em um Sistema de Informações Geográficas. As imagens de satélite LANDSAT 8 de 2014 e SENTINEL-2 de 2017 foram adquiridas através do *United States Geological Survey* (USGS) e disponibilizadas online no site *http://earthexplorer.usgs.gov/*. Os dados encontram no padrão de Nível 1 (ortorretificadas) com sistema de referência WGS 1984, coordenadas GCS WGS 1984 (Sistema geodésico Mundial 1984) e resolução radiométrica de 16 Bits. Também foi utilizado o *layer* dos Divisores de Drenagem Glacial da Ilha Rei George de Bremer (1998).

2.2 Caracterização morfométrica do campo de gelo e das geleiras

Para a análise morfométrica, foram gerados mapas hipsométrico, de declividade, orientação e modelo de sombreamento das geleiras do campo de gelo Kraków, com escala de 1:100.000, utilizando o 3D *Analyst* do ArcGIS com base no MDE de Braun *et al.* (2001). O mapa hipsométrico foi elaborado a partir do fatiamento do MDE em 5 classes, buscando fornecer a visualização do terreno por meio de cores representando as cotas altimétricas de

ISBN: 978-85-7282-778-2

intervalos definidos de 100 m, entre 0 m e 500 m. Para o mapa de declividade foi aplicada a ferramenta Slope no recorte do MDE, obtendo-se a representação em porcentagem nas classes de 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45%, 45 a 70% e maior que 70% de acordo com as classes propostas pela EMBRAPA. Para o mapa de orientação de vertentes foi aplicada a ferramenta *Aspect* ao recorte do MDE, gerando-se um arquivo raster com as orientações da área de estudo que tem como finalidade demonstrar a orientação das vertentes.

2.3 Determinação da variação de área das geleiras

A caracterização da dinâmica de retração das geleiras foi realizada pela integração dos dados vetoriais e raster obtidos pela análise temporal das imagens de satélite em SIG. Com as cenas do SENTINEL-2 foram determinadas as áreas totais atuais e condições de término atuais de cada geleira, além da linha de costa atual. Para obter dados de 2017 foi usada a cena do SENTINEL-2, sobreposta a esta foi usada cena do LANDSAT 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*) TIRS (*Thermal Infrared Sensor*) de 2014 para comparativo nos setores com nuvens. Utilizou-se o *shapefile* de divisores de drenagem, fornecido por Bremer (2001), para a análise temporal. Foi realizado o mapeamento de áreas totais e da variação frontal por período, utilizando o método de delineamento manual, com interpretação visual de imagens. Foi quantificada a perda de área e as taxas de retração de cada uma das geleiras para o período de 1956/1988 a 2017 e 1988 a 2017. Também foi criada a linha atualizada de frentes de geleira e costa de todo campo de gelo Kraków. Com o mapeamento das frentes em 2017 e análise da imagem SPOT de 2000, além de dados vetoriais das frentes de 1956 e 1988 foi possível criar polígonos de retração para cada período. O mapeamento da diferença das linhas de frente com a imagem Sentinel-2 representou a retração das geleiras entre 2000 e 2017. Em seguida foi dado início a edição do polígono com a ferramenta *Creat Feactures,* utilizando o Auto Complete *Polygon*, permitindo mapear a diferença de área entre 1988 a 2000 ou 1956 e 1988 a 2000 conforme a geleira, com os vértices do polígono anterior.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Resultados e discussões

A análise do mapa hipsométrico (figura 2A) mostra que o campo de gelo apresenta elevação mínima de 0 m (nível do mar) e elevação máxima de 403 m, a elevação média da área de estudo é 223 m. Foi possível observar que as geleiras que possuem suas frentes com menor elevação de 0-100 m são: Krak, Szymanowski, Wit Stwosz Norte, Wyspianski, Anna Sul 2, Anna Sul 1 e as que possuem maior elevação nas frentes são Dobrowolski Sul, Professor, Wanda, Dragon, Viéville, Rybak, Penderecki, Matejko, Wit Stwosz Sul, White Eagle. Destas, as que são alimentadas pelas áreas mais altas do campo de gelo são Dobrowolski Sul, Krak, Viéville, Anna Sul 2, Anna Sul 1. A geleira Anna Sul 1 também recebe alimentação de seu fluxo de gelo do campo de gelo Rei George. As declividades (figura 2B) superiores a 45% nos setores frontais encontram-se relacionadas às geleiras Dobrowolski Sul, Krak, Wit Stwosz Sul e Wyspianski. As geleiras que apresentaram até 20% de declividade em suas frentes são Viéville, Anna Sul 1 e Anna Sul 2. Já as declividades entre 20-45% estão relacionadas às geleiras Professor, Wanda, Dragon, Rybak, Penderecki, Szymanowski, Matejko, Wit Stwosz Norte e White Eagle. Quanto à orientação (figura 2C), as geleiras do Campo de gelo Kraków se apresentam com diferentes orientações, que podem indicar direção predominante de fluxo do gelo.

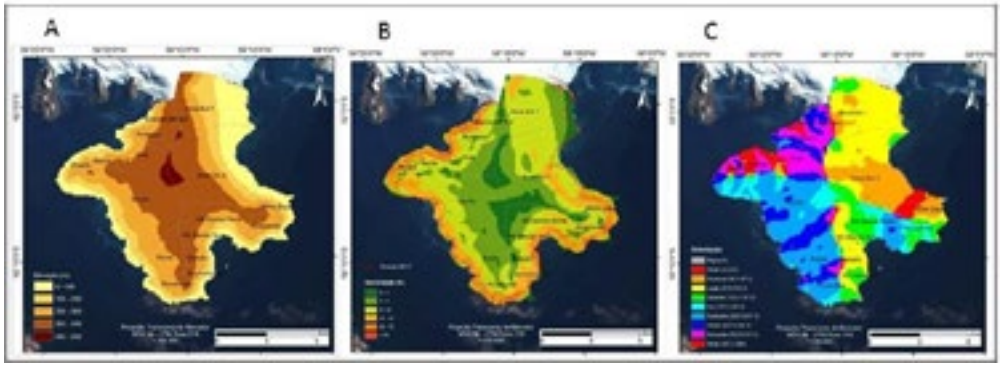


Figura 2. Mapas (A) hipsométrico, (B) declividade, (C) orientação do campo de gelo Kraków.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3.1 Comparação entre as geleiras do campo de gelo Kraków

As geleiras com maior percentual de área perdida (Dobrowolski Sul 39,74%, Wanda 33,33%, Dragon 62,37%, Penderecki 42,94%, Wyspianski 38,96%, White Eagle 29,1%), demonstraram-se, na área de estudo, serem as mais sensíveis à variabilidade climática regional. As geleiras de término em terra Wanda, Dragon e White Eagle, que são geleiras pequenas e com término em terra, apresentaram a sua maior perda percentual até 2000, quando passaram a diminuir a perda percentual. Este comportamento pode estar relacionado à tendência de resfriamento de temperatura média superficial do ar regional no período, evidenciado por Turner *et al*. (2016). Assim como, estas poderiam ter passado de configuração de término de maré para término em terra, como é o caso da geleira Wanda e Ecology, evidenciado por Rosa *et al.* (2008). A Geleira Penderecki, que apresentou percentual de 42,94% de retração, está ancorada no substrato rochoso em um setor com declividade superior a 45%, certamente esta perdeu parte de sua área para o mar em forma de *icebergs.* As geleiras que tiveram perda percentual intermediária de área são: Professor (17,94%), Krak (15,25%), Viéville (17,24%), Rybak (12,67%), Szymanowski (22,36%), Matejko (11,29%), e Wit Stwosz Norte (11,24%) (Figuras 12). Destas as que são de maré são a Krak e a Viéville e considera-se que a Rybak e a Szymanowski eram de maré até o ano de 2000 e desta forma, foram influenciadas pelo mar na dinâmica de icebergs. Estas geleiras não apresentaram padrão quanto as áreas semelhantes. A geleira Viéville possui área de 19,19 km², sendo a maior das geleiras voltadas para a Baía do Almirantado, esta têm sido acompanhada desde 1956 quando apresentava área de 23,49 km² passando para 19,01 km² em 2011 (SARTORI, 2013).

Já as geleiras Szymanowski e Matejko, ambas voltadas para Baía Rei George, apresentam áreas bem menores, com 1,25 km² e 1,65 km², respectivamente. As geleiras que apresentaram perda percentual intermediária apresentaram padrão quanto à elevação máxima, todas elas possuem seu ponto mais alto entre 300-400 m, com exceção de Krak e Viéville, que são alimentadas pelo ponto mais alto do campo de gelo Kraków (403 m). As geleiras de

maré, que apresentam declividade no setor frontal acima de 45%, correspondem a Dobrowolski Sul e Wyspianski, estas possuem perda de valor de área percentual de 39,74% e 38,86%, respectivamente. Estas perdas semelhantes evidenciam que as maiores declividades no setor frontal podem influenciar no grau de desprendimento de *icebergs* e posteriormente levá-las a estabilizarem suas frentes no embasamento rochoso quando diminuem de espessura. As geleiras de menor perda percentual de área no período foram Wit Stwosz Sul, Anna Sul 1 e Anna Sul 2. Estas estão dentre as que possuem maior área do campo de gelo com exceção de Wit Stwosz Sul, a qual apresenta área de 2,24 km² e máximas elevações de 400-500 m, para as duas maiores, e de 300-400 m, para a menor delas. Também apresentam elevações mínimas no setor frontal, com exceção de Wit Stwosz Sul que, por ter término em terra, apresenta elevação na frente de 100-200 m.As geleiras de maior perda de área total no período 1988-2017 foram: Dobrowolski Sul (1,9 km²), Viéville (4 km²), Penderecki (1,4 km²), Wyspianski (1,13 km²), Anna Sul 2 (2,12 km²), destas, a única que apresenta frente terrestre é a Penderecki, as demais todas são geleiras de maré e provavelmente apresentam batimetria menos rasa da área de estudo, e assim, a perda frontal ocorre também por influência do mar e há ausência de ancoragem no setor frontal (pode haver maior velocidade de fluxo e perda de massa), com exceção de Penderecki. Analisando-se todo o período, os resultados encontrados de contínua retração, na área de estudo, vão ao encontro de diversos estudos que têm evidenciado perda de áreas de geleiras e retração de frentes na ilha Rei George (SARTORI 2013; SIMÕES *et al.,* 2015). Este processo de perda de área das geleiras do campo de gelo Kraków está diretamente relacionado com a tendência de aumento das temperaturas médias do ar (da década de 50 ao início da década de 2000) (MORRIS e VAUGHAN, 2003; CARRASCO, 2013; IPCC, 2013), aumento de dias com precipitação líquida no verão e o aumento de número de dias em que a temperatura média ultrapassou os 0°C nas últimas décadas (SIMÕES, 2015).

ISBN: 978-85-7282-778-2

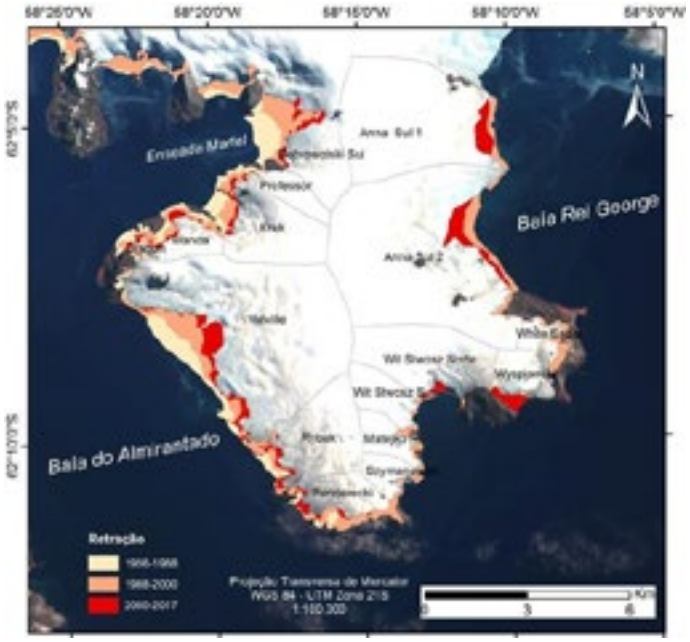


Figura 3. Mapa de retração das geleiras por período analisado.

4. Considerações finais

Os resultados indicam que a causa das diferenças de retração das frentes das geleiras do campo de gelo Kraków não está associada um único fator e sim da combinação de vários fatores, como a declividade das frentes, elevação no setor frontal, área, orientação do fluxo de gelo e principalmente a configuração de término de cada uma delas. Estes parâmetros analisados mostraram as diferenças de sensibilidade de algumas geleiras da área de estudo às mudanças climáticas regionais no período. Com o processo de retração houve a perda de 16,59 km², equivalente a 16,86% da área total (98,56 km² em 1988). As geleiras que apresentaram maiores retrações foram Szymanowski (22,36%), White Eagle (29,1%), Wanda (33,33%), Wyspianski (38,96%), Dobrowolski Sul (39,74%), Penderecki (42,94%), e Dragon (62,37%). Destas, as que apresentam frente de maré são Wyspianski e Dobrowolski Sul, as demais são terrestres. As geleiras Wanda, Dragon e White Eagle, que são as de menor área, apresentaram a sua maior perda percentual até 2000, estas podem ter mudado de frente de maré para frente em terra no período analisado. A integração dos

ISBN: 978-85-7282-778-2

dados em SIG possibilitou gerar um banco de dados que apoiará o monitoramento contínuo das geleiras, além do estudo comparativo com outras massas de gelo para melhor entender as diferenças de sensibilidade às mudanças ambientais regionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento desse estudo e ao Centro Polar e Climático (CPC) UFRGS.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, A.M. **Delimitação de geoambientes na península Potter, ilha Rei George (Antártica Marítima), utilizando dados COSMO-SkyMed e Quickbird**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Sensoriamento Remoto, p. 150, 2013

ARIGONY-NETO, J. **Determinação e interpretação de características glaciológicas e geográficas com sistema de informações geográficas na Área Antártica Especialmente Gerenciada baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica**. Dissertação de Mestrado Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 84, 2001.

ARIGONY NETO, J. **Monitoring glacier parameters on the Antarctica Peninsula**. Tese de Doutorado, Universidade de Freiburg, Faculty of Florest and Enviromental Science, 136 p., 2006.

BINJANTA, R. **The local surface energy balance of the Ecology glacier, King George Island, Antárctica: measurement sand modeling**. Antarctic Science, v. 7, n. 3, p. 315-325, 1995.

BIRKENMAJER, K. **Retreat of Ecology Glacier, Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica**, 1956-2001. Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences, v.50, p.15-29, 2002.

BRAUN, M.; SIMÕES, J. C.; VOGT, S.; BREMER, U. F.; SAURER, H.; AQUINO, F. E. **A new satellite image map of King George Island (South Shetland Islands, Antarctica).** Polar Forschung, v. 71, p. 47-48, 2001.

BRAUN, M.; GOSSMANN, H**. Glacial changes in the areas of Admiralty Bay and Potter Cove, King George Island, maritime Antarctica. In: BEYER, L.; BOLTER, M. (Org). Geoecology of Antarctic ice-free coastal landscapes**. Berlin: Springer-Verlag. P. 75-89, 2002

BRAUN, M.; SAURER, H. e GOBMANN, H. **Climate, energy fluxes and ablation rates on the ice cap of King George Island.** Pesquisa Antártica Brasileira, v.4, p. 87-104, 2004.

BREMER, U. F. **Morfologia e Bacias de Drenagem da Cobertura de Gelo da ilha Rei George, Antártica**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado. p.117, 1998.

CARRASCO, J.F. **Decadal Changes in the near-surface air temperature in the western side of the Antarctic Peninsula**. Atmospheric and Climate Sciences, 3, p. 275–281, 2013.

DOMACK, E. W. e ISHMAN, S. E. **Oceanographic and physiographic controls on modern sedimentation within Antarctic fjords:** Geological Society of America Bulletin, v. 105, p. 1175-1189, 1993.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change. 2013**. Climate change 2013: The physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report. IPCC, Geneva, Switzerland.KNAP, W. H.; OERLEMANS, J. e CADEE, M**. Climate sensitivity of the ice cap of King George Island, South Shetland Islands, Antarctica**. Annals of Glaciology, v. 23, p. 154- 159, 1996.

MORRIS, E. M. e VAUGHAN, D. G. **Spatial and temporal variation of surfasse temperature on the Antarctic Peninsula and the limit of variability of ice shelves**, 2003.

PARK, B. K.; CHANG, S. K.; YOON, H. I. e CHUNG, H. **Recent retreat of ice cliffs, King George Island, South Shetland Islands, Antarctic Peninsula**. Annals of Glaciology, v. 27, p. 633-635, 1998.

RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S (Ed.). **The maritime Antarctic coastal Ecosystem of Admiralty Bay**. Warsaw, Polish Academy of Sciences, p. 27-30, 1993.

ROSA, K.K.; SARTORI, R. Z. **Análise das mudanças ambientais da Geleira Viéville, Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Antártica**. Pesquisas em Geociências, 42 (1): 61-71, jan./abrInstituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2015

SETZER, A.; ROMÃO, M.; AQUINO, F. E. **Antártica: Relação Climática com a América do Sul**. Contribuição mensal em Item 7, Climanálise Boletim de Monitoramento e Análise Climática, CPTEC, Vol.23, nos. 1 a 12, 2008.

SIMÕES, J. C. **Antártica e as mudanças globais: um desafio para a humanidade**. José Goldemberg (Coord.). Série Sustentabilidade. São Paulo: Blucher. p. 168, 2011.

TURNER, J.; BINDSCHADLER, R. A.; CONVEY, P.; Di PRISCO, G.; FAHRBACH, E.; GUTT, J.; HODGSON, D. A.; MAYEWSKI, P. A. e SUMMERHAYES, C. P.(eds.). **Antarctic Climate Change and the Environment**. Cambridge, Scientific Committee on Antarctic Research, p. 1-32, 2009.

ISBN: 978-85-7282-778-2

USGS. **United States Geological Survey**. 2015. Earth Explorer. Disponível em: <http://earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em: 19/10/2017

VAUGHAN, D.G.; MARSHALL, G.J.; CONNOLLEY, W.M.; PARKINSON, C.; MULVANEY, R.; HODGSON, D.A.; KING, J.C.; PUDSEY, C.J. e TURNER, J. **Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula**. Climatic Change, 60, p. 243– 274, 200

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE AMBIENTAL E DESERTIFICAÇÃO: A CORRELAÇÃO ESPACIAL MULTITEMPORAL COM A TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE

Iolanda Santos de Castro e Jocimara Souza Britto Lobão [(b)]

[(a)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, iolycastro@hotmail.com

[(b)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, juci.lobao@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada

Resumo

O Semiárido Nordestino é caracterizado pela intensa pressão do homem sobre os recursos naturais, sendo o antropismo determinante para a deterioração. Nos estudos sobre a desertificação, a Temperatura de Superfície refere-se a um indicador importante para a compreensão das questões ambientais. Para o desenvolvimento desta pesquisa foi feito uma análise multitemporal no período de 2000-2016 por meio das imagens do sensor Modis MOD11 - *Land Surface Temperature.* Para a obtenção dos resultados aplicou-se a correlação linear de pearson nos dados, os quais foram gerados gráficos de dispersão de pontos que consistiram numa correlação fraca positiva. Os estudos apontaram forte degradação em municípios do Polo de Jeremoabo, por meio do elevado índice de vulnerabilidade à degradação, sendo que as máximas temperaturas estão concentradas ao norte do Polo, onde localiza-se também as áreas mais degradadas e com solos desnudos.

Palavras chave: Degradação, Desertificação, Temperatura de superfície

1. Introdução

Segundo a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, compreende-se a desertificação como a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante das variações climáticas e a ação antropogênica (ONU, 1997). As regiões áridas, semiáridas ocupam 1/3 da superfície terrestre e distribuem-se por todo o mundo; as áreas susceptíveis a desertificação ocupa mais de 1 bilhão de pessoas o que corresponde a 30% da superfície PNUMA (Programa das Nações Unidas para o ambiente).

No tocante à desertificação, muitos são os indicadores para identificar este processo, onde a elevada degradação, com erosão acelerada implica na diminuição da capacidade de retenção de água nos solos – redução de biomassa da matéria orgânica ao solo, além disto empobrece a cobertura vegetal e a intensidade radiativa do Sol desseca o solo ocasionando a aridez. A ação antropogênica acelera esta problemática por meio das atividades e práticas inadequadas exercidas sobre os recursos naturais (ARAÚJO, 2002; FERNANDES & MEDEIROS, 2009). A desertificação consiste num conjunto de processos que interfere na alteração dos meios físico, socioeconômico, químico e biológico decorrente da ação humana no meio natural (FERNANDES & MEDEIROS, 2009). A ocorrência dos processos de desertificação no Brasil restringe-se, à porção semiárida e subúmida seca de seu território. Potencialmente, abrangendo todos os Estados nordestinos, à exceção do Maranhão e, incluindo também a porção norte do Estado de Minas Gerais (KHAN & CAMPOS, 1995; OLIVEIRA-GALVÃO & SAITO, 2003).

O Nordeste brasileiro e a Região Semiárida são caracterizados pela região da pobreza e de problemas socioambientais, socioeconômicos de desigualdades regionais, marcado pela fome, seca sendo uma região de miséria e pobreza; apresentando baixa escolaridade e renda, altos índices de analfabetismo, a migração para os centros urbanos, escassez ao acesso a rede d'água, saúde, escola, moradia, entre outros. Além das desigualdades decorrentes de questões econômicas e sociais, a região é também afetada pela degradação/desertificação da terra pela ação humana.

O Polo regional de Jeremoabo integra a região semiárida baiana, que exibe em seu território técnicas e práticas de uso inadequados de sua terra como pastagem, extração da vegetação, da mineração aceleram o processo de desertificação, a qual ocorre de forma insustentável comprometendo as alterações climáticas e a dinâmica social (OLIVEIRA JUNIOR, 2014). A caracterização dos meios biofísicos e socioeconômicos, das análises dos níveis quantitativos das relações produtivas, a presença de solos rasos de superfície arenosa, chuvas irregulares, pobreza, baixa escolaridade e renda, desemprego, dentre outros,

confirmando assim a vulnerabilidade que a região vem sofrendo (BRASIL, 2005; LOBÃO; 2013).

Diante do exposto, este estudo buscou contribuir sobre a desertificação do Polo regional de Jeremoabo-BA, a partir de dados orbitais (produto MOD11 - *Land Surface Temperature*), fazendo a correlação entre a variabilidade termal de superfície (média anual) e a degradação ambiental num recorte multitemporal da Temperatura de Superfície.

2. Materiais e Métodos

O presente estudo abrange o Polo regional de Jeremoabo-Ba, localizado ao norte da Bahia, aproximadamente a 24.560,67 km² de extensão (PAE-BA, 2014); abrange os municípios (Antas, Canudos, Chorrochó, Coronel João de Sá, Glória, Jeremoabo, Macururé, Novo Triunfo, Paulo Afonso, Pedro Alexandre, Rodelas, Santa Brígida e Uauá) (Figura. 1). A escolha pela área se deveu, dentre os principais fatores, ao processo de desertificação e a degradação ambiental (LOBÃO, 2013) e por ser área de pesquisa do grupo de pesquisa Sociedade, Natureza e Ordenamento Territorial - GEONAT da Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS. A pesquisa foi desenvolvida a partir de informações obtidas pelo sensor MODIS, produto MOD11 e por um Modelo de Vulnerabilidade Ambiental.

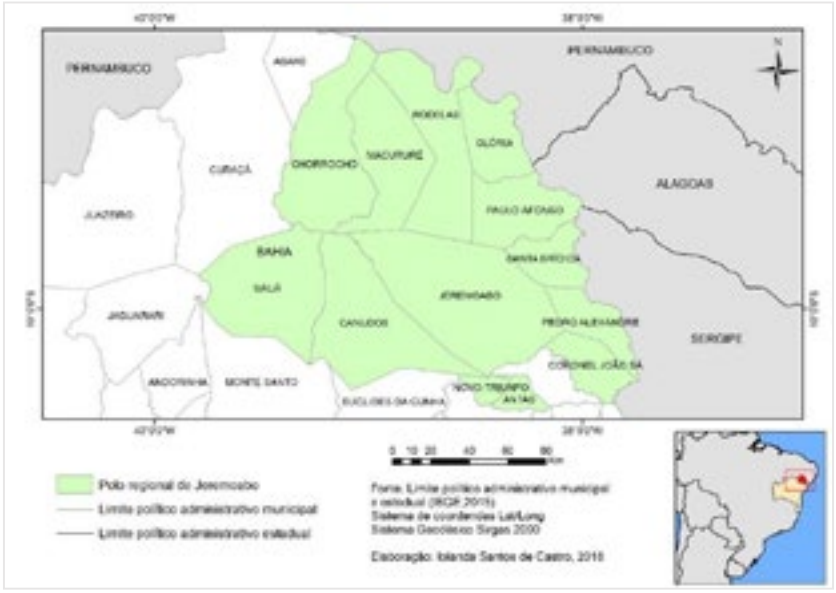


Figura 01 -Mapa de Localização da área de estudo

Para o desenvolvimento acerca da obtenção dos resultados, foram realizados procedimentos divididos em etapas que teve o levantamento bibliográfico apoiado em leituras Matallo Junior (2001), Lobão (2013), Oliveira Junior (2014), dentre outros que trabalharam nessa temática para compreender o processo de desertificação, com ênfase para a degradação e temperatura de superfície. Em seguida buscou-se dados secundários de clima, geologia, geomorfologia, solos e vegetação para realizar a caracterização biofísica da área em estudo.

O MODIS é o principal instrumento das plataformas TERRA e AQUA, foram projetados para adquirir informações globais da superfície terrestre, bem como, oceano e atmosfera (RUDORFF; SHIMABUKURU; CEBALLOS, 2007). Para este estudo, optou-se, pela utilização do satélite TERRA, por meio do produto MOD11 A2. A análise das informações de LST (*Land Surface Temperatura and Emissivity*) são oriundos do produto MOD11 A2, com resolução espacial de 1 km. O produto A2 refere-se a uma composição de oito dias a partir de dados gerados diariamente.

Foi necessário efetuar uma conversão (con*0.02-273) em graus Celsius dos dados originais do Produto MOD11 porque os mesmos são fornecidos em Kelvin. Posterior, as imagens MOD11 A2 foram mosaicadas por meio de técnicas de processamento de dados pelo *software* Arcgis 10.5m, de onde recortou-se a área de estudo. Considerando que os produtos estão disponíveis a cada oito dias, calculou-se mediana de todas as cenas a cada ano, num total de quatro cenas mensais e cerca de 45 anuais. Desta forma, calculou-se dezessete medianas anuais, num total de 776 cenas para o período analisado. As imagens foram processadas, para período de 17 anos, de 2000 a 2016. Todo esse volume de processamento só foi possível por meio do Google Eart Engine – GEE, no ambiente CodeEditor. Nesta etapa contamos com o apoio do mestrando do Programa de Pós-graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente – PPGM, Diego Costa.

A outra variável utilizada neste trabalho, o Modelo de vulnerabilidade Ambiental, foi gerada por Israel de Oliveira Junior; Jocimara Souza Britto Lobão (orientadora), membros do grupo de pesquisa Sociedade, Natureza e Ordenamento Territorial - GEONAT da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS e Barbara-Christine Nentwig Silva (PosGeo/UFBA), (artigo submetido a revista ScriptaNova – Barcelona).

2.1 Procedimentos metodológicos para as análises dos dados

Após adquirir dados de TS das imagens, optou-se em primeiro momento, gerar 500 pontos aleatórios a serem mensurados. Para isto foi utilizada a ferramenta Raster to Point e Creat Random Point, para extração dos valores de temperatura e para o Modelo de degradação utilizou-se a ferramenta Extract Values Point, do Arcgis 10.5.

Posteriormente, utilizou-se o mapa de degradação, já construído pelo Grupo de Pesquisa GEONAT para correlacionar com os mapas de Temperatura de Superfície. A correlação- é a determinação entre duas observações emparelhadas que indica até que ponto os valores estão relacionados com os de outra (STEVENSON, 1981).

As análises estatísticas dos resultados foram feitas pela correlação linear (Pearson) medindo a relação entre as duas variáveis. Para o cálculo do coeficiente aplicou-se a fórmula **p = r².100** para avaliar a relação dos valores atribuídos. Com os dados do mapa de Temperatura e de degradação, foi gerado o gráfico de dispersão de Pearson – forma de análise de relação que envolve dados contínuos, sintetizados pelo coeficiente de correlação "*r de Pearson*" a distribuição de frequência conjunta de x e y chama-se distribuição normal bivariada, o valor *r* varia de -1.00 a + 1.00. (STEVENSON, 1981).

3. Resultados e Discussões

A importância em realizar uma análise multitemporal enfocando o indicador temperatura de superfície, pode ser considerada um dos fatores essenciais do clima, para indicar ou não se há incidência de desertificação mediante este parâmetro, além disso, pode contribuir como medidas mitigadoras conservacionistas adequadas à região. O Polo de Jeremoabo – BA apresentou alterações significativas de temperatura de superfície, conforme os mapas analisados no período de 2000-2016 (Figura 2).

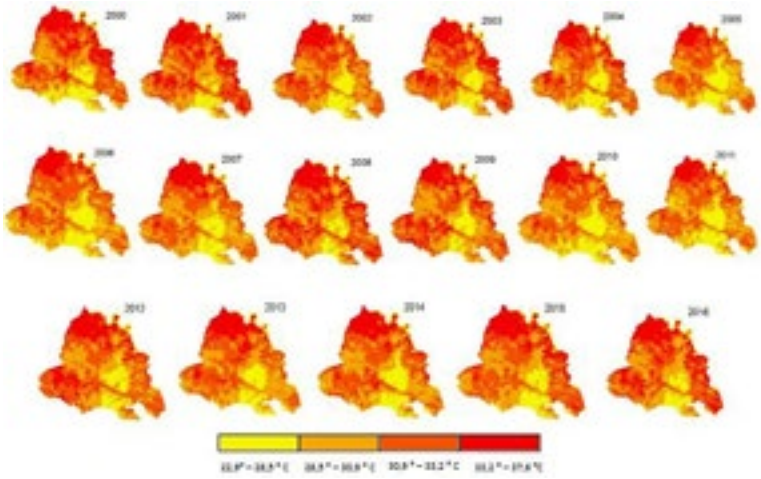


Figura 02 - Análise multitemporal das médias anuais da Temperatura de Superfície no período de 2000-2016 do Polo regional de Jeremoab0-BA

Na análise em questão as maiores temperaturas máximas ocorreram nos anos de 2015, 2013 e 2012, correspondendo a 41ºC, 40,5ºC e 40,3ºC, respectivamente e as menores nos anos de 2008 e 2009 com 37ºC e 37,1ºC, MÁXIMAS respectivamente. Considerando as temperaturas mínimas os anos de 2000, 2007 e 2009 destacam-se com os menores valores 22,9ºC, 22,1ºC e 23,1ºC, MÍNIMAS respectivamente e 2015/2016 com os maiores 41ºC e 39,2ºC, respectivamente. As temperaturas médias anuais dos anos analisados não ultrapassaram 33,3ºC, MÉDIAS atingindo 30,4ºC em 2006, demonstrando uma amplitude de cerca de 3ºC nos dezessete anos. As demais temperaturas anuais estão especializadas na Figura 3. As máximas temperaturas médias estão concentradas ao norte do Polo de Jeremoabo e as menores na região centro sul do polo.

Verifica-se com os dados um aumento médio no crescimento da temperatura mínima, máxima e média para o período. Verifica-se ainda, que visivelmente, as mais elevadas temperaturas correspondem as menores latitudes, mas principalmente, onde encontram-se os solos mais expostos e, consequentemente, o albedo de superfície também é maior.

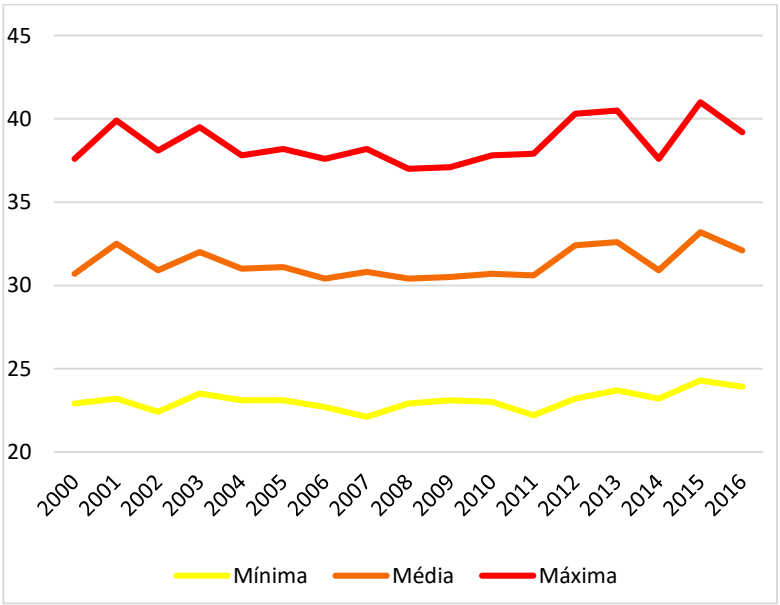


Figura 03 – Gráfico das Temperaturas Máximas, mínimas e médias para os anos de 2000 a 2016

3.1 A vulnerabilidade Ambiental

A degradação caracteriza na alteração ambiental como efeito negativo, sendo ocasionada, na maioria das vezes pela atividade antrópica na natureza (SÁNCHEZ, 2008) sobre qualquer componente ambiental: meio biótico, físico e/ou meio socioeconômico, sendo alterado pelo desmatamento, poluição, substituição da vegetação por pastos, dentre outros. Sendo assim, a degradação da Terra concatena na análise de monitoramento do ambiente do Polo.

No Polo de Jeremoabo a substituição da vegetação natural para a realização das práticas agropastoris extensiva acarreta em solo exposto, erosão, a pressão no meio ambiente constitui o processo de desertificação. Na maioria dos municípios regionais, nos anos de seca, devido à falta de chuva, é comum a perda do cultivo. A população sofre tanto com a desestrutura social quanto econômica. Sendo assim, esta problemática indica a falta de políticas públicas voltadas para esta parcela da população, é notório que na maioria dos municípios da região configura-se a alta vulnerabilidade ambiental à desertificação (Figura 4), (OLIVEIRA JUNIOR, 2014).

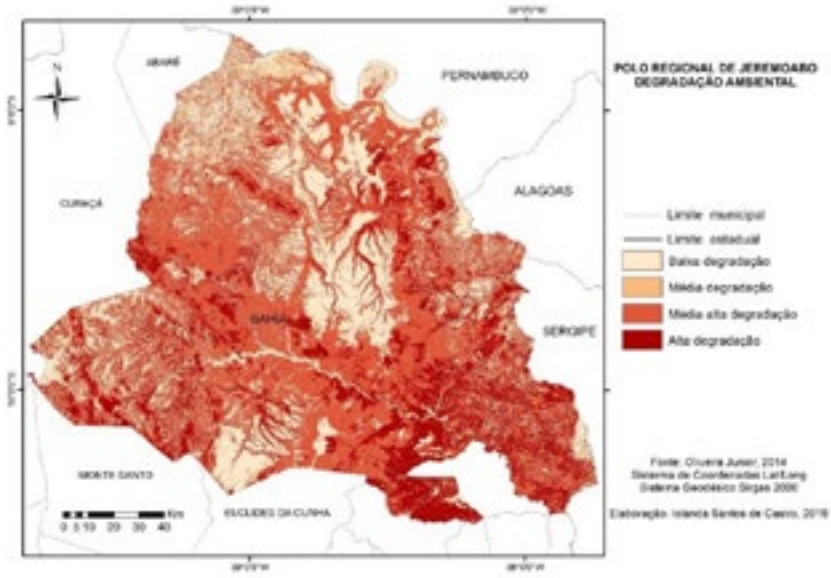


Figura 04 - Mapa de Vulnerabilidade ambiental à desertificação Polo regional de Jeremoabo

De acordo ao mapa de Oliveira Junior (2014) a degradação é mais acentuada, visivelmente, ao leste, sudeste e no sudoeste do polo regional de Jeremoabo. A classe baixa de degradação compreende os municípios de Chorrochó, Canudos, Macururé, Uauá, Jeremoabo, Rodelas, a extensão de Terra entre 840 km^2 a1.436 km^2. Já Antas e Novo Triunfo correspondem aos municípios mais degradados do Polo, sendo cerca de 70% das terras já se encontram degradadas é um número extremamente alto de degradação, isto ocorre devido às queimadas, desmatamentos, atividades agropastoris e pisoteio do gado o que eleva o solo exposto. Na reserva ecológica do Raso da Catarina por ser uma área preservada, a vegetação preservada a degradação ambiental é menor (OLIVEIRA JUNIOR, 2014).

3.1.2 Correlação da Temperatura de Superfície e Vulnerabilidade à Degradação

As investigações acerca do processo de desertificação tendo em vista o indicador de temperatura de superfície e vulnerabilidade à degradação, consistiu numa correlação fraca positiva (Levin e Fox, 2004) variando de mínima de Pearson (r = 0,31359) a máxima de Pearson (r = 0,44839), a primeira, refere-se ao ano de 2001 e a última, ao ano de 2006. Estas comprovações estão espacializadas (Figura 5).

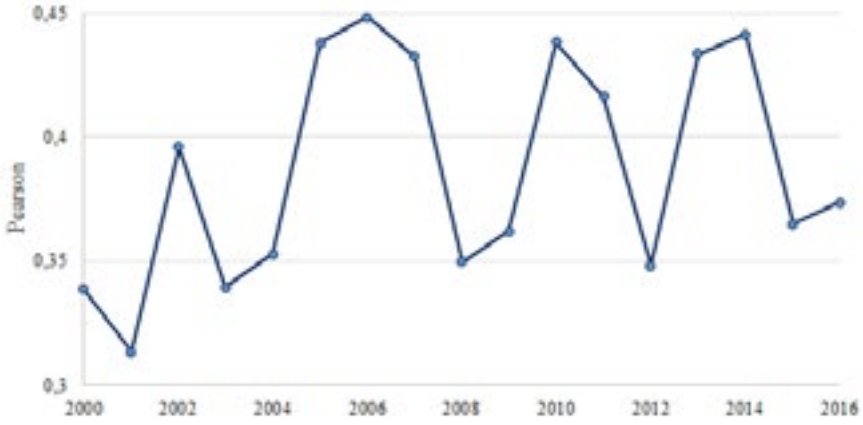


Figura 05 – Gráfico de Correlação da Temperatura de Superfície e Degradação dos anos de 2000 a 2016

Pautado nesta temática, a correlação entre as variáveis estudadas (figura 01) evidenciou que no ano de 2001 ocorreu um menor índice de Pearson de (r= 0,3135), já no de 2006, este índice correspondeu a (r= 0,4483), enquanto que no último ano da pesquisa, o índice foi (r= 0,3737). O estudo das variáveis analisadas demonstrou uma correlação fraca positiva. Assim, estas variáveis quando analisadas movem-se em direção oposta, de forma que analisando o gráfico de forma isolada à primeira vista tende-se a indicar em que à medida que a degradação aumenta a temperatura de superfície diminui. Por outro lado, a dificuldade de compreender esta relação demonstra, que somente o indicador temperatura de superfície não é o suficiente para determinar o processo de desertificação da região em estudo.

4. Considerações Finais

O produto MOD11 A2, proveniente do sensor MODIS, mostrou-se eficaz ao Monitoramento da TS no Polo regional de Jeremoabo. Os dados (LST) foram capazes de distinguir o comportamento termal numa série multitemporal da área analisada, onde pôde-se constatar que a Temperatura de Superfície não foi o principal fator na degradação do Polo regional de Jeremoabo. As técnicas de Sensoriamento Remoto e de processamento digital de imagens, possibilitou extrair informações sobre as médias anuais de temperatura de superfície e quantificar estes dados.

O estudo das variáveis analisadas por meio de gráficos de Dispersão Pearson demonstrou uma correlação fraca positiva, o que não invalida as análises realizadas. Entretanto, alguns aspectos devem ser ressaltados como, o mapa de vulnerabilidade à degradação foi elaborado a partir da síntese de outros mapas (Uso e ocupação, solos, índice de vegetação e declividade), logo, os dados são potencializados e/ou amenizados em função do grau de pertinência inferido pelo analista, o que pode influenciar na correlação com os dados de temperatura.

Sendo assim, este trabalho contribui para um Projeto maior que estuda o processo de desertificação no polo a partir de indicadores e em seus dados já apontam áreas mais degradadas fazendo-se necessário medidas mitigadoras afim de nortear planejamento ambiental para

enfrentar o processo de vulnerabilidade à desertificação desses municípios Antas, Macururé, Rodelas, Novo Triunfo e também de outros no Polo Regional de Jeremoabo.

Agradecimentos

Diante da elaboração deste trabalho, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo financiamento da pesquisa e a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pela disponibilização de recursos.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, Alexandre José do Rego Pereira et al. **Desertificação e seca: contribuição da ciência e tecnologia para a sustentabilidade do semi-árido do Nordeste do Brasil**. Recife: Nordeste, 2002.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação nacional de combate à desertificação**. Brasília, 2005.

FERNANDES, J.D**;** MEDEIROS, A. J.D de. Desertificação no Nordeste: uma aproximação sobre o fenômeno do Rio Grande Norte. **Holos**, Ano 25, Vol. 3. 2009.

KHAN, A. S.; CAMPOS, R. T. Efeitos das secas no setor agrícola do Nordeste. In: GOMES, G. M.; SOUZA, H. R. de; MAGALHÃES, A. R. (org.) Desenvolvimento sustentável no Nordeste. Brasília, IPEA, p. 175 – 194. 1995.

LEVIN, J.; FOX, J.A. Estatística para ciências humanas. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2004.

LOBAO, J. S. B.; SILVA, B.C.M.N. **Análise socioambiental na região semiárida da Bahia: geoprocessamento com subsidio ao ordenamento territorial**. Feira de Santana: UEFS, p.353, 2013.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação**: histórico e perspectivas. Brasília: UNESCO, 2001.

OLIVEIRA GALVÃO. A.L.C.de; SAITO. C.H. Mapeamentos sobre Desertificação no Brasil: uma análise comparativa. Nº 77. Agosto de 2003.

OLIVEIRA JUNIOR, I. **O processo de desertificação: a vulnerabilidade e a degradação ambiental no polo regional de Jeremoabo – Bahia**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

ONU,1997, Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação; nos países afetados por seca grave e/ou desertificação, particularmente na África. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, p. 89,1997.

ORGANIZAÇAO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Década das Nações Unidas da educação para o desenvolvimento sustentável:** 2005 a 2014. Brasília, DF: UNESCO, 2005.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à Administração**. São Paulo: Harbra, 1981.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE AMBIENTAL EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS TROPICAIS: ESTUDO DO MUNICÍPIO DE SENHOR DO BONFIM – BA.

Sirius Oliveira Souza [(a)]

[(a)] Colegiado de Geografia/ Universidade Federal do Vale do São Francisco- campus Senhor do Bonfim. Contato: sirius.souza@univasf.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Ao considerarmos o quadro de fragilidade natural e a relação de uso das terras no semiárido baiano esta pesquisa objetiva analisar a vulnerabilidade ambiental do município de Senhor do Bonfim (BA) por meio de técnicas de geoprocessamento, com o intuito de subsidiar o ordenamento ambiental. Nesta pesquisa foram elaborados índices de vulnerabilidade ambiental a partir da integração das características geológicas, pedológicas, clinográficas e de uso e ocupação da terra. As classes que apresentam vulnerabilidade média e alta incluem os inselberges e demais relevos residuais. As classes de baixa e muito baixa vulnerabilidade abrangem os topos dos pediplanos situados na área em estudo. Os resultados encontrados permitiram a compreensão dos diferentes graus de vulnerabilidade de cada unidade frente a determinadas pressões antrópicas, podendo ser utilizado como instrumento de ordenamento ambiental local e regional.

Palavras chave: Vulnerabilidade Ambiental; Semiárido; Geomorfologia; Geotecnologias.

1. Introdução

A vulnerabilidade de pessoas e lugares é um fenômeno complexo que é definido pela longa história entre os seres humanos e o meio ambiente (LUERS, 2005). A discussão sobre essa temática mostra-se bastante relevante, considerando que muitas pessoas e lugares são afetados por mudanças no uso e ocupação da terra, estando altamente vulneráveis a efeitos negativos com significativos danos ao bem-estar (KASPERSON et al., 2005).

Sabe-se que o significado de vulnerabilidade não é consenso em estudos sobre o tema, dificultando a comparação dos resultados de trabalhos semelhantes. Entretanto, muitas das discrepâncias nos significados de vulnerabilidade surgem das diferentes orientações epistemológicas (Ecologia política, Ecologia humana, Geografia, Ciências Médicas, Análise espacial, etc.) e das práticas metodológicas subsequentes. Além disso, há uma variação considerável na escolha dos próprios riscos (fome, enchentes, secas, eventos sísmicos, uso e ocupação, tecnologia) e nas regiões escolhidas para estudo (CUTTER, 1996).

Tendo em vista que o termo vulnerabilidade provém do latim Vulnerabilis, que designa ponto mais fraco. Por extensão, a noção de vulnerável, corresponde ao ponto que passa a ser mais acessível as agressões (MAZZER, 2007). Neste sentido, o conceito de vulnerabilidade utilizado neste trabalho pode ser compreendido como a probabilidade que uma comunidade, estrutura, serviços ou área geográfica têm de ser danificada ou perturbada pelo impacto de um determinado perigo (TOBIN e MONTZ, 1997).

Dentro da Geografia, a avaliação da vulnerabilidade integra, atualmente, abordagens quantitativas e qualitativas, baseadas em posturas analíticas (decompondo- se o sistema que está em tela e estimando-se seu potencial de sofrer danos) ou sistêmicas (avaliando-se a susceptibilidade de um sistema em seu conjunto).

Nessa perspectiva, a Geografia tem sido uma ciência guia no estudo da vulnerabilidade das pessoas e dos lugares expostos a vários riscos (CUTTER, 2003). Os geógrafos estudaram a vulnerabilidade das famílias (FRAYNE 2004), das cidades (PELLING 2003) e dos países insulares (NUNN e MIMURA, 1997), a vários riscos, como os riscos naturais (BLAIKIE et al., 1994) e as alterações climáticas (BOHLE, DOWNING e WATTS, 1994).

Partindo do princípio de que todos os sistemas são vulneráveis, Leone e Vinet (2006) demonstram ser possível distinguir ou decompor a vulnerabilidade em numerosos tipos, mas, para efeito deste estudo abordaremos apenas as discussões relativas à vulnerabilidade ambiental. Entendida neste trabalho como "[...] a maior ou menor susceptibilidade de um ambiente a um impacto potencial mediante o uso antrópico" (TAGLIANI, 2002, p.3).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Logo, uma área pode ser vulnerável ambientalmente, se os seus ecossistemas, espécies e processos estiverem susceptíveis a danos antropogênicos e naturais. A vulnerabilidade ambiental difere da vulnerabilidade econômica ou social porque o ambiente inclui sistemas complexos com diferentes níveis de organização marcados por um complexo fluxo de matéria, energia e informação (KALY, et al. 1999).

É nesse contexto, que Santos (2007) enfatiza que a vulnerabilidade ambiental constitui o grau de exposição de um ambiente influenciado por diversos fatores, os quais acarretam danos ambientais, dentre outros impactos e riscos decorrentes de atividades socioeconômicas. Diante disso, a avaliação da capacidade de suporte da paisagem constitui na atualidade uma necessidade para se evitar o comprometimento dos recursos naturais e a potencialização ou o desencadeamento de processos morfogenéticos.

Diante dessa problemática, tornou-se imperativo realizar um trabalho que ao mesmo tempo em que produza informações e conhecimento sobre a vulnerabilidade ambiental desta porção do território brasileira, seja um instrumento útil para subsidiar planejamentos, zoneamentos e a gestão de uso e ocupação da terra em regiões semiáridas.

Diante disso, tornou-se imperativo realizar um trabalho que ao mesmo tempo em que produza informações e conhecimento sobre a vulnerabilidade ambiental desta porção do território, seja um instrumento útil para subsidiar planejamentos, zoneamentos e a gestão de uso e ocupação da terra em regiões semiáridas tropicais. Desta forma, este trabalho tem por objetivo analisar a vulnerabilidade ambiental do município de Senhor do Bonfim (BA) como subsídio ao ordenamento ambiental.

2. Materiais e Métodos

Para alcançar os objetivos propostos neste estudo, ele foi dividido em três principais etapas: a primeira é composta de revisão bibliográfica acerca da vulnerabilidade ambiental em regiões semiáridas; a segunda, composta pela elaboração da cartografia básica e aquisição das imagens. A terceira etapa é caracterizada pela integração dos dados e aplicação do índice de

ISBN: 978-85-7282-778-2

vulnerabilidade ambiental em ambiente SIG e pela redação final da pesquisa. Apresenta-se a seguir, o detalhamento dos principais procedimentos relativos à segunda e à terceira etapa.

Considerando a identificação da vulnerabilidade ambiental em escala 1:100.000 por meio da proposta metodológica de Nascimento e Dominguez (2009) que faz uso das variáveis dispostas na Tabela I desenvolveu-se uma série de rotinas de geoprocessamento. Iniciando pela produção da cartografia básica através da aquisição das três cartas topográficas digitais em escala 1:100.000 referentes aos municípios pertencentes a área em estudo (Senhor do Bonfim SC.24-N-II, Campo Formoso SC.24-N-IV e Itiúba SC.24-O-III) ambas fornecidas pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia (SEI, 2015) e processadas com a utilização do software ArcGis™ 10.4.

Tabela I - Variáveis utilizadas na determinação da vulnerabilidade ambiental.

Variáveis	**Critérios**	**Fonte e Escala do Material**
Geologia	Tempo geológico	Menezes el al., (2017) em Escala: 1:250.000
Solos	Maturidade pedogenética	Organizado em escala 1: 100.000 a partir de SEI (2015).
Declividade	Variação de declividade	Elaborado em escala 1: 100.000 a partir de SEI (2015).
Uso e ocupação da Terra	Tipo de uso	Confeccionado com imagem LANDSAT 8-TM em escala 1:100.000 .

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009).

A partir das cartas topográficas digitais foi possível elaborar **o mapa de declividade**, com o uso do software ArcGIS™ 10.4, onde os *layers* "curvas de nível", "pontos cotados" e "limites municipais" foram interpolados para a confecção da estrutura de grade triangular, também conhecida como *Triangular Irregular Network* (TIN), que possibilita a representação do relevo por um conjunto de faces triangulares. Para a geração do TIN se utilizou o comando *3D Analyst* e *Creat/Modify TIN*.

Já com o TIN gerado utilizou-se a ferramenta *3D Analyst*, e os comandos *Surface Analysis* e *Slope* para a identificação da declividade. Após esse procedimento, o modelo gerado foi reclassificado através da ferramenta *Reclassify* seguido da determinação manual das classes com base nos trabalhos de Souza (2017).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Como ilustrado na Tabela II, delimitou-se seis classes de declividade distintas, na qual a primeira classe (≥ 2%) representa as áreas sujeitas a inundações (DENT e YOUNG, 1981). Enquanto a segunda classe (2 ├ 5%) enquadra-se dentro do limite urbano industrial (BRASIL, 1979). Já a classe que abrange as faixas de 5 ├ 15% define o limite máximo do emprego de mecanização agrícola conforme indicado por Bitar (2014). O intervalo entre 15 ├ 30% corresponde ao limite definido pela Legislação Federal como área para urbanização sem restrições (BRASIL, 1979). As áreas com declividade igual ou superior a 37% já configuram áreas vulneráveis a ocorrência de movimentos de massa (CARVALHO, MACEDO e OGURA, 2007).

Tabela II - Valores de vulnerabilidade ambiental para as unidades de declividade.

Declividade	Valor de Vulnerabilidade
≥2	4
2 ├ 5	1
5 ├ 15	1
15 ├30	2
30 ├ 37	3
≤37	5

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009) e Souza (2017).

Em seguida o **mapa Pedológico** foi adaptado para a escala 1:100.000 a partir do mapeamento elaborado pela SEI (2012) na escala 1:250.000. Neste, organizou-se a simbologia e legenda segundo as normas descritas no Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2007). O **mapa geológico** foi obtido a partir do mapeamento elaborado Programa Gestão Estratégica da Geologia, da Mineração e da Transformação Mineral da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (MENEZES el al., 2017).

O **mapa de Uso e Ocupação da Terra** (2017) foi confeccionado em escala 1:100.000 a partir da classificação supervisionada híbrida de imagens orbitais, em que cada pixel na imagem é rotulado de acordo com um tipo de uso e ocupação. A classificação de imagens

ISBN: 978-85-7282-778-2

orbitais pode ser efetuada de forma supervisionada, não supervisionada e híbrida. Neste estudo, optou-se pela classificação supervisionada híbrida.

Para a elaboração deste mapa se utilizou uma imagem do sensor *Thematic Mapper* TM presente no satélite LANDSAT referentes à órbita de número 217 e ponto 067. Tendo enquanto critério a busca por imagens com menor quantidade possível de nuvens, menor excesso de brilho e maior normalidade espectral, optou-se por uma imagem com data de passagem referente ao mês de agosto de 2017. Após a escolha das imagens, estas foram agrupadas em uma composição falsa-cor (R5G4B6) no software Arcgis 10.4. A seguir foram escolhidas as chaves de interpretação representativas de cada uma das classes de interesse para o algoritmo da classificação supervisionada. Foram definidas sete classes com base no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013) e nos trabalhos de campo realizados, conforme Tabela III.

Tabela III - Valores de vulnerabilidade ambiental para as unidades de uso e ocupação.

Classes de uso e ocupação	Valor de Vulnerabilidade
Caatinga Arbustiva	2
Corpos D'água	5
Cultivos Agrícolas Irrigados	3
Cultivos Agrícolas não irrigados	3
Mata de Transição	4
Solo Exposto	5
Urbano	4

Por fim, para gerar este mapa, dentro do software escolhido, se utilizou o comando *Create Signatures* para criar as chaves de identificação espectral, seguido pelo comando *Maximum Likelihood Classification* para realizar a classificação. Em seguida se converteu o raster para a modalidade vetorial com o comando *Raster to Polygon,* realizou-se algumas correções necessárias editando a tabela de atributos e calculou-se os respectivos valores em área ocupada pelo comando *Geometry Calculator.*

Ao final, utilizando das variáveis descritas anteriormente na Tabela 1 em formato raster segue-se o desenvolvimento da operação algébrica, atribuindo valores de 1 a 5 (sendo um

pouco vulnerável e cinco altamente vulnerável) a cada critério e, posteriormente, somando-os, utilizando a ferramenta *Reclassify e Intersect.* Na sequência, para a determinação das classes de vulnerabilidade ambiental os valores atribuídos a cada classe foram interpolados, utilizando a ferramenta raster *calculator.*

Cabe destacar que os valores atribuídos são descritos na Tabela II, III, IV e V e se baseiam nas pesquisas realizadas por Souza (2017), Souza e Vale (2016), Nascimento e Dominguez (2009), Tangliani (2002), Crepani *et al.,* (1996), dentre outros.

Tabela IV- Valores de vulnerabilidade ambiental atribuídos às diferentes classes de solos.

Classes de solos	Valor de Vulnerabilidade
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	2
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	2
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	1
Neossolos Litólicos Distróficos	4
Neossolos Regolíticos Eutróficos	4
Planossolo Háplico Eutrófico Solódico	3

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (1996).

Tabela V - Valores de vulnerabilidade ambiental para as unidades litológicas.

Unidades Litológicas	Valor de Vulnerabilidade
Augengnaisse Riacho da Onça	4
Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	5
Corpos metamáficos e metaultramáficos	4
Gnaisse Ipirá	3
Granitos da região de Senhor do Bomfim	4
Fácies do Itapicuru	3
Ortognaisse granulítico, enderbítico a charnockítico	3
Ortognaisses migmatíticos	2
Província Saúde	4

Fonte: Adaptado de Crepani *et al.* (1996).

Ao final, o índice de vulnerabilidade ambiental da área em estudo foi o resultado da média aritmética encontrada distribuída em cinco classes, com intervalos demonstrados na Tabela VI.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela VI - Média aritmética para as classes de vulnerabilidade ambiental.

CLASSIFICAÇÃO	INTERVALOS
Muito Baixa	4 ┤ 8
Baixa	8 ┤ 10
Média	10 ┤ 12
Alta	12 ┤ 15
Muito Alta	15 ┤ 19

Fonte: Adaptado de Nascimento e Dominguez (2009)

3. Resultados e Discussões

A partir dos critérios e procedimentos descritos anteriormente, apresenta-se na Tabela VII e na Figura 01 os resultados obtidos na análise da vulnerabilidade ambiental do município de Senhor do Bonfim. Tais resultados demonstram que a área em estudo se enquadra na maioria das classes dentro da metodologia proposta por Nascimento e Dominguez (2009), são elas: Muito Baixa, Baixa, Média e Alta Vulnerabilidade.

Tabela VII - Nível de Vulnerabilidade Ambiental do município de Senhor do Bonfim .

Nível de Vulnerabilidade Ambiental	Área	
	(km²)	(%)
Muito Baixa	63,66	7,81
Baixa	402,68	49,42
Média	317,96	39,02
Alta	30,46	3,74

Inicia-se a discussão pelas áreas de **alta vulnerabilidade ambiental**. Esta classe engloba 30,46 km² da área em estudo, cerca de 3,74% e inclui um cinturão de rochas vulcano-sedimentares de baixo grau metamórfico, de idade presumivelmente arqueana a paleoproterozóica pertencentes ao Complexo do Itapicuru, associadas declividade superior a 37%, ocupados por nossolos litólicos distróficos revestidos por uma vegetação de mata de transição.

ISBN: 978-85-7282-778-2

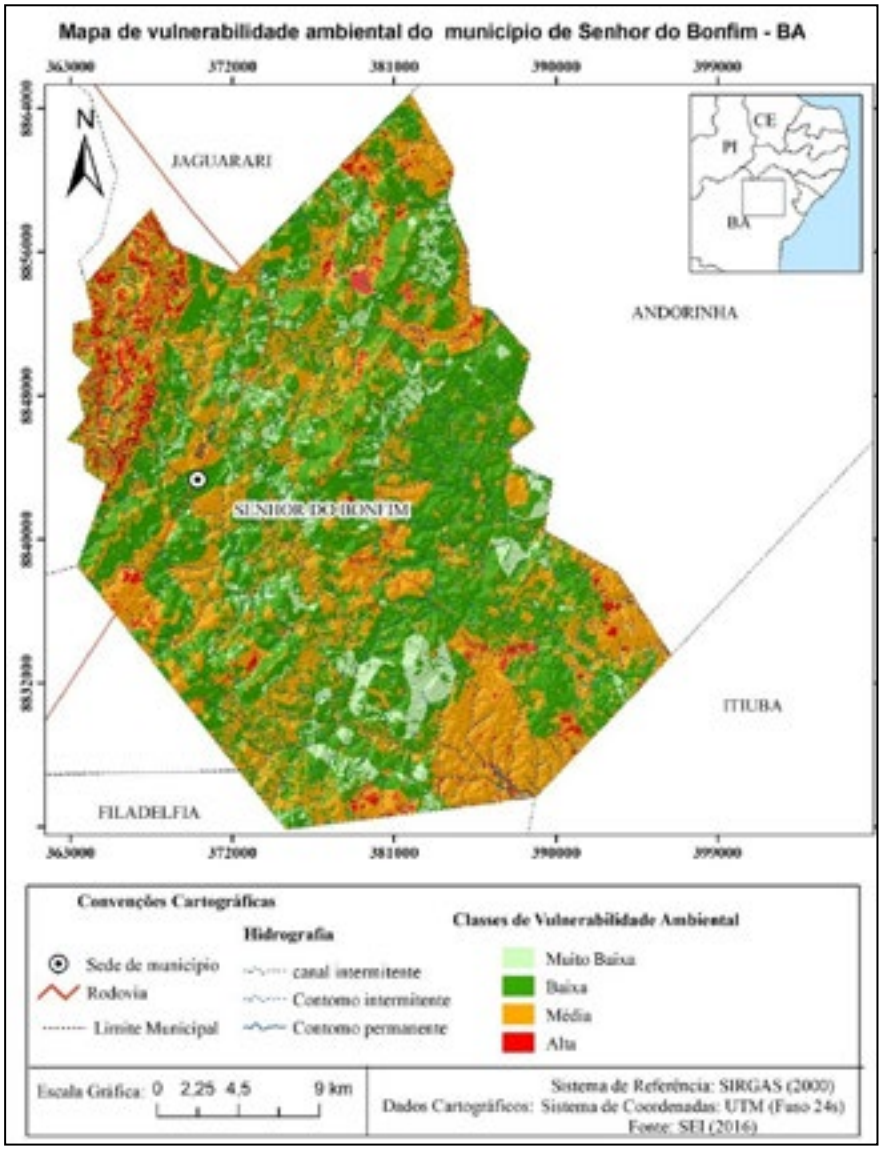
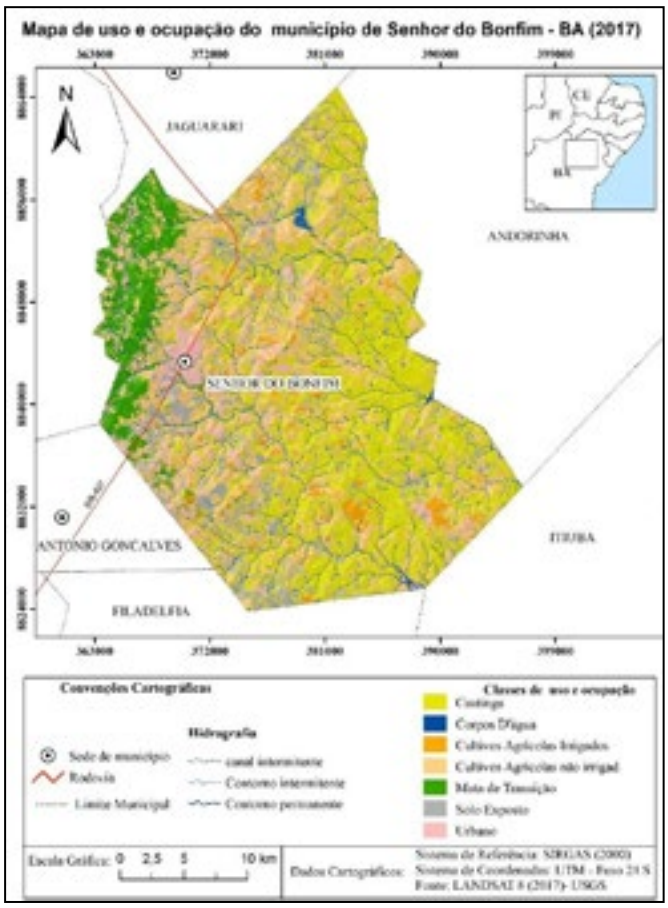


Figura 01- Mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Senhor do Bonfim - BA.

As limitações ao uso e ocupação desta unidade estão relacionadas ao solo raso, presença da rocha aflorante e aos declives acentuados. Estes fatores limitam o crescimento radicular, o uso de máquinas e elevam o risco de erosão. Desta forma, recomenda-se para estas áreas o estabelecimento de projetos de monitoramento dos condicionantes físicos dos sistemas ambientais presentes, principalmente quanto à possibilidade de erosões e demais impactos ambientais.

ISBN: 978-85-7282-778-2

A classe de **média vulnerabilidade ambiental** compreende cerca de 317,96 km², o que corresponde a 39,02% da área total. Esta classe ocorre predominantemente no pediplano sertanejo ocupado pelo planossolo háplico, latossolo vermelho (Figura 04), e vegetação de savana estépica. Esta classe se destaca também frente a elevada ocupação pelo uso urbano (Figura 03), fato que denota uma série de impactos ambientais associados, tais como a contaminação do lençol freático por fossas assépticas, a contaminação dos recursos hídricos superficiais pela deposição de efluentes e dejetos, a poluição atmosférica, o depósito de resíduos sólidos, a ocupação de áreas irregulares, dentre outros diretamente observados durante os trabalhos de campo.



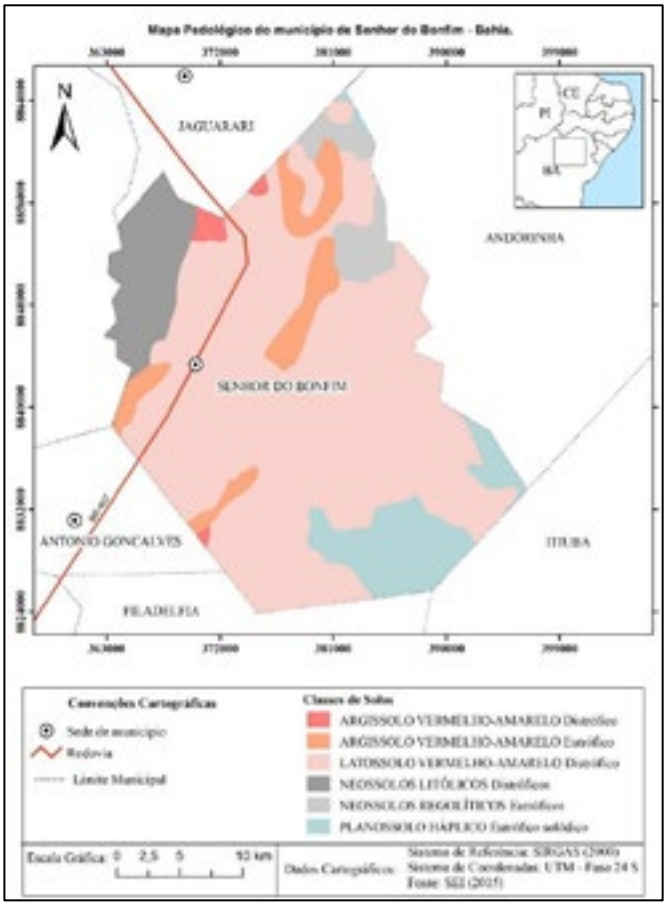


Figura 03 e 04- Mapa de uso e ocupação e Mapa Pedológico do município de Senhor do Bonfim – BA.

Sugere-se que estas áreas sejam reabilitadas ambientalmente por meio de projetos de

recuperação de áreas degradadas e reflorestamento. Para posteriormente, se tornarem menos vulneráveis e passíveis de uso controlado, dentro dos limites descritos na legislação ambiental brasileira.

As classes de **Baixa vulnerabilidade ambiental** e **Muito Baixa vulnerabilidade ambiental** somadas apresentam 466,34 km², compreendendo 57,24% da área total. Juntas, estas classes configuram a matriz ambiental do município. Ocorrem predominantemente nas áreas de cultivos agrícolas irrigados, cultivos não irrigados e savana estépica (Caatinga). Representam áreas com declividades inferiores a 30%.

Para estas áreas, entendidas enquanto sistemas passíveis de otimizações da feição de uso atual por meio do emprego de técnicas compatíveis com os sistemas ambientais presentes aconselha-se a criação de instrumentos que possibilitem o uso sustentável, organizando as lavouras e os rebanhos de forma mais racional. Executando técnicas de manejo que conservem o solo e os recursos hídricos e evitem impactos negativos como os processos erosivos, a redução dos fluxos de água, a contaminação dos solos por defensivos agrícolas e a compactação dos solos.

Propõe-se que as atividades desenvolvidas nesta unidade sejam administradas devidamente levando-se em conta a distância (vertical e horizontal), entre a fonte poluidora e os mananciais subterrâneos e superficiais, bem como o tipo de carga poluidora e a competência de autodepuração do sistema ambiental. Nesse sentido, é fundamental que se desenvolvam práticas mais sustentáveis, como a rotação de culturas, a agricultura familiar, a policultura e práticas consorciadas, como a dos sistemas agroflorestais.

Recomenda-se o desenvolvimento de estudos para subsidiar o estabelecimento de limites de ocupação das áreas agrícolas dos municípios, visando garantir a segurança alimentar, a diversificação da matriz econômica, a geração de emprego e renda e a conservação da biodiversidade. Também cabe lembrar que é fundamental que se preservem os fragmentos de Savana Estépica e Mata Ciliar enquanto Áreas de Preservação Permanentes tais como elucidadas pela Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012).

4. Considerações Finais

As análises das classes de vulnerabilidade ambiental do município de Senhor do Bonfim mostraram que os sistemas naturais presentes apresentam dois diferentes graus de vulnerabilidade a ação antrópica. Nas áreas mais elevadas, marcadas por relevos residuais, predomina a média e alta vulnerabilidade ambiental, apesar das diferentes intensidades de uso da terra nestas áreas, prevalecendo de uma forma geral os condicionantes intrínsecos destes ecossistemas. Para estas áreas se devem estabelecer limitações de uso e ocupação amparadas pela legislação ambiental e pelos instrumentos de gestão vigentes, visando a conservação e restauração dos ecossistemas presentes.

Por outro lado, as áreas menos vulneráveis apresentam maiores potencialidades de uso, em face da maior sustentabilidade oferecida pelos solos mais estáveis e litologias antigas, como no caso dos pediplanos que representam a matriz da área em estudo. Percebe-se a necessidade do desenvolvimento de pesquisas nesta área, embasadas em instrumentos que contribuam na minimização dos efeitos negativos da ação antrópica.

Referências Bibliográficas

BLAIKIE, P.M.; CANNON, T.; DAVIS, I.; WISNER, B. At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters. **Routledge,** London, 1994.

BOHLE, H. G.; DOWNING, T. E.; WATTS, M. J. Climate Change and Social Vulnerability: toward a sociology and geography of food insecurity. **Global Environmental Change**, v. 4, n. 1, 1994.

BRASIL. **Lei Federal n.º 6.766, de 19 dez. 1979**. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Brasília – DF. 1979.

CARVALHO, C.S.; MACEDO, E.S.; OGURA, A.T. (org.). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Ministério das Cidades. Brasília, DF. 2007.

CREPANI E., MEDEIROS J.S., AZEVEDO L.G., HERNANDEZ Filho P., FLORENZANO T.G., DUARTE V. **Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico-econômico**: metodologia desenvolvida para subsidiar o Zoneamento Ecológico-Econômico. INPE, São José dos Campos. 1996.

CUTTER, S., BORUFF, B., & Shirley, W. L. Social vulnerability to environmental hazards. ***Social Science Quarterly****, 84*, 242–261. 2003.

CUTTER, Susan. L. **Vulnerability to environmental hazards:** Progress in Human Geography, v.20, n.4, p.529-539, 1996.

DENT, D.; YOUNG, A. **Soil Survey and Land Evaluation**. London: George Allen & Unwin (Ed.), 1981. 278p.

FRAYNE, B. Migration and urban survival strategies in Windhoek, Namibia. **Geoforum** 35.2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de Uso da Terra**. 2013. 3ª Ed. Rio de Janeiro.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual técnico de Pedologia**. 2007. 4ª Edição. Rio de Janeiro.

KALY, U., et. al. **Environmental Vulnerability Index (EVI) to Summarise National Environmental Vulnerability Profiles**. New Zealand: South Pacific Applied Geoscience Commission. 1999.

KASPERSON, R. E.; DOW, K.; ARCHER, E. R. M.; CÁCERES, D.; DOWNING, T. E.; ELMQVIST, T.; ERIKSEN, S.; FOLKE, C.; HAN, G.; IYENGAR, K. VOGEL, C.; WILSON, K. A.; ZIERVOGEL, G. Vulnerable Peoples and Places. In: HASSAN, R,; SCHOLES, R.; ASH, N. 9 (ed.). **Ecosystems and human well-being: current state and trends**. Millennium Ecosystem Assessment. Washington, DC: Island Press, 2005.

LEONE, F.; VINET, F. **La vulnerabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles**: analyses géographiques. Montpellier : Université Paul Valery, Collection Géorisques n. 1, 2006.

LUERS, A. L. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. **Global Environmental Change.** N° 15, p. 214–223, 2005

MAZZER A.M. **Proposta Metodológica de Análise de Vulnerabilidade da Orla Marítima à Erosão Costeira**: Aplicação na Costa Sudeste da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil. 2007.Tese de Doutorado (Programa de Pós Graduação em Geociências) Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MENEZES ,R .C.L .;L OUR EIR O,H.S .C.;R EIS ,C.;S ANTOS ,F.P;MIR ANDA.D.A.;V IEIR A,R .ARIM **Serra de Jacobina: Senhor do Bonfim.** Folha S C.24-Y -B-I. Estado da Bahia. Carta Geológica-Geofísica. Salvador: CPRM, 2017.

NASCIMENTO D.M.C.; DOMINGUEZ J.M.L. Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, 39:395-408.2009.

NUNN, P.; MIMURA, N. Vulnerability of South Pacific island nations to sea-level rise. **Journal of coastal research,** 24, 133-151. 1997.

PELLING, M. The vulnerability of cities: Natural disasters and social. **Earthscan,** London. 2003.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental**: Teoria e Prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

SOUZA, S. O. **Proposta de zoneamento geoambiental como subsídio ao planejamento do uso e da ocupação na Região Costa das Baleias** (Bahia). Tese de doutorado. UNICAMP – Campinas, 2017.

SOUZA, S. O. VALE, C. C. Vulnerabilidade ambiental da planície costeira de Caravelas (BA) como subsídio ao ordenamento ambiental. **Soc. nat.,** Uberlândia , v. 28, n. 1, p. 147-159, abr. 2016.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA- SEI. **Anuário estatístico da Bahia.** V. 1. Salvador: SEI.2015.

_____ **Mapas digitalizados do Estado da Bahia:** base de dados. Salvador: SEI, 2012. (CD-ROM).

TAGLIANI C. R. A.**Técnica para avaliação da vulnerabilidade de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações**. Porto Alegre, UFRGS. 2002.

TOBIN, G. A & MONTZ, B.E. **Natural hazards: explanation and integration**. New York: The Guilford Press, 1997.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE AMBIENTAL À PERDA DE SOLO NAS BORDAS DO RESERVATÓRIO DA UHE DE ITUMBIARA-GO

Lucas de Castro Medrado (a), Patrícia Romão de Araújo (b), Diego Tarley Ferreira Nascimento (c) Maurício Martines Sales (d)

[a] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, lucascastromedrado94@gmail.com
[b] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, patriciadearaujoromao@gmail.com
[c] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, diego.tarley@gmail.com
[d] Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Goiás, sales.mauricio@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Os processos erosivos têm uma tendência natural de ocorrer nas regiões intertropicais brasileiras, mas podem ser intensificados pela ação antrópica. A análise do grau de vulnerabilidade dos condicionantes naturais, tendo em vista essa ação, pode auxiliar no entendimento da dinâmica dos sistemas ambientais e dos eventos que podem ser intensificados ou deflagrados por tal interferência. Desse modo, o objetivo do presente trabalho é apresentar um estudo sobre a vulnerabilidade ambiental à perda de solos nas bordas do reservatório da UHE de Itumbiara, localizada entre Goiás e Minas Gerais. A vulnerabilidade à perda de solos foi pesquisada de acordo com o que foi sugerido por Crepani (2001), com adaptações. Foram analisadas as variáveis geologia, solos, geomorfologia, clima, além da cobertura do solo, por meio da utilização de tecnologias de geoprocessamento. Os resultados indicaram principalmente as áreas vulneráveis associadas a solos do tipo Cambissolo e ao predomínio de agricultura e pastagem.

Palavras chave: erosão; vulnerabilidade; reservatórios.

1. Introdução

As atividades antrópicas, sobretudo relacionadas às atividades agrícolas e pecuárias, interferem nos processos da dinâmica externa, convertendo o processo pedogenético ao morfogenético, como o que ocorre na aceleração de processos erosivos por manejo agropastoril inadequado. A falta de planejamento e ordenamento ambiental pode fragilizar uma

comunidade, afetando-a em diversos aspectos, como, por exemplo, no abastecimento hídrico, na geração de energia e na produção de alimentos (SÁNCHEZ, 2015).

De acordo com Santos (2007), o Brasil não está livre de desastres naturais, capazes de provocar diversos prejuízos sociais e econômicos. Existem os mais diversos tipos de desastres, sendo mais notados: erosões, seca, deslizamentos de terras e enchentes. Apontado pela autora supracitada como um dos desastres muito frequentes e bastante nocivos, as erosões são mais propensas a ocorrerem em áreas degradadas por atividades antrópicas.

A cobertura vegetal é um fator preponderante para proteção do solo, pois o impacto da queda das gotas da chuva é amortecido, diminuindo a energia cinética e, consequentemente, a desagregação e o carreamento das partículas de solo (COGO et al., 2003). Naturalmente, a ação das chuvas em terrenos com solos mais erodíveis ou com maior declive favorece o surgimento de erosões hídricas.

Para Drew (1986), a paisagem é produto da relação entre a litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera. De acordo com as condições atmosféricas, dos agentes da hidrosfera e da atuação da biosfera, a litosfera encontra-se em constante transformação, principalmente em relação aos processos intempéricos, que expõem os materiais inconsolidados aos processos de pedogênese (condição de biostasia) e/ou aos processos morfogênese (condições de resistasia) (CREPANI et al. 2001). O processo de intemperismo atua na litosfera na desagregação e/ou decomposição e o erosivo, no transporte dos materiais que serão posteriormente depositados. Isso ocorre, em especial, nas regiões intertropicais brasileiras, nas quais os processos da dinâmica externa são mais atuantes. Os processos erosivos hídricos em superfície, que ocorrem por meio do escoamento superficial, envolvem perdas de solos, o que comumente culmina em sua deposição nos mananciais hídricos adjacentes. Nesse sentido, o grau de suscetibilidade do terreno aos processos morfogenéticos pode ser levantado por meio do conhecimento de sua vulnerabilidade natural.

Crepani et al. (2001) define vulnerabilidade natural à perda de solos como resultante de uma convergência de fatores naturais, observados a partir de uma análise integrada da

ISBN: 978-85-7282-778-2

geologia, do solo, do clima, da vegetação e da geomorfologia, tendo em vista a vulnerabilidade de cada um desses temas aos processos erosivos. Para os autores, no momento em que a cobertura do solo também é levada em conta, a vulnerabilidade não é mais considerada natural, e sim ambiental, tendo em vista o componente antrópico atuante. A vulnerabilidade ambiental pode ser descrita como o grau de susceptibilidade de uma determinada área aos eventos naturais e à degradação ambiental, levando em conta a dinâmica natural dos sistemas ambientais e a intervenção antrópica, por meio da exploração dos recursos naturais (OLÍMPIO; ZANELLA, 2012).

Santos (1997, p. 2) afirma que "as erosões geram sérias consequências socioeconômicas como a perda de áreas agricultáveis ou habitáveis, interrupção de vias, assoreamento do leito dos cursos d'água e destruição do patrimônio privado e público". Os estudos para identificação de áreas com tendências à erosão podem auxiliar na prevenção da alteração da paisagem, sem o devido manejo.

Desse modo, visando contribuir ao ordenamento ambiental e à prevenção de danos e perdas, a presente pesquisa pretende identificar as vulnerabilidades ambientais à perda de solo nas bordas do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Itumbiara, como um dos produtos de um convênio firmado entre a Universidade Federal de Goiás (UFG) e Furnas Centrais Elétricas.

2. Materiais e métodos

A área em estudo é representada por um quadrante envolvendo as bordas do reservatório da UHE de Itumbiara, que estende-se por 13 municípios em Goiás e Minas Gerais: Itumbiara (GO), Buriti Alegre (GO), Morrinhos (GO), Água Limpa (GO), Marzagão (GO), Caldas Novas (GO), Corumbaíba (GO), Nova Aurora (GO), Cumari (GO), Araguari (MG), Tupaciguara (MG), Araporã (MG) e Uberlândia (MG) – Figura 1. A barragem da UHE de Itumbiara localiza-se no município de Itumbiara, no extremo sul do estado de Goiás. O clima na região é o Tropical Brasil Central Subquente e semiúmido, com 4 a 5 meses secos, referentes

aos meses de maio a setembro (NIMER, 1979). A UHE de Itumbiara tem fundamental importância para toda a região, principalmente pela geração e fornecimento energético.

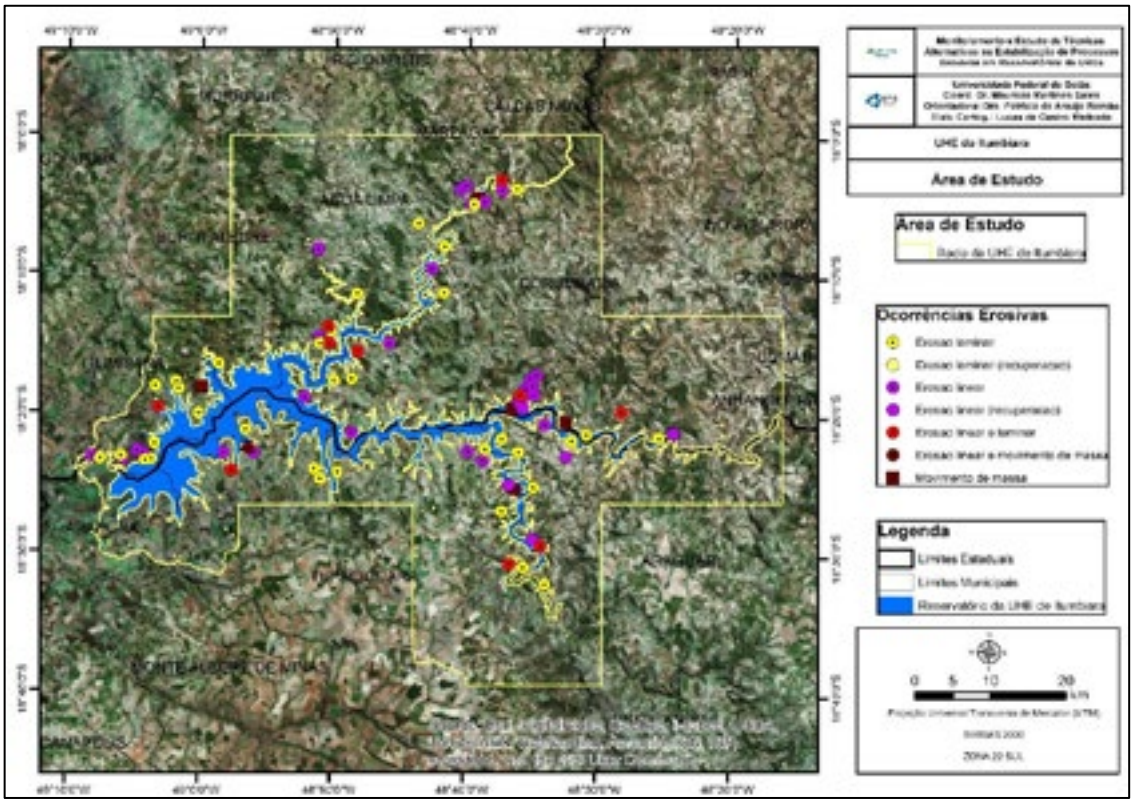


Figura 1 – Localização da UHE de Itumbiara.
Fonte: próprios autores.

O presente trabalho foi elaborado a partir da metodologia de Crepani et al. (2001). Os autores em questão sugerem um método de avaliação baseado na atribuição de valores para os temas de geologia, vegetação, geomorfologia, solo e clima. Esses valores variam entre 1,0 (estável) e 3,0 (vulnerável), conforme predomínio da pedogênese ou da morfogênese - respectivamente.

Foram realizadas algumas adaptações à proposta apresentada por Crepani et al. (2001), com relação aos temas clima, vegetação e geomorfologia, conforme também sugerido por Almeida, Romão e Nascimento (2017). Quanto ao tema clima, foi adotado somente um valor

para a região de estudo, devido à inexistência de outras estações meteorológicas com séries extensas e consistentes na área em estudos. Foram utilizados dados da estação meteorológica de Itumbiara, mantida pelo INMET, compreendendo uma série temporal de 1990 a 2015. Conforme Crepani et al. (2001), o tema clima é representado pela intensidade pluviométrica, calculada a partir da razão entre a média anual e a duração do período chuvoso

Em substituição ao tema vegetação foi utilizado o mapa de cobertura do solo, com as classes de agricultura, pastagem, formação savânica/campestre, formação florestal, urbano e corpos hídricos – dessa forma, a análise foi realizada quanto à vulnerabilidade ambiental à perda de solos. Os valores de vulnerabilidade com relação ao tema de cobertura do solo são apresentados no Quadro I, a seguir.

Quadro I - Valores de vulnerabilidade para o tema cobertura do solo

CLASSE	VULNERABILIDADE
Corpos Hídricos	1,0
Florestal	1,3
Formação Campestre/Savânica	1,7
Pastagem	2,5
Agricultura	3,0
Urbano	3,0

Fonte: Metodologia adaptada por Almeida, Romão e Nascimento (2017) com base em Crepani et al. (2001).

O tema geomorfologia, tratado originalmente por meio da associação da declividade, do grau de dissecação e da amplitude altimétrica, foi levantado a partir da declividade, da altura acima da drenagem mais próxima (do inglês *Height Above the Nearest Drainage* – HAND) e do comprimento do fluxo, sendo o segundo e terceiro em substituição à amplitude altimétrica e ao grau de dissecação. O Quadro II representa os valores de vulnerabilidade empregados a cada classe associada ao tema geomorfologia.

Quadro II - Valores de vulnerabilidade para o tema geomorfologia

HAND (em m)	VULNERABILIDADE

ISBN: 978-85-7282-778-2

0 – 5	1,0
5,1 – 10	2,0
10,1 – 50	2,5
Acima de 50	3,0
COMPRIMENTO DE FLUXO (EM M)	VULNERABILIDADE
0 – 50	1,0
50,1 – 300	2,0
Acima de 300	3,0
DECLIVIDADE (EM %)	VULNERABILIDADE
0 – 5	1,0
5,1 – 16	2,0
16,1 – 50	2,5
Acima de 50	3,0

Fonte: Metodologia adaptada por Almeida, Romão e Nascimento (2017) com base em Crepani et al. (2001).

Com base nas ferramentas de geoprocessamento disponíveis no programa *Arcgis* versão 10.3, foram definidos os valores de vulnerabilidade correspondentes a cada tema e, em seguida, calculada a média aritmética e elaborado o mapeamento da vulnerabilidade ambiental à perda de solos da área em estudos.

3. Resultados e discussões

A litologia da área em estudos é representada predominante por clorita xisto, quartzo-mica-xisto, muscovita-biotita-xisto e xisto, que indicam vulnerabilidade moderadamente estável. Ainda há presença de balsaltos, dacitos e ortoganisses a oeste e sul, que remetem a condição de estabilidade, e de lateritas e depósitos de areia, argila e cascalho no extremo sul, que condicionam maior vulnerabilidade. Percebe-se a presença de processos erosivos nas áreas moderadamente estáveis nas bordas do reservatório, relacionados essencialmente a clorita xistos, quartzo-mica-xisto, muscovita-biotita-xisto e xisto (Figura 2).

ISBN: 978-85-7282-778-2

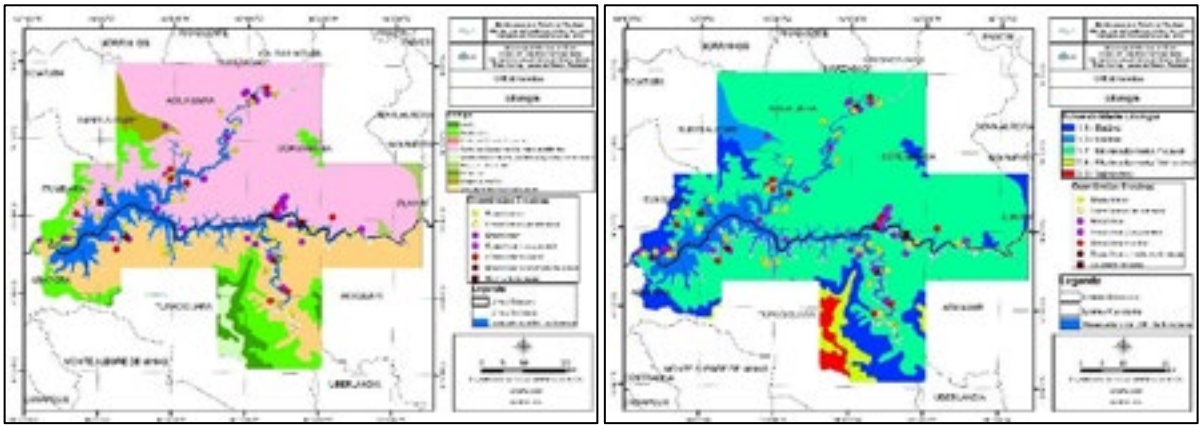


Figura 2 – Mapa de geologia e Vulnerabilidade associada à essa temática.
Fonte: próprios autores.

Os cambissolos, latossolos e a associação entre essas duas categorias de solos predominam na área em estudo. Os latossolos e a associação entre latossolos e cambissolos estão presentes mais próximos às bordas do reservatório, repercutindo maior estabilidade à perda de solos. As áreas com cambissolos, que apresentam moderada vulnerabilidade, condizem com a situação das ocorrências erosivas, próximos a canais de drenagem que se direcionam ao reservatório da UHE (Figura 3).

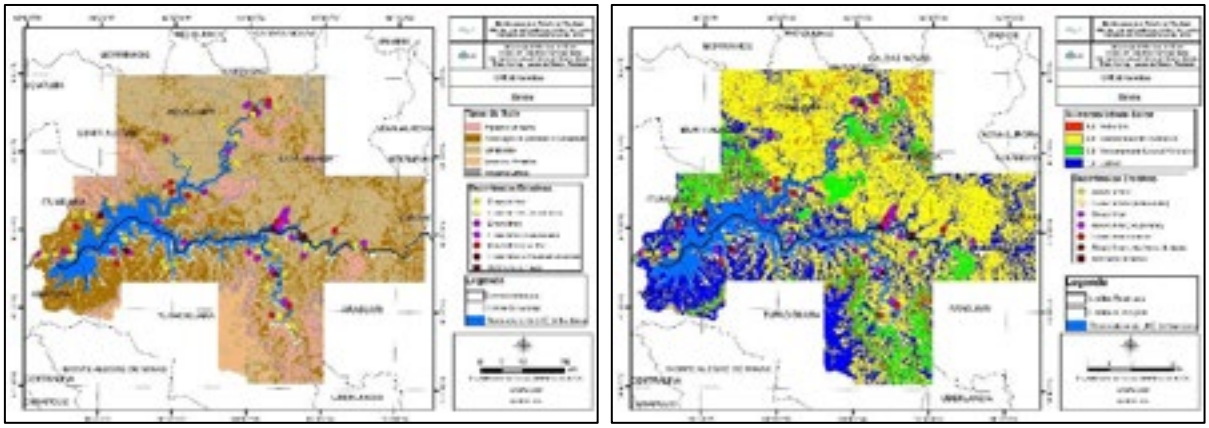


Figura 3 – Mapa de solos e Vulnerabilidade associada à essa temática.
Fonte: próprios autores.

Com relação ao tema geomorfologia, apesar de haver elevados comprimentos dos fluxos na vertente (alcançando até 244 m), grande parte do entorno do reservatório apresenta relevo

plano a suave ondulado e altura acima da drenagem mais próxima de até 5 m, com a condição de terrenos com baixos desníveis. Por tal motivo, a evidencia-se maior estabilidade associada a esse tema (Figura 4).

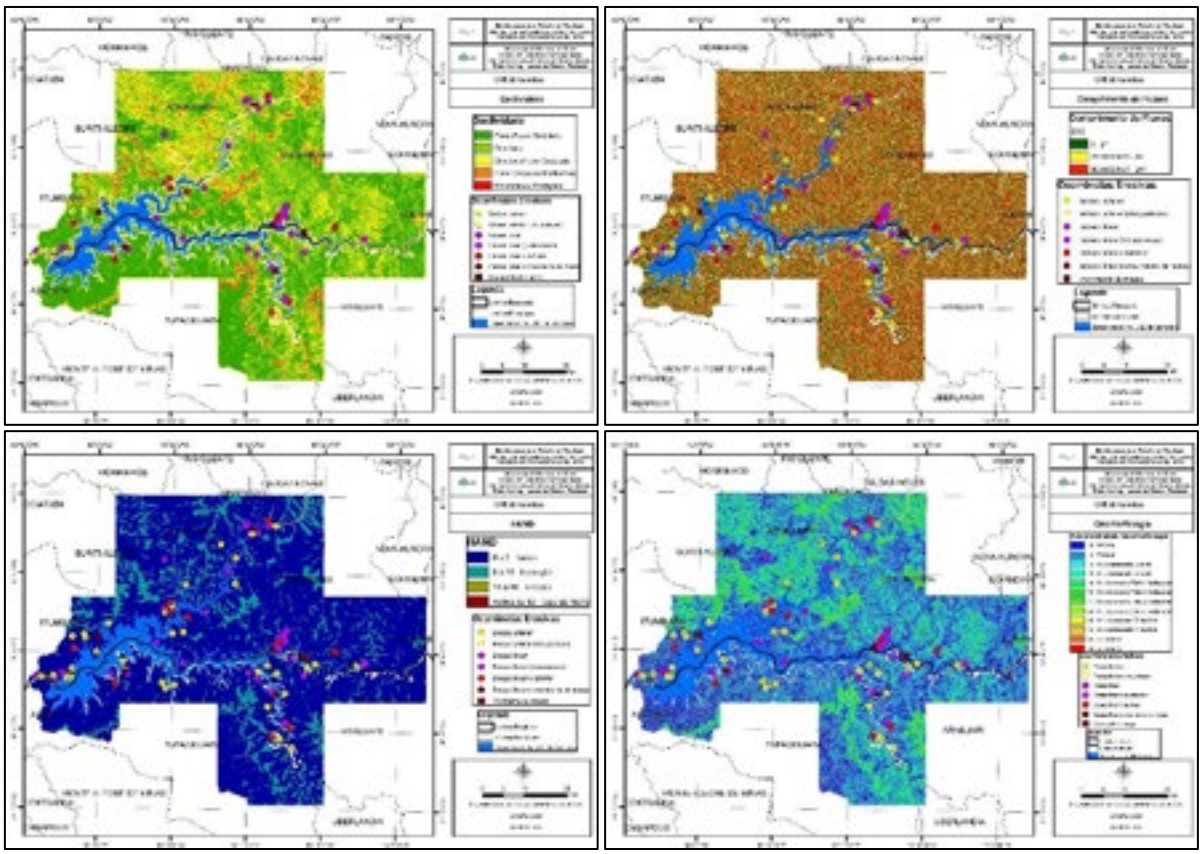


Figura 4 – Mapa de declividade, comprimento de fluxo, altura da drenagem mais próxima e Vulnerabilidade associada à essa temática de geomorfologia.
Fonte: próprios autores.

Por conta do relevo plano e solos propícios, a pastagem e agricultura são bem presentes, ocupando 43,7 e 22,3 % da área em estudo, respectivamente (Figura 5). A agricultura repercute a maior vulnerabilidade na região, onde há maior indício de processos erosivos, seguida pela pastagem, moderadamente vulnerável, onde também se verifica considerável presença de erosões. A cobertura vegetal representa 33,8 %, respondendo aos terrenos moderadamente estáveis e estáveis, essa última condição associada à formação florestal.

ISBN: 978-85-7282-778-2

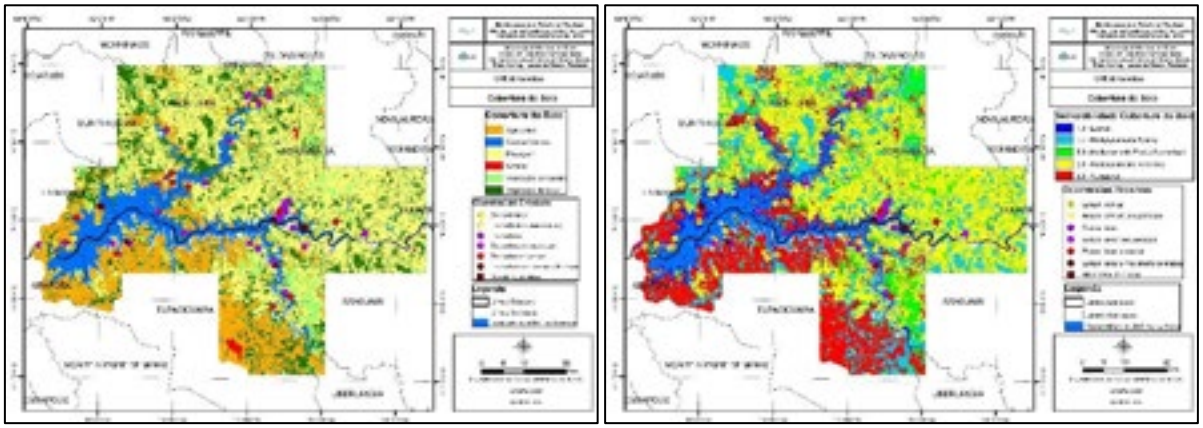


Figura 5 – Mapa de cobertura do solo e Vulnerabilidade associada à essa temática.
Fonte: próprios autores.

A média anual de precipitação em Itumbiara é de 1.342,20 mm, com período chuvoso de 7 meses, verificado entre os meses de outubro a abril (Figura 6). Assim, a intensidade pluviométrica para a área em apreço é de 191,74 mm/ano, o que condiz com vulnerabilidade de 1,6, isto é, moderadamente estável – segundo a metodologia de Crepani et al. (2001).

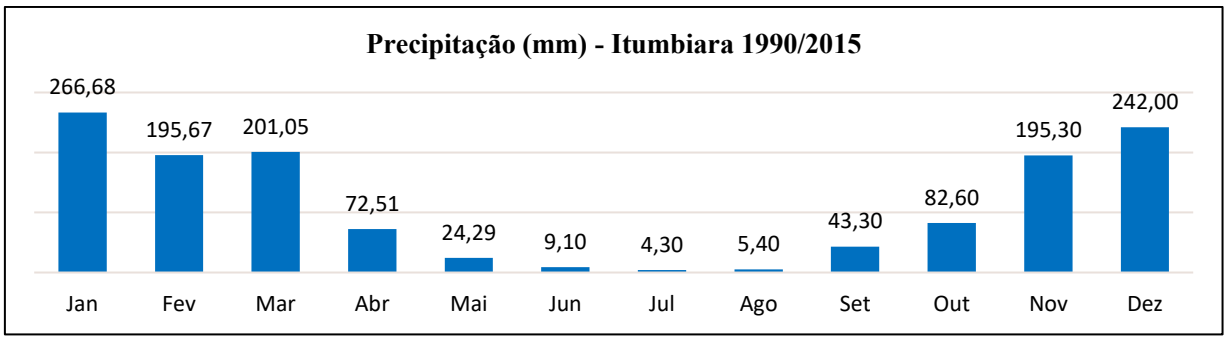


Figura 6 – Média de precipitação mensal em Itumbiara (1990/2015).
Fonte: INMET.

Dessa forma, a partir do cruzamento dos mapas de vulnerabilidade associada aos temas geologia, solos, geomorfologia e cobertura do solo foi possível proceder ao mapeamento da vulnerabilidade ambiental à perda de solos nas bordas do reservatório da UHE de Itumbiara (Figura 7).

ISBN: 978-85-7282-778-2

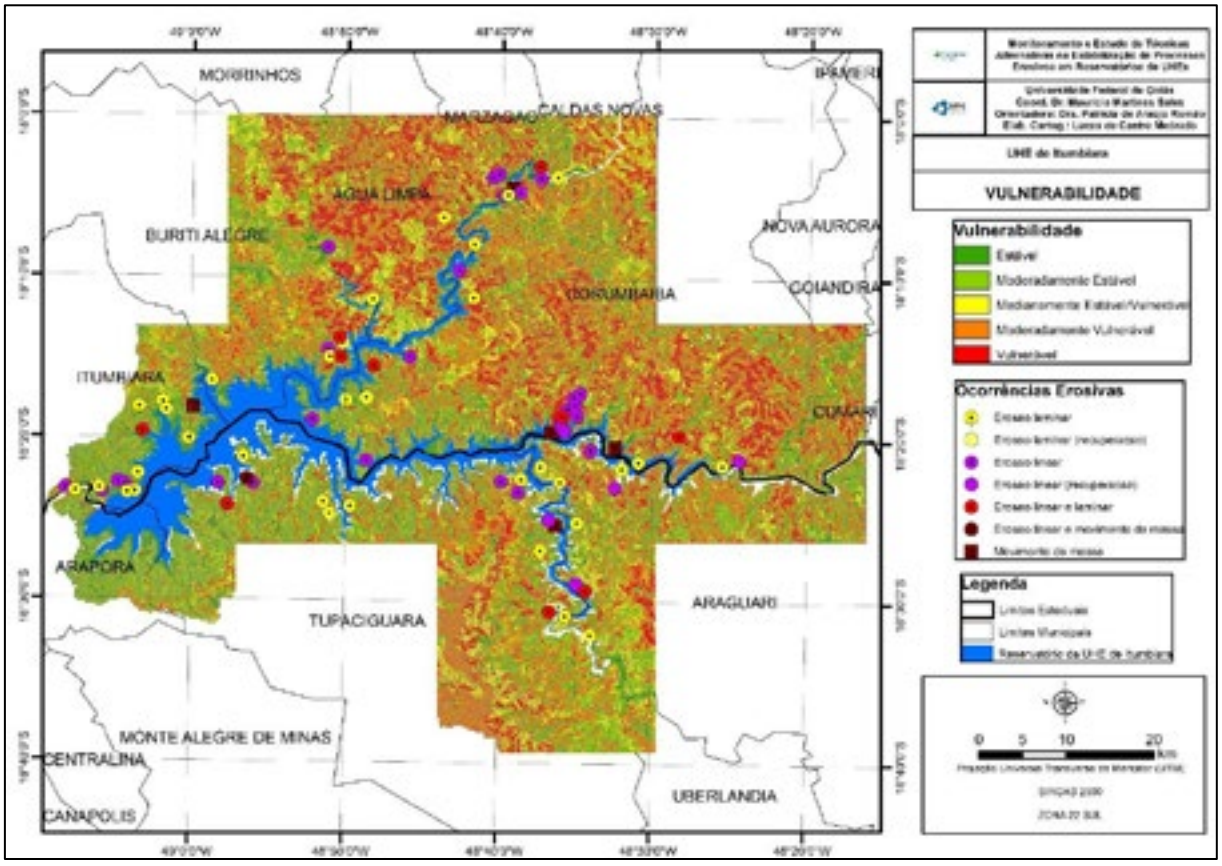


Figura 7 – Vulnerabilidade ambiental das bordas do reservatório da UHE de Itumbiara.
Fonte: próprios autores.

As áreas classificadas como vulneráveis e moderadamente vulneráveis coincidem com a maior ocorrência de processos erosivos, especialmente norte e leste do reservatório, onde se encontram cambissolos e latossolos vermelhos (solos), clorita xisto, quartzo mica xisto, muscovita biotito xista, laterita e depósitos de areia, cascalho e argila (geologia) e agropecuária (cobertura do solo). Entretanto, algumas ocorrências erosivas também são verificadas em áreas classificadas como moderadamente estável – a oeste e sul do reservatório, o que pode ser justificado pela influência de um tema ou outro no momento do cruzamento das vulnerabilidades.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Considerações finais

O estado de Goiás é palco de um constante processo de expansão agropecuária e de desrespeitos à legislação ambiental. Entretanto, faz-se necessário que as atividades agropecuárias sejam desenvolvidas sob um manejo adequado, e de acordo com a observação das vulnerabilidades do ambiente.

Os estudos de geologia, clima, solo, geomorfologia e cobertura do solo convergem para a análise integrada da estabilidade do solo da região, a qual propicia uma avaliação do solo em estar mais ou menos vulnerável à deflagração de processos erosivos.

No caso específico de reservatórios de usinas hidrelétricas, nota-se a ocorrência de focos erosivos devido à ausência de cobertura vegetal e pela presença de atividades antrópicas, que tendem a diminuir a vida útil dos reservatórios, por conta da carga de sedimento carreado pelas erosões e movimentos de massa nas bordas.

Por meio do mapeamento da vulnerabilidade ambiental à perda de solos da UHE de Itumbiara foi possível constatar a maior presença de focos erosivos nas áreas vulneráveis ou moderadamente vulneráveis, condicionadas pela presença de solos mais erodíveis, como os cambissolos. Ainda percebe-se a presença de processos erosivos em áreas definidas como moderadamente estáveis, nas quais a presença de agricultura e, por vezes, de pastagem, influenciou diretamente na vulnerabilidade à perda de solos.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao apoio administrativo e financeiro da Eletrobras Furnas e da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), mediante Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento ANEEL Erosões, número 0394-1014-2010.

6. Referências

ALMEIDA, F.P.; ROMÃO, P. A.; NASCIMENTO, D. T. F. **Vulnerabilidade à perda de solo na bacia do córrego das Crioulas em Paracatu-MG.** In: PEREZ FILHO, A., AMORIM (org.). Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A.. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

CREPANI, E.; BARBOSA, C. C. F.; DUARTE, V.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; MEDEIROS, J. S. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial.** São José dos Campos: Inpe, 2001.

DREW, D. **Processos Interativos Homem-Meio Ambiente**. São Paulo: Difel, 1986.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422p.

OLÍMPIO, J. L. S.; ZANELLA, M. E.. Emprego das tecnologias da geoinformação na determinação das vulnerabilidades natural e ambiental do município de Fortaleza/CE**. Revista Brasileira de Cartografia**, n. 64, v. 1, p. 1-14. 2012.

SALES, M. M.; CARVALHO, J. C.; MASCARENHA, M. M. A.; LUZ, M. P.; SOUZA, N. M.; ANGELIM, R. R. **Erosão em borda de reservatório**. Goiânia: Gráfica da UFG, 2017.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

SANTOS, R. F. **Vulnerabilidade Ambiental.** Brasília: MMA, 2007.

SANTOS, R. M. M. **Caracterização geotécnica e análise do processo evolutivo das erosões no município de Goiânia.** 1997. Tese de Doutorado.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE AOS RISCOS HIDROLÓGICOS NA CIDADE DE BRAGANÇA PAULISTA/SP, BRASIL.

Franciele Caroline Guerra[a] Marina Gama Diotto[b] Estêvão Moraes Ielo [c]

[a] Departamento de Geografia – UNESP – Rio Claro, fran.guerra94@gmail.com.

[b] Departamento de Geografia – UNESP – Rio Claro, marinadiotto@hotmail.com.

[c] Departamento de Geografia – UC - Universidade de Coimbra, estevao.ielo@student.fl.uc.pt

Eixo: Riscos e desastres naturais

Resumo

Nos últimos anos o município de Bragança Paulista/SP tem sido palco do aumento das manifestações de riscos naturais, no que diz repeito às inundações. No entanto, para a consideração do risco urbano, o fator vulnerabilidade (pessoas e ambiente) é fundamental. Considera-se aqui a exposição e a vulnerabilidade social para compreender os meandros relacionados aos riscos hidrológicos podendo assim contribuir para tomada de decisão e sua gestão. O presente trabalho tem como objetivo analisar a partir da cartografia das áreas com vulnerabilidades sociais e ambientais sujeitas às inundações. A análise aqui contida é sobre uma parcela da Região Administrativa do Lavapés em Bragança Paulista/SP. Para tal, foram utilizadas as bases de dados oficiais: setorização prévia das Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Inundações e Movimento de Massa (SGB/CPRM, 2012); IPVS (SEADE, 2013); Base Territorial Estatística de Áreas de Risco (IBGE, 2018); e o os dados dos eventos da Defesa Civil Municipal.

Palavras chave: risco natural, inundações, vulnerabilidade social, Bragança Paulista.

1. Introdução

O estudo dos riscos tem sido um tema bastante debatido na comunidade científica nacional e internacional, quer em termos conceituais e de definição dos seus conceitos [Cutter (2003), Alves (2006), UNISDR (2009), Mendes (2011), entre outros], quer da problematização das componentes que configuram o próprio risco.

O risco é uma relação dualista entre a susceptibilidade e a vulnerabilidade, sendo assim, no momento em que há exposição à manifestação de um fenómeno natural perigoso, é preciso que a sociedade consiga se recuperar, ou seja, que tenha resiliência (TELES & CUNHA, p.2, 2016). A identificação e a caracterização da população residente em áreas de risco são informações geográficas fundamentais para subsidiar ações de redução de danos humanos, ambientais, sociais e econômicos. Fato que a magnitude de um desastre está relacionada com os fenômenos sociais, econômicos e demográficos, entre outros, que contribuem para aumentar a vulnerabilidade e exposição da população a esses eventos (IBGE, 2018).

O Brasil ocupa a 123ª posição em um índice mundial dos países mais vulneráveis a cataclismos, visto que 85% dos desastres são causados por três tipos de ocorrências: inundações bruscas, deslizamento de terra e secas prolongadas. “Nas últimas cinco décadas, mais de 10,225 brasileiros morreram em desastres naturais, a maioria em inundações e devido à queda de encostas” (PIVETTA, p.17, 2016).

Em 2011 o Brasil presenciou a ocorrência do maior desastre natural deste século, que culminou na morte de aproximadamente 900 pessoas e afetou mais de 300 mil na região serrana do Rio de Janeiro, além de severas perdas econômicas, da ordem de 4,8 bilhões de reais, segundo o Banco Mundial (2012). E de tantas outras tragédias como a enchente que ocorreu em quase todas as regiões de Santa Catarina em 2008, com 135 mortes confirmadas, um quarto delas em Ilhota, pequeno município de 12 mil habitantes que fica a pouco mais de 100km de Florianópolis.

No Brasil, a partir de 2011 e 2012, o governo federal estabeleceu como base das políticas ambientais federais, a Lei nº 12.608/2012, a qual integra ações de prevenção e mitigação, voltadas para a gestão de risco e resposta a desastres naturais, promovendo a fiscalização dessas para o bem do patrimônio ambiental urbano, sendo aperfeiçoado pelo Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres.

Este plano foi desmembrado em quatro eixos: mapeamento das áreas de risco, sob responsabilidade da Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais – CPRM/Ministério de Minas e Energia; estruturação do sistema de monitoramento e alerta por meio do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais – CEMADEN/Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações; obras estruturantes do Ministério das Cidades e fortalecimento dos órgãos de defesa civil via Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC/Ministério da Integração Nacional.

Considerando os riscos elencados pelos orgãos como as cheias e inundações, este trabalho teve como **objetivo** identificar e classificar as áreas de susceptibilidade aos riscos iminentes, a cartografia da densidade demográfica e da vulnerabilidade social aos riscos hidrológicos na Região Administrativa do Lavapés - Bragança Paulista/SP (Figura 1), situada especialmente na zona urbana.

Ao final, é possível compreender a natureza e manifestação da vulnerabilidade social, partindo da perspectiva do processo de urbanização brasileiro e da capacidade de resposta, de modo a apoiar a elaboração de políticas públicas para a redução de riscos e desastres.

1. Área de estudo

Figura 1: Localização geógrafica do município de Bragança Paulista/SP.

O município de Bragança Paulista situa-se na porção sudoeste da Serra da Mantiqueira, conserva características de relevos acidentados, com áreas planálticas e montanhosas, em geral de rochas graníticas e xistos, possui um quadro bastante complexo da rede hidrográfica e com zonas de cisalhamento que podem alterar sua resistência. Abriga áreas verdes consideráveis, as quais são importantes áreas de conservação, preservação da vegetação, fauna e estrutura local. A classificação do clima é Cfb de acordo com a Köppen, apresenta um verão quente-chuvoso (230mm em média no mês mais chuvoso, janeiro) e um inverno mais frio e seco (30mm em média no mês mais seco, julho), com temperatura média que varia entre 22°C a 28°C.

A área total do município é de 513,59 km² dos quais 12.075ha na área urbana e 37.924ha na área rural, aproximadamente 52km². Segundo dados do IBGE (2018) 166.753 habitantes e densidade demográfica de 324,68 hab./km² (IBGE 2010). O recorte da área em estudo da Região Administrativa do Lavapés possui 104,5 km² e apresenta como principal curso d'água o Ribeirão do Lavapés, que corta a cidade sentido norte-sul.

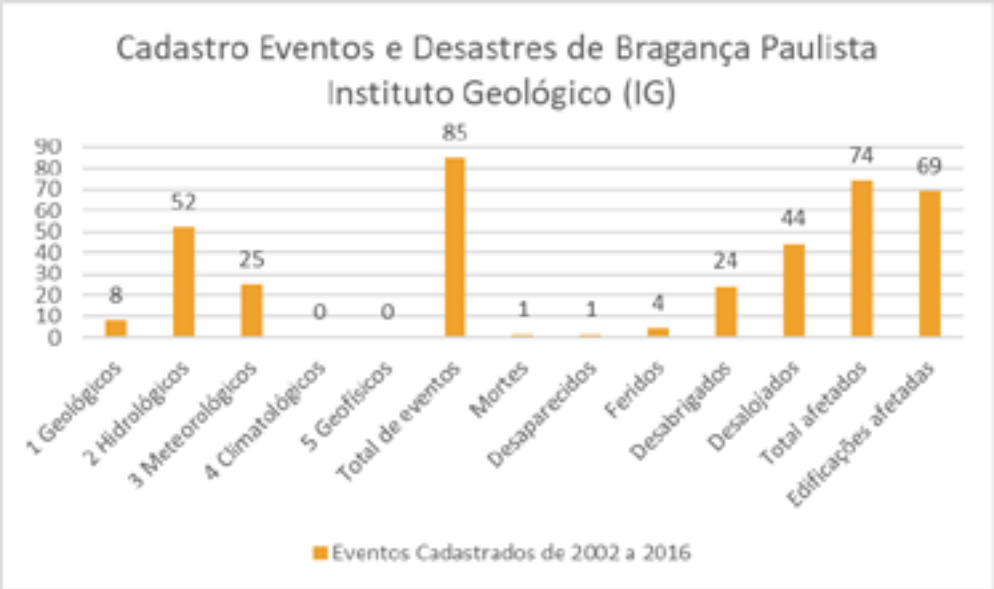
Como a grande maioria dos cursos d'água que atravessam os municípios brasileiros, o Ribeirão do Lavapés sofre impactos com a ocupação do solo urbano. Destaca-se aqui a sobrecarga da infraestrutura de drenagem urbana e de serviços de saneamento, principalmente após a década de 80, quando muitos investimentos na área foram reduzidos drasticamente.

Bragança Paulista enquadra-se neste cenário, sofrendo uma série de problemas socioeconômicos e ambientais. Dentre estes problemas encontra-se o aumento na magnitude e frequência das enchentes, devido ao excesso de áreas impermeabilizadas, o volume de água que antes era infiltrada no solo, passa agora a compor o volume que escoa superficialmente.

Este artigo apresenta alguns dos problemas sociais originados pelos eventos hidrológicos, o grau de vulnerabilidade do município e seu processo histórico - atual como identificador do agravamento destes eventos. Foram realizadas consultas aos dados históricos de desastres naturais apresentados pela Defesa Civil Municipal e pelo IPT (Gráfico 1), também foram analisados os registros históricos em noticiários de ocorrências de ação emergencial em áreas de alto e muito alto risco a inundações e movimentos de massa, apontadas pelo Serviço Geológico do Brasil – SGB/CPRM.

Apesar das distintas formas de avaliação dos riscos, vulnerabilidades e resiliência, a Defesa Civil classifica os desastres causados por inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude) e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar).

Gráfico 1: Cadastro de eventos e desastres entre 2002 a 2016 de Bragança Paulista/SP.



Fonte: Instituto Geológico (2016) – Organizado por Guerra, 2017.

Esses eventos mais incidentes da área em análise ocorrem em períodos de altos índices pluviométricos em curto espaço de tempo na área urbana e afeta moradias devido à grande concentração das águas pluviais em taludes de corte, provocando enxurradas e inundações, com alto potencial de ampliação da área de abrangência e de gravidade, além de deslizamentos e rolamento de blocos.

De acordo com um estudo realizado pelo IBGE (2018) sobre a população exposta em áreas de risco de desastres no Brasil, foram caracterizadas algumas variáveis para a análise, tais como: faixas etárias das pessoas mais vulneráveis aos desastres; acesso à rede de abastecimento de água; acesso à rede de esgoto sanitário e acesso à coleta de lixo.

Dentre estes indicadores de avaliação, o município de Bragança Paulista apresenta os seguintes dados conforme a tabela 1.

Tabela 1: População exposta em áreas de riscos de desastres em Bragança Paulista.

Município	UF	Região	Domicílio em Risco	População em Risco	População 2010
Bragança Paulista	SP	Sudeste	1.200	3.934	146.744

Fonte: IBGE (2018).

Por ser um tema cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, destas residirem ou não em áreas de riscos hidrológicos e movimento de massa e do fenômeno ser objetivo de pesquisa dos inúmeros trabalhos nas mais variadas linhas de abordagem, a fim de contribuir com políticas públicas de redução de danos, voltadas à sustentabilidade ambiental, o papel do poder público, sobretudo, municipal, a participação da comunidade nas discussões sobre o planejamento da cidade, e os instrumentos e perspectivas do processo de planejamento e gestão da cidade de Bragança Paulista/SP.

2. Método de Análise

Para a compreensão da vulnerabilidade, avaliação do grau de perda da capacidade de resistência e recuperação das comunidades face aos processos naturais perigosos, neste caso as inundações, utilizou-se a exposição das pessoas, vista através da densidade demográfica urbana, e a vulnerabilidade social, modelada pelo SEADE (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados) e representada no modelo estatístico do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social (IPVS). Este produto baseia-se na análise fatorial de duas dimensões: socioeconômico e demográfico da população e das condições infraestruturais do território.

A análise final é construída das informações do Censo Demográfio do IBGE, da compilação das bases de Inundações e Movimento de Massa do Serviço Geológico Brasileiro (SGB/CPRM, 2012), da BATER (Base Territórial Estatística de Áreas de Risco - IBGE, 2018); e a identificação dos pontos de alagamento e inundação da Defesa Civil de Bragança Paulista/SP e do IPVS (SEADE). O IPVS inclui variáveis socieconomicas: renda domiciliar

per capita; rendimento médio da mulher responsável pelo domicílio; % de domicílios com renda domiciliar per capita até 1/2 SM; % de domicílios com renda domiciliar per capita até 1/4 SM; % de pessoas responsáveis pelo domicílio alfabetizadas e demográfica: % de pessoas responsáveis de 10 a 29 anos; % de mulheres responsáveis de 10 a 29 anos; idade média das pessoas responsáveis; % de crianças de 0 a 5 anos de idade.

3. Resultados e Discussões

Um dos fatores sobressalentes da exposição da população a processos perigosos pode ser avaliado pela densidade populacional, ainda que esta não contemple as oscilações de volume devido aos fluxos nas diferentes horas do dia, da semana, do mês e do ano (Cunha, 2011).

A densidade demográfica urbana acentuada principalmente nos setores do centro, e outros de importâncias peculiares como comércio e serviços no norte e leste da cidade. Estes setores estão paralelos e no entorno das áreas classificadas com alto risco de alagamento e enxurradas. No que diz repeito ao mapa de vulnerabilidade social, os setores norte/nordeste do centro apresentam uma vulnerabilidade média e ao noroeste, uma vulnerabilidade alta e média. Por serem áreas com grande densidade populacional, somado ao alto risco de inundações e vulnerabilidades médias, constitui devido a este acúmulo, um grande problema na iniciativa de tomada de decisão para as autoridades em um momento de desastre, assim como na recuperação e resiliência dessas áreas. Também na porção leste do município é possível observar áreas de alta vulnerabilidade social, alta densidade populacional e pontos de alagamento e inundação indicados pela defesa civil, difere-se das inundações, porém, acarretam os mesmos transtornos quando se trata da capacidade de suporte e resiliência.

As áreas ao sul do município também apresentam áreas de risco de inundações, porém, menos agravadas por não serem populosas e nem apresentarem vulnerabilidade social elevada.

A espacialização da vulnerabilidade mostrou que as áreas centrais da cidade apresentam baixa vulnerabilidade e as áreas periféricas com alta vulnerabilidade, o que aparenta ser um padrão entre outras cidades onde existe a dispersão (urban sprawl) - e/ou exclusão centro-periferia. A expansão mais recente da cidade na área periférica já é predominantemente de classes de vulnerabilidade social mais elevada, fruto das políticas de ordenamento e segregação socioeconômica.

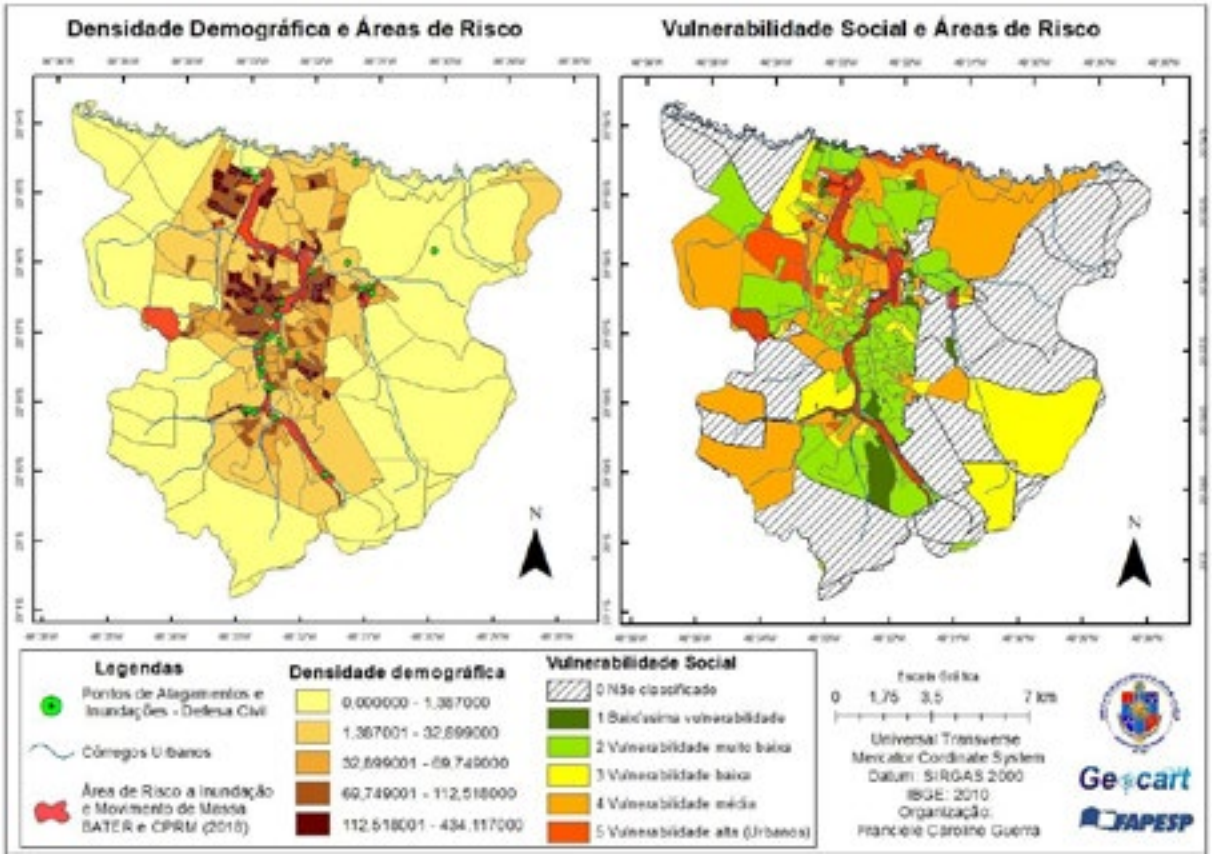


Figura 2: Densidade demográfica por setores censitários e susceptibilidade aos riscos riscos hidrológicos. Vulnerabilidade social e susceptibilidade às áreas de riscos hidrológicos.

Considerando o padrão evolutivo das inundações no município de Bragança Paulista, encontram-se dois registros de inundações que se tornaram desastres:

- Uma inundação gradual - em março de 2003; na divisa com o município de Piracaia, atingindo a Bacia do Ribeirão Água Comprida nas proximidades da rodovia Padre Aldo Bolini. Descrição dos Danos:

Danos Humanos: 300 trabalhadores afetados entre 16 e 50 anos de idade;

Danos Materiais: 9 Infraestruturas públicas, na zona rural, 03 estabelecimentos comerciais, com perda estimada de 70%, e 20 olarias afetadas, destruindo cerca de 1.500 tijolos.

Danos Sociais: Queda de parte da rede elétrica.

- Uma inundação brusca– em janeiro de 2011 (Decreto Municipal 1.151/2011), nos bairros Vila Malva, Jardim Califórnia, Bocaína, Lavapés, Guaripocaba dos Souzas e Menin.
- *Descrição do Evento:* Precipitação total de 176 mm³ em 3 dias;

Dos 16 imóveis existentes sobre o Ribeirão Lavapés, na Av. José Gomes da Rocha Leal, onze foram interditados e cinco deveriam realizar manutenção das estruturas (Figura 3), da Gazeta Bragantina (2011). Um dos imóveis (conforme figura 3) onde funcionava um restaurante teve o chão e parede destruídos, 161 famílias de Bragança foram afetadas, sendo 36 pessoas removidas para abrigos. A prefeitura não soube informar o número exato de pessoas que deixaram suas residências porque grande parte pôde se abrigar na casa de amigos e familiares.

Figura 3: Registro, inundação, Bragança Paulista 2011.

4. Considerações Finais

O produto cartográfico apresentado neste trabalho é mais uma ferramenta disponível ao poder público para análises, críticas e fortalecimento das políticas de alerta, tomada de decisão, planejamento e gestão. Às áreas de vulnerabilidade social evidenciam os déficits na capacidade humana, incapacidade de mobilidade, de se preparar, responder e se recuperar de desastres. Embora os desastres afetem áreas igualmente, independentemente das condições sociais, os impactos variam de acordo com o nível de desenvolvimento e a vulnerabilidade preexistente dos residentes, afetando desproporcionalmente os mais pobres e consequentemente à sensação de insegurança e de incerteza do futuro.

Há variação no espaço e no tempo entre os grupos sociais, em grande parte devido às diferentes características socioeconômicas e demográficas e nada mais é do que o resultado ao longo do tempo das desigualdades sociais e locais, do crescimento populacional desordenado e mal assistido. A mercê do planejamento, as políticas de expansão urbana dirigem-se para periferias sem infraestrutura mínima, serviços básicos de saúde e educação, acabam por expor aos perigos de maneira intensa e gradual. Estas políticas geram custos elevadíssimos, não atendem de forma alguma as necessidades da população e condena à não interação social e uma taxa ínfima de desenvolvimento sem perspectivas a curto e médio

prazo. Dessa forma, a vulnerabilidade de um indivíduo ou grupo social, dependeria da "[...] latitude na qual o indivíduo se posiciona entre a possibilidade de sucesso e fracasso" (Vieillard-Baron, 2013, p. 278).

Agradecimentos

Á FAPESP pela bolsa de mestrado concedida (processo nº 2017/00564-2 e processo nº 2018/11369-9).

Referências Bibliográficas

ALVES, Humberto P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. Revista brasileira de Estudos de População, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43- 59, jan./jun. 2006.

Banco Mundial. (2012). Avaliação de Perdas e Danos Iunudações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro de 2011, 1–63. Retrieved from http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=74dde46c-544a-4bc4-a6e1-852d4c09be06&groupId=10157~
CPRM. (2012). **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa**: Bragança Paulista, São Paulo. Brasília: Ministério de Minas e Energia.

Cutter, S. L. (2011). A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, (93), 59–69. https://doi.org/10.4000/rccs.165

Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards n. *Social Science Quarterly*, *84*(2), 242–261. https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002

Cunha, L. , Mendes, J., Tavares, A., Freiria, S. (2011) – Construção de modelos de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos com o desafio das escalas. Santos, N. e Cunha , L. (editores) - Trunfos de uma Geografia Activa. Desenvolvimento Local, Ambiente, Ordenamento e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 627-638.

IBGE, I. B. de G. e E. (2018). População em Áreas de Risco no Brasil.
Mendes, J. M., Tavares, A. O., Cunha, L., & Freiria, S. (2011a). A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, *93*(93), 95–128. https://doi.org/10.4000/rccs.90

Mendes, J. M., Tavares, A. O., Cunha, L., & Freiria, S. (2011b). A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, *93*(93), 95–128. https://doi.org/10.4000/rccs.90
SEADE. (2013). IPVS versão 2010: Índice Paulista de Vulnerabilidade Social. *Indíce Paulista de Vulnerabilidade Social*.

TELES, V., & CUNHA, L. (2016). Sociedade e Natureza na determinação de riscos naturais urbanos .

Vulnerabilidade a inundações no município de Braga. *ICUR 2016 - International Conference on Urban Risks Proceedings*, (January), 1–9. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/304999137_Sociedade_e_Natureza_na_determinacao_de_riscos_naturais_urbanos_Vulnerabilidade_a_inundacoes_no_municipio_de_Braga_Society_and_Nature_in_determining_urban_natural_risks_Vulnerability_to_floods_in_the_. Acesso em: 16/01/2019.

PIVETTA, M. Um Brasil mais vulnerável no século XXI. In: Revista Pesquisa FAPESP. São Paulo. Ed 249, p. 16 – 23. Nov. 2016. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2016/11/17/um-brasil-mais-vulneravel-no-seculo-xxi/> Acesso em: 04/05/2017.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm>

UNISDR, U. N. I. S. for D. R. (2009). *Terminology on Disasters Risk Reduction. Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives*. Retrieved from www.preventionweb.net

VIELLARD-BARON, H. (2013) Os riscos sociais. In: VEYRET, Y. (Ed.). . **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** Sao Paulo: Contexto, 2013. p. 275–316.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE À EROSÃO DOS SOLOS NA BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA, SEMIÁRIDO PARAIBANO

Patricia da Conceição Dornellas [(a)], Vinicius da Silva Seabra [(b)], Rafael Albuquerque Xavier [(c)] e Richarde Marques da Silva [(d)]

[(a)] Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPB, p.dornellas@uol.com.br

[(b)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, FFP-UERJ, vinigeobr@yahoo.com.br

[(c)] Departamento de Geografia, UEPB campus I, xavier@ceduc.uepb.edu.br

[(d)] Orientador, Programa de Pós-Graduação em Geografia, UFPB,

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O alto curso da bacia do Rio Paraíba foi contemplado pela transposição do Rio São Francisco, a qual jogará 18m^3/s de água no seu curso principal, garantindo segurança hídrica para seus reservatórios. Apesar disso, a bacia vem sofrendo com o aumento do desmatamento. Dentre as consequências da diminuição da cobertura vegetal da caatinga, destaca-se o aumento da erosão dos solos e o consequente assoreamento dos corpos hídricos. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade à erosão dos solos na bacia. Foi utilizada a metodologia proposta por Crepani et. al. (2001). A vulnerabilidade é gerada a partir do cruzamento das variáveis geologia, geomorfologia, solos, vegetação e clima. Os resultados encontrados eram esperados, pois a bacia apresenta pouca variabilidade espacial pluviométrica, geológica e geomorfológica. A vulnerabilidade à erosão dos solos na bacia é intermediária, contudo com as mudanças de uso e cobertura do solo a tendência é aumentar o grau de vulnerabilidade.

Palavras chave: susceptibilidade; erosão dos solos; semiárido

1. Introdução

O manejo inadequado dos solos e as sucessivas mudanças de uso da terra promovem impactos no ambiente, como a erosão dos solos e a sua perda de produtividade, comprometendo, assim, a sustentabilidade do ambiente. De acordo com Lin *et al.* (2013) a

erosão dos solos é responsável pela degradação de 85% das terras do globo, sendo um dos principais problemas ambientais do mundo. Neste sentido, a erosão do solo torna-se preocupação mundial em áreas agrícolas, pois gera impacto biofísico nas funções do solo, serviços ecossistêmicos, recursos hídricos e sustentabilidade da paisagem, além dos impactos socioeconômicos associados a degradação da terra. Assim, os solos agrícolas são mais susceptíveis à erosão devido à falta de cobertura vegetal, redução da estabilidade dos agregados, selagem e compactação do topo do solo (CERDÀ *et al*., 2017).

No Brasil, a erosão do solo e a degradação das terras representa um grande problema. O fenômeno afeta as áreas urbanas e rurais dentro do extenso território nacional. As taxas de erosão são significativas, sendo em alguns casos superiores a 100 toneladas por hectare por ano (GUERRA *et al.*, 2014). Segundo Santos *et al.* (2007), nas regiões semiáridas, a degradação dos solos pela erosão hídrica é um sério problema e por isso vem sendo estudada nas últimas décadas por órgãos e pesquisadores que se preocupam com os aspectos e as relações socioeconômicas e físicas da região. Souza *et. al* (2004) alertam para os riscos da desertificação, onde o uso indiscriminado dos recursos naturais, principalmente na zona semiárida, tida como ambiente ecologicamente instável e de forte ação antrópica, faz com que esta área seja considerada extremamente vulnerável.

De acordo com Souza *et al.* (2009), os estudos sobre a desertificação no Brasil têm seu início na década de 70, e desde então a região do Cariri Paraibano, onde situa-se a bacia do Alto Rio Paraíba, é apontada como de ocorrência intensa dos processos de desertificação. Todavia, os autores destacam que, apesar desse reconhecimento inicial, foi apenas na década de 90 que se desenvolveram estudos sistemáticos sobre o tema na região. Diante deste cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a vulnerabilidade à erosão dos solos na bacia do Alto Rio Paraíba e compreender o comportamento espacial das variáveis

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba está localizada no alto do Planalto da Borborema, e abrange a Mesorregião da Borborema e as Microrregiões do Cariri Ocidental e Oriental da Paraíba (Figura 1). A bacia possuí aproximadamente 6.280 km² e engloba totalmente os territórios de 12 municípios, são eles: São Sebastião do Umbuzeiro, São João do Tigre, Zabelê, Monteiro, Prata, Ouro Velho, Amparo, Sumé, Camalaú, Congo, Coxixola e Caraúbas.

Segundo Nascimento *et al.* (2014), o clima varia de semiárido a sub-árido seco na bacia do Alto Rio Paraíba. Apresenta chuvas concentradas entre 3 e 4 meses (fevereiro, março, abril e maio), com médias anuais que variam de 250 a 900 mm. As médias térmicas anuais são em torno de 26°C e a insolação média anual é de 2.800 horas. A umidade relativa do ar é de 50% e as taxas médias de evaporação são em torno de 2.000 mm/ano.

A geologia da bacia do Alto Rio Paraíba é composta por rochas cristalinas que compõe o Escudo Pré-Cambriano do Nordeste. Constituído por formações oriundas do proterozóico e o arqueozóico, compostas por quartzitos, gnaisses, migmatitos e micaxistos. As rochas metamórficas correspondem a aproximadamente 85% da área total da bacia, enquanto as rochas ígneas representam 15%. Esse percentual de exposição de rochas graníticas é semelhante ao apontado por Maia e Nascimento (2018) para todo o nordeste setentrional. Esses corpos graníticos são decorrentes da orogênese brasiliana (JARDIM DE SÁ, 1994).

A paisagem geomorfológica da bacia do Alto Rio Paraíba é marcada, predominantemente, por extensas superfícies suavizadas (Figura 5). As áreas de planícies fluviais somadas as superfícies de dissecação com colinas rebaixadas, de amplitude altimétrica até 60 metros, representam aproximadamente 60% da área total (Tabela 2). Segundo Mabessone

(1978, p. 5), nos sertões semiáridos do Nordeste brasileiro, *"*o elemento mais conspícuo dentro das formas do relevo é a extensão enorme das áreas planas ou quase planas*"*.

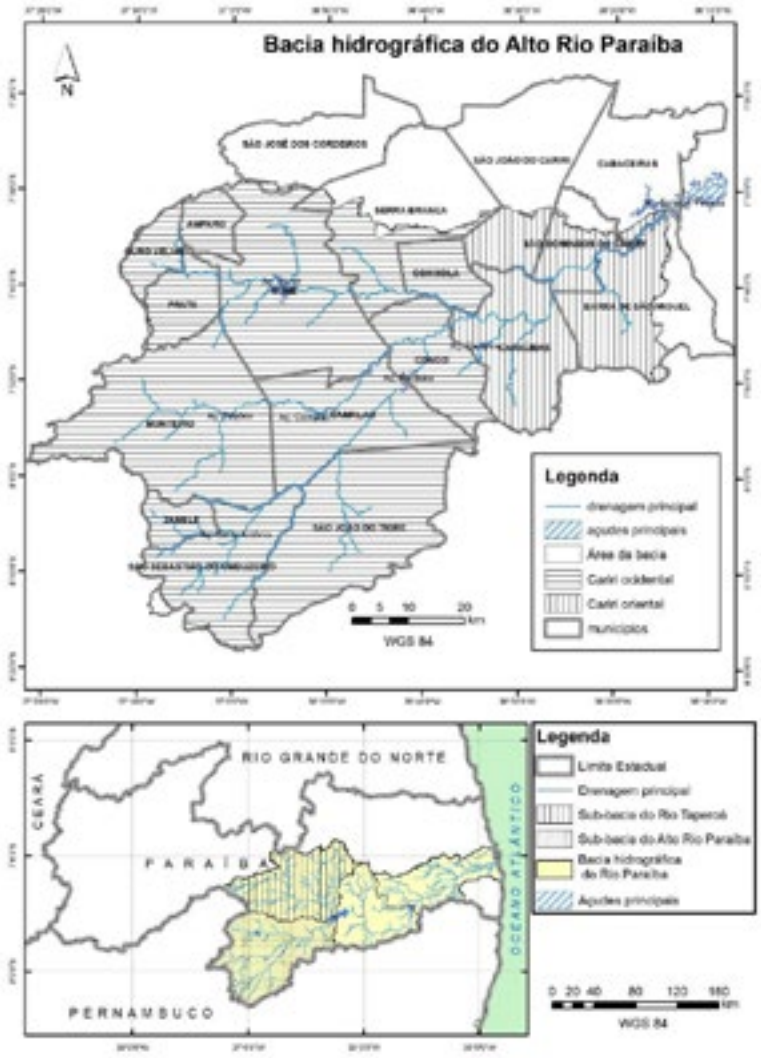


Figura 1. Localização geográfica da bacia do Alto Rio Paraíba.

No Cariri Paraibano, a combinação da ocorrência do clima semiárido sobre um território dominado por rochas cristalinas resistentes ao intemperismo resultou, de modo geral, em solos

pouco profundos. Na bacia do Alto Rio Paraíba dominam os luvissolos, os neossolos litólicos, neossolos regolíticos e os planossolos, juntos representam mais de 90% da área total.

A bacia do Alto Rio Paraíba está situada dentro do bioma da Caatinga. Com o processo de ocupação para o interior, a vegetação de caatinga foi diminuindo em área em substituição a diversas atividades econômicas: pecuária extensiva, agricultura tradicional, monoculturas (algodão), extrativismo vegetal (lenha), mineração e expansão urbana. Atualmente, a vegetação de caatinga densa representa 46% da área da bacia do Alto Paraíba. Esse valor apesar de baixo, revelando forte transformação da cobertura original, ainda é elevado comparado com outras áreas no semiárido paraibano. Seabra *et al.* (2014) apontaram para uma cobertura total de caatinga na bacia do Rio Taperoá, tributária do Rio Paraíba, de apenas 26% em 2009.

2.2. procedimentos metodológicos

Para avaliar a susceptibilidade à erosão dos solos na bacia do Alto Rio Paraíba foi utilizado a metodologia proposta por Crepani *et al.* (2001), por ser uma metodologia eficaz e adequada ao que se propõe (LOPES e SALDANHA, 2016) e de fácil aplicação (ZAPAROLI e CREMON, 2010).

A metodologia de vulnerabilidade natural à erosão dos solos de Crepani *et al.* (2001) está ancorada na morfodinâmica de unidades de paisagens, baseada na teoria da ecodinâmica de Tricart (1977). Para tanto, estabeleceu diferentes níveis de morfodinâmica da paisagem resultantes de processos de morfogênese e pedogênese. Assim, a estabilidade morfodinâmica da paisagem seria marcada pela predominância dos processos pedogenéticos (formação de solos), enquanto a instabilidade morfodinâmica seria um produto do domínio morfogenético na paisagem, ou seja, dos processos erosivos. Deste modo, estabeleceram 21 classes de vulnerabilidade à perda de solo, variando desde a situações de estabilidade, com predomínio da pedogênese (valores próximos a 1,0), passando por situações intermediárias (valores próximos a 2,0) até situações de instabilidade, com domínio dos processos morfogenéticos (valores

próximos a 3,0). Para mensurar a vulnerabilidade à erosão, Crepani *et al.* (2001) definiram a seguinte equação:

$$V = \frac{(G + R + S + Vg + C)}{5} \qquad (1)$$

sendo: V = vulnerabilidade, G = vulnerabilidade para o tema Geologia, R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia, S = vulnerabilidade para o tema Solos, Vg = vulnerabilidade para o tema vegetação e C = vulnerabilidade para o tema Clima.

O Fator Geologia (G) é avaliado em função do tipo de rocha, onde cada litologia oferece uma resistência ao intemperismo e a erosão. As informações geológicas da bacia foram extraídas do mapa geológico do Estado da Paraíba elaborado pelo CPRM na escala 1:500.000.

O Fator Geomorfologia (R) expressa as relações do relevo no processo de perdas de solos. Para a classificação do relevo na bacia do Rio Paraíba, foram considerados como descritores: a amplitude do relevo e a declividade. A amplitude e a declividade foram obtidos seguindo a metodologia de Xavier et. al. (2016). A vulnerabilidade para o tema Geomorfologia foi obtida a partir da equação 2:

$$R = \frac{A + D}{2} \qquad (2)$$

no qual: R = vulnerabilidade para o tema Geomorfologia, A = vulnerabilidade atribuída à amplitude altimétrica e D = vulnerabilidade atribuída à declividade.

Para a bacia do Alto Rio Paraíba, foram feitas adaptações da proposta de Crepani *et al.* (2001), onde foi excluído o grau de dissecação por não ser considerado relevante para bacias semiáridas e a amplitude altimétrica foi agrupada em 5 classes para facilitar o cruzamento com a declividade.

O fator Solos (S) representa o papel atribuído aos diferentes tipos de solos, suas propriedades e composições e a sua susceptibilidade a erosão. Bertoni e Lombardi neto (1993)

e o de Crepani, *et al.* (1996), definiram valores para cada tipo de classe de solo. As informações pedológicas da bacia serão obtidas através da vetorização do mapa de solos dos municípios que fazem parte da bacia, elaborados pela SUDENE/EMBRAPA, na escala 1:400.000. O fator uso e cobertura foi trabalhado em cima do mapa gerado por Dornellas et. al. (2018).

O fator clima (C) é proposto baseado no potencial erosivo das chuvas em uma região. Para estabelecer a erosividade da chuva, Crepani et al. (2001) apresentam um método simples, que é baseado na pluviosidade média anual e na duração do período chuvoso. Os autores propõem a Intensidade Pluviométrica (mm/mês), que é calculada segundo a equação 3:

$$IP = \frac{PMA}{DPC} \qquad (3)$$

Onde: IP = Intensidade Pluviométrica (mm/mês), PMA = pluviosidade média anual (mm) e DPC = duração do período chuvoso (meses). Os dados pluviométricos utilizados para o cálculo da Intensidade Pluviométrica foram obtidos através do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) da Agência Nacional de Águas (ANA) no endereço eletrônico http://hidroweb.ana.gov.br/. Foram utilizados dados de 19 postos pluviométricos, sendo 13 dentro e 6 fora da bacia. Os dados compreendem o período de 1963 a 2008. Depois de realizados os cálculos, os dados foram interpolados para toda a bacia, utilizando o *software* ArcGis 9.3.®

A vulnerabilidade à erosão dos solos proposta por Crepani *et al.* (2001) foi calculada utilizando álgebra de mapas, no *software* ArcGis 9.3. ®, a partir da multiplicação de todos os fatores da equação.

3. Resultados e discussões

Os resultados da vulnerabilidade natural à erosão dos solos para a bacia do Alto Rio Paraíba mostraram o predomínio do grau "medianamente estável/vulnerável", representando quase 80% da área total (Tabela 1 e Figura 2). O grau de vulnerabilidade "moderadamente estável" dominou em 19,8% da bacia que, juntamente com a classe anterior, representam

99,26% da área. As classes "estável" e "moderadamente vulnerável" foram discretas e a classe vulnerável não foi registrada.

Tabela 1. Graus de vulnerabilidade à erosão para a bacia do Alto Rio Paraíba

Grau de vulnerabilidade	Área (km²)	Área (%)
Estável	32,74	0,52
Moderadamente estável	1240,59	19,83
Medianamente estável / vulnerável	4970,26	79,43
Moderadamente vulnerável	13,89	0,22
Total	6257,483	100

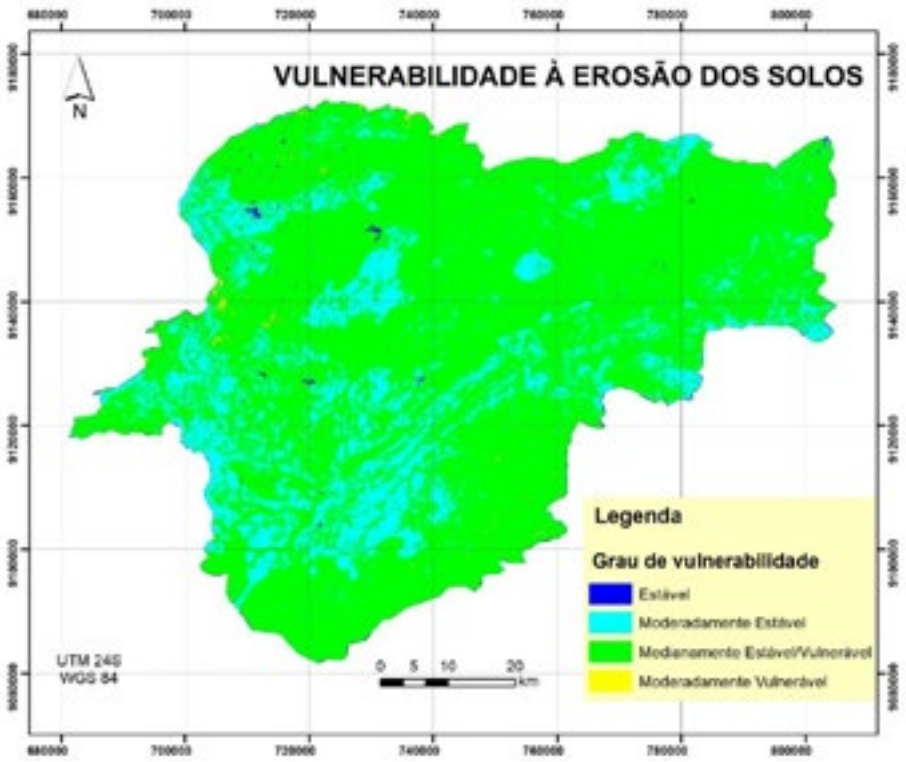
Os resultados da metodologia de Crepani *et al.* (2001) aplicada a bacia do Alto Rio Paraíba revelam uma homogeneidade espacial das categorias de vulnerabilidade. Este fato pode ser explicado pelas características dos temas cruzados para a obtenção da vulnerabilidade à erosão. Ao analisar os temas em separado, observa-se que essa homogeneidade é comum devido as características fisiográficas da bacia (Figura 3).

Os temas geologia e clima foram os que apresentaram menor variação espacial na escala de vulnerabilidade (1,1 a 1,8), predominando valores próximos a 1, caracterizando esses temas como contribuidores para o grau de "estabilidade" (Figura 3). O tema geomorfologia, representado pela amplitude do relevo e declividade, apesar de registrar valores de vulnerabilidade de toda a escala (1 a 3) na bacia, os altos valores vulnerabilidade (próximo a 3) foram restritos espacialmente na bacia. Essa característica também foi observada por Chaves *et al.* (2015), que estudou o risco à degradação das terras na bacia do rio Taperoá, no qual avaliaram que em relação à declividade, o risco é predominantemente muito baixo (59,3%) e baixo (27,7%), cujas classes estão representadas por áreas planas a suave onduladas.

Os temas solos e uso e cobertura da terra foram os que apresentaram alto grau de vulnerabilidade em partes significativas da bacia. Os solos da bacia são considerados de alta suscetibilidade à erosão, por isso predominaram valores medianos (2) a alto (3). Essa característica também foi observada por Chaves *et al.* (2015) na bacia do Rio Taperoá. Os

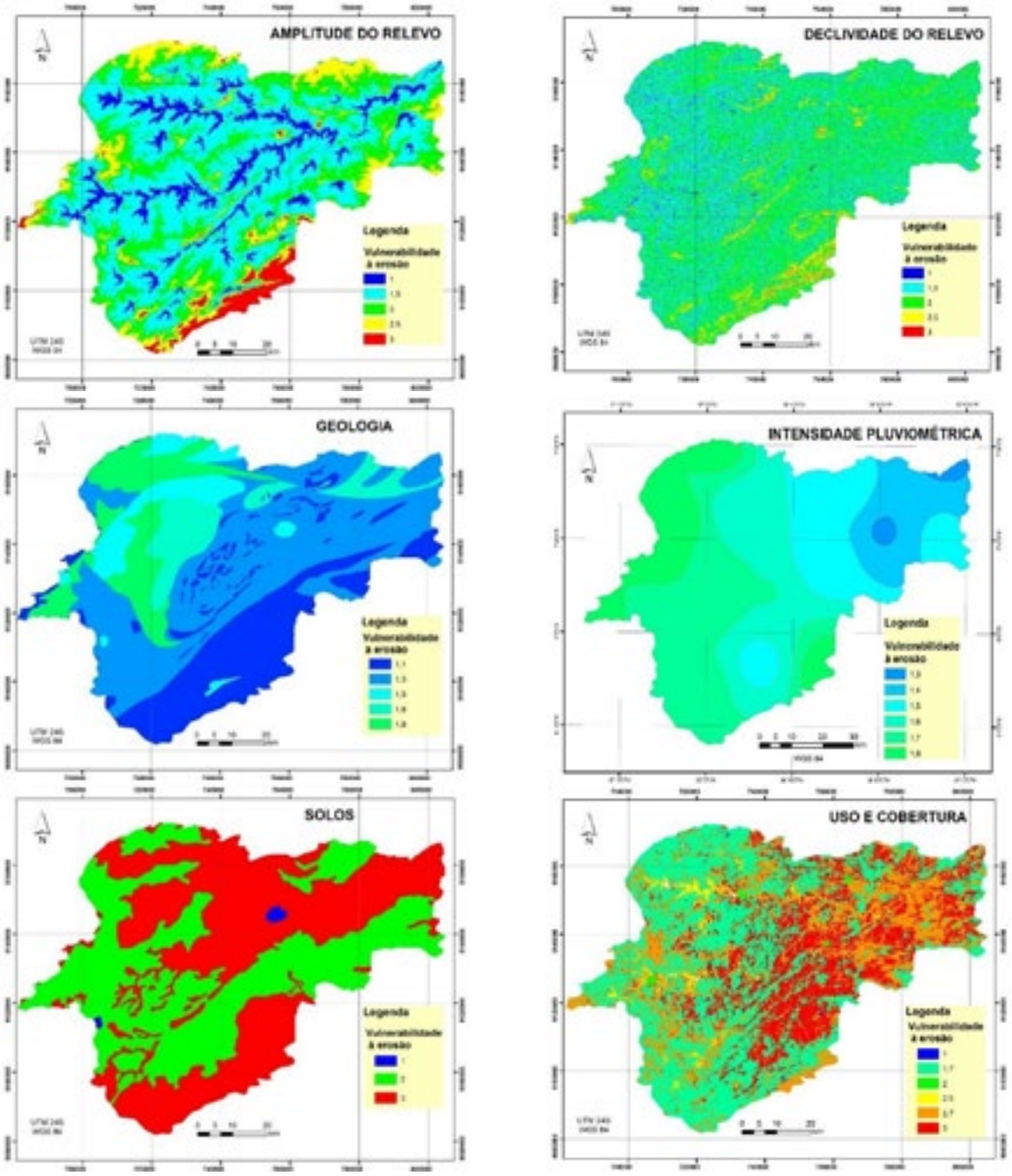
autores apontaram que a classe dos Neossolos Litólicos e dos Luvissolos apresentam alto risco à degradação devido a sua alta erodibilidade. Os Neossolos Regolíticos foram classificados como de muito alto risco de degradação devido sua erodibilidade.

Figura 2. Vulnerabilidade à erosão dos solos na bacia do Alto Rio Paraíba.



O tema vegetação, representado pelo mapa temático uso e cobertura do solo, também mostrou porções expressivas da bacia com grau de alta vulnerabilidade. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 2006), citado por Lacerda (2003), a cobertura vegetal de caatinga era de cerca 30% nas bacias do alto rio Paraíba e Taperoá. Segundo Albuquerque *et al.,* (2001), em áreas desmatadas no semiárido paraibano, os Luvissolos apresentam perdas anuais de 58,5 t/ha^{-1}. Para os autores essa classe de solo possui alta susceptibilidade à erosão hídrica que é potencializada pelas chuvas intensas, cobertura vegetal decídua e uso de técnicas agrícolas tradicionais.

Figura 3. Variáveis temáticas analisadas para a vulnerabilidade à erosão dos solos na bacia do Alto Rio Paraíba.



4. Considerações finais

A vulnerabilidade à erosão dos solos de Crepani (2001), mostrou ser um modelo simples e de fácil aplicação. Os resultados eram esperados, pois de fato a bacia apresenta pouca variabilidade espacial pluviométrica, geológica e geomorfológica. Os fatores fundamentais para aumentar a vulnerabilidade em algumas partes da bacia foram os solos e o uso e cobertura. Contudo, ressalta-se que por se tratar de uma metodologia elaborada para ser aplicada em qualquer área do território nacional, contempla uma grande diversidade de valores para representar toda a diversidade brasileira. Nesse aspecto, perde-se sensibilidade de detecção de variações em áreas como o semiárido, fazendo com que pareçam ser paisagens mais homogênea do que são na realidade.

5. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, A. W., LOMBARDI NETO, F. & SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da caatinga sobre as perdas de solo e água de um luvissolo em Sumé (PB). **R. Bras. Ci. Solo**, 25:121-128, 2001.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação dos solos. São Paulo: Ícone, 1990. 335p.

CERDÀ, ARTEMI & RODRIGO-COMINO, JESÚS & GIMÉNEZ-MORERA, ANTONIO & KEESSTRA, SASKIA. (2017). An economic, perception and biophysical approach to the use of oat straw as mulch in Mediterranean rainfed agriculture land. Ecological Engineering. 108PA. 162-171. 10.1016/j.ecoleng.2017.08.028.

CHAVES, I. B; , FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. de & CHAVES, L. H. G. Modelagem e mapeamento da degradação da caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 183 – 195, jan. – mar., 2015.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; AZEVEDO, L. G.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. Curso de sensoriamento remoto aplicado ao zoneamento ecológico econômico. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8., Salvador, 1996. Anais. São Paulo: Image Multimidia, seção de Comunicações Técnico-Científicas. 1 CD-ROM, 1996.

DORNELLAS, P. da C; SEABRA, V. da S.; XAVIER, R. A. & SILVA, R. M. da. Estimativa de perdas de solo na bacia do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida do Estado da Paraíba. OKARA: Geografia em debate, v.11, n.2, p. 338-350, 2017.

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, O. M. DO C. & ALEXANDRE, S. T. Soil Erosion and Conservation in Brazil. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. - Vol. 37 - 1 / (2014) 81-91.

JARDIM DE SÁ, E.F., SOUZA, Z.S., VASCONCELOS, P.M.P., SAADI, A., GALINDO, A.C., LIMA, M.G., OLIVEIRA, M.J.R. Marcos temporais para a evolução cenozóica do Planalto da Borborema. **X Simp. Nac. Estudos Tectônicos**, 2005.

LACERDA, A. V. de. **A semi-aridez e a gestão em bacias hidrográficas:** visões e trilhas de um divisor de ideias. João Pessoa: Autor Associado/UFPB, 164p. 2003.

LIN, C., ZHOU, S.L. AND WU, S.H., 2013. Using hyperspectral reflectance to detect different soil erosion status in the Subtropical Hilly Region of Southern China: a case study of Changting, Fujian Province. *Environment Earth Science*, 70, pp.1661–1670

LOPES, M. S. & SALDANHA, D. L. Análise de vulnerabilidade natural à erosão como subsídio ao planejamento ambiental do oeste da bacia hidrográfica do Camaquã – RS. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, N. 68/9, p. 1689-1708, Out/2016.

MABESSONE, J. M. Panorama geomorfológico do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**, n.56, 1978. p.1-16.

NASCIMENTO, S.S.; LIMA, E. R. V. & LIMA, P. P. S. Uso do NDVI na análise temporal da degradação da caatinga na sub-bacia do Alto Paraíba. OKARA: Geografia em debate, v.8, n.1, p. 72-93, 2014

PARAÍBA/GOVERNO DO ESTADO. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente – SECTMA. PERH-PB: **Plano Estadual de Recursos Hídricos**: resumo executivo & atlas / SECTMA; Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. – Brasília, DF: Consórcio TC/BR – Concremat, 2006.

SANTOS, CELSO A. G., SILVA, RICHARDE MARQUES DA & SRINIVASAN, VAJAPEYAM S. Análise das perdas de água e solo em diferentes coberturas superficiais no semi-árido da Paraíba. **OKARA:** Geografia em debate, v.1, n.1, p. 16-32, 2007.

SEABRA, V. da S.; XAVIER, R. A.; DAMASCENO, J. & DORNELLAS, P. da C. Distribuição dos remanescentes de caatinga por unidades geomorfológicas da bacia do rio Taperoá-PB. Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto - GEONORDESTE 2014 Aracaju, Brasil, 18-21 novembro 2014, 289-293.

SOUZA, B. I.; SILANS, A.M.B.P.; SANTOS, J.B. Contribuição ao estudo da desertificação na Bacia do Taperoá. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2-3, 2004.

SOUZA, B.I., SUERTEGARAY, D.M.A. e LIMA, E.R.V. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri Paraibano. **Mercator** - Revista de Geografia da UFC, ano 08, número 16, 2009, 217-232.

XAVIER, R. A.; SEABRA, V. S.; DAMASCENO, J. & DORNELLAS, P. C. da. Mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Paraíba (PB) utilizando classificação baseada em objetos. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v.10, n.23, mai./ago. de 2016. p.139-152.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VARIÁVEIS GEOMORFOLÓGICAS E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE: CORRELAÇÃO ESPACIAL PARA INDICADORES DE DESERTIFICAÇÃO

Marília Santos de Jesus [(a)], Elane Fiúza Borges [(b)]

[(a)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia/ Universidade Estadual de Feira de Santana, mariliasantos.364@hotmail.com, elaneborges@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada

Resumo

A desertificação é a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante das variações climáticas e das atividades humanas. Vários são os indicadores da desertificação, dentre eles, os indicadores biofísicos, associados as variações climáticas e também a ação antrópica. O Polo de Jeremoabo é considerado uma área crítica no que se refere à Desertificação. Este trabalho objetivou analisar a correlação espacial para indicadores de desertificação associados às variáveis geomorfológicos e a temperatura de superfície no período de 2000-2016. Através de imagens do sensor Modis correlacionaram-se as variáveis geomorfológicas de aspecto, altimetria e declividade para fomentar os indicadores de Desertificação. Aplicou-se a correlação linear nos dados, assim geraram-se gráficos, conhecidos como gráficos de dispersão de pontos, sendo-os fundamentais para os resultados finais. Considera-se a Geomorfologia um indicador biofísico da desertificação, sendo-os avaliados através do Sistema de Informações Geográficas.

Palavras chave: Geomorfologia, Séries Temporais, Sensoriamento Remoto.

1. Introdução

A degradação ou devastação ambiental significa destruição, deterioração ou desgaste do meio ambiente e implica nos recursos naturais por meio de vários processos, tais como as erosões, as sedimentações e uma redução na diversidade da vegetação (LEMOS, 2001).

Relacionado ao conceito de desertificação fala-se constantemente em degradação. Diversos autores tentaram estabelecer uma definição para o termo, porém apenas em 1997 esse conceito foi definido pela Organização das Nações Unidas (ONU) como a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores como as variações

climáticas e as atividades humanas (ONU, 1997).

A geomorfologia tem relação direta com a desertificação, à medida que se constitui como um dos parâmetros que compõe os indicadores biofísicos da desertificação. Logo se estabelece uma relação entre variáveis geomorfológicas e os indicadores de desertificação Segundo (OLIVEIRA, 2011).

Os dados de temperatura são de grande relevância para os estudos associados ao processo de desertificação, para isso, Liu et al. (2006) esclarecem que a temperatura superficial é um fator importante para classificar as mudanças que acontecem na superfície terrestre. Ao tratar da desertificação, a temperatura é um fator visto como "principal", pois, em especial, possibilita identificar e quantificar áreas com diferentes fases de degradação (WENG, 2009).

A área de estudo é o polo de desertificação de Jeremoabo, localizado na Bahia, composto por treze municípios e possui avançado estágio de degradação (LOBÃO, 2013; OLIVEIRA JUNIOR, 2014). Diversas são as atividades responsáveis pela degradação, como a agropecuária, a qual torna o meio mais vulnerável devido a susceptibilidade natural do clima semiárido.

Este trabalho objetivou analisar a correlação espacial para indicadores de desertificação associados às variáveis geomorfológicas e a temperatura de superfície no período de 2000-2016. Para análise geomorfológica essa escala temporal é usada para estudos relacionados a alteração climática, ou seja, mudança no padrão de alguns elementos do clima sem necessariamente está associado a mudança climática.

2. Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento dessa pesquisa foram realizadas as seguintes etapas: Revisão Bibliográfica de textos científicos acerca dos conceitos de desertificação, temperatura de superfície, variáveis geomorfológicas, sensoriamento remoto, sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), Sistema de Informação Geográfica (SIG). Posteriormente adquiriram-se as imagens de satélite do sensor MODIS e o Modelo Digital de Terreno (MDT).

As imagens de temperatura de superfície foram extraídas do produto MOD11A2 do sensor MODIS, disponibilizadas gratuitamente através da plataforma USGS (*United States Geological Survey*). As imagens utilizadas foram referentes a uma média anual e possuem resolução de 1000 m.

O MDT foi acessado por meio do sítio da USGS produzidos pela SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), projeto que tinha por finalidade realizar um mapeamento topográfico da superfície da Terra com resolução espacial de 90 m. A partir do MDT extraíram-se as variáveis geomorfológicas de declividade, altimetria e aspecto. Posteriormente, foram distribuídos 500 pontos, método randômico, para cada variável geomorfológica no *software Arcgis.* A partir desses dados foram gerados os gráficos de dispersão de pontos.

Relacionaram-se dados de temperatura de superfície com as variáveis geomorfológicas de aspecto, altimetria e declividade. Utilizou-se a ferramenta *"raster to points"* para criar pontos randômicos sobre as variáveis geomorfológicas utilizadas na pesquisa e em seguida atribuíram-se valores a esses pontos com a ferramenta *"extract values to points"*. A análise desses dados deu-se através do gráfico de *Pearson*, os quais foram correlacionados com os valores dos pontos das imagens de temperatura e das variáveis geomorfológicas.

Para correlacionar os dados de temperatura de superfície com os dados geomorfológicos utilizou-se a correlação linear. Para Lira (2004) diferentes formas de correlação podem existir entre as variáveis. O autor considera que a mais conhecida é a correlação simples, envolvendo duas variáveis (X e Y). A forma simples de verificar o tipo de correlação existente entre duas variáveis é através do gráfico chamado "diagrama de dispersão" (LIRA, 2004). Para detalhar o grau de correlação, teve-se como referência Levin e Fox (2005) que estabelecem os coeficientes de correlação (Tabela 1).

Tabela 1: Coeficiente de Correlação de acordo com LEVIN E FOX (2005)

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
-0,60 a -1,00	Correlação Negativa Perfeita
-0,30 a -0,60	Forte Correlação Negativa

-0,10 a -0,30	Fraca Correlação Negativa
0, a -0,10	Não Há Correlação
0,10 a 0,30	Fraca Correlação Positiva
0,30 a 0,60	Forte Correlação Positiva
0,60 a 1,00	Correlação Positiva Perfeita

3. Resultados e Discussões

A correlação linear foi realizada entre as duas variáveis X e Y, sendo que X foi equivalente às variáveis geomorfológicas e Y à temperatura de superfície. O resultado dessa correlação é um coeficiente denominado de (ρˆ).

Nos dados de temperatura de superfície (Figura 1), observaram-se que nos anos de 2000 a 2011 não ocorreram diferenças significativas, as temperaturas mínimas variaram de 22° a 24°C e as temperaturas máximas entre 37° a 39° C. Notaram-se que os maiores valores foram registrados a partir do ano de 2012, haja vista que neste ano aconteceu um longo período de estiagem que assolou a região nordeste, principalmente a Bahia (SANTOS, et al., 2012). Assim, pode-se explicar as elevadas temperaturas no ano supracitado em consequência do fenômeno da seca e de seus efeitos no meio ambiente.

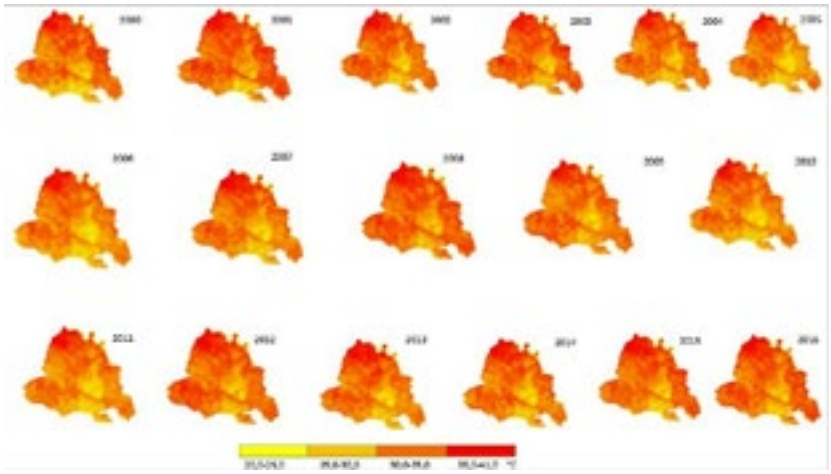


Figura 1: Média anual da Temperatura de Superfície no período de 2000-2016 no Polo de Jeremoabo-BA.

Os mapas de temperatura de superfície aparente (Figura 1), representativos de cada ano analisado, foram correlacionados com as variáveis geomorfológicas, por meio, da correlação

linear, através dos gráficos de distribuição de pontos, conhecidos como gráfico de *Pearson*. Cada gráfico teve o resultado do grau do *Pearson* e a partir desse número pôde-se verificar a existência ou não da correlação entre temperatura de superfície e as variáveis geomorfológicas para posteriormente relacionar com o fenômeno da desertificação. O mapa de aspecto (Figura 2) representa a orientação do relevo com base nos pontos cardeais e colaterais.

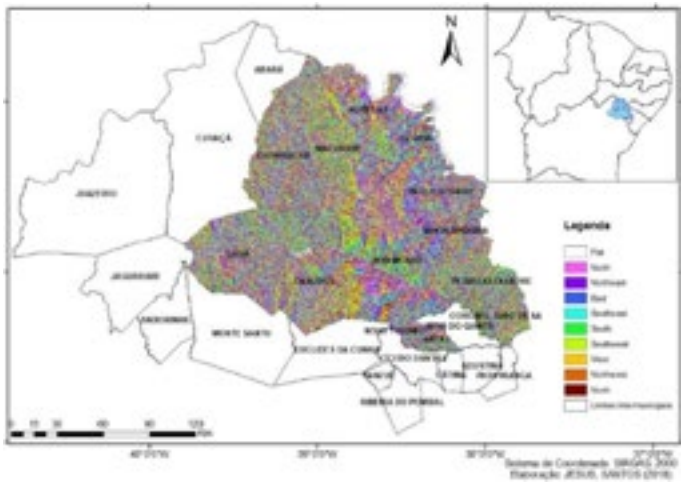


Figura 2: Mapa de Aspecto do Polo de Jeremoabo-BA.

A Figura 3 sintetiza os resultados das correlações entre as variáveis aspecto e temperatura de superfície. Com base nos gráficos, percebe-se que a correlação entre as duas variáveis foi muito fraca, considerada como ínfima positiva (LEVIN e FOX, 2005).

Figura 3: Gráficos de correlações entre as variáveis Aspecto e Temperatura de Superfície de 2000-2016.

A altimetria é a altura do relevo em relação ao nível do mar. Com base no mapa hipsométrico (Figura 4), as áreas mais elevadas do polo estão nos municípios de Jeremoabo, Uauá, Canudos e Novo Triunfo.

No que tange a variável altimetria (Figura 4), percebe-se uma melhor correlação desta com a temperatura de superfície quando comparada a variável aspecto. As duas variáveis encontram-se correlacionadas negativamente, descrevendo um fenômeno decrescente, visto que a altimetria aumenta à medida que a temperatura diminui. Dessa forma, as áreas mais elevadas predominam as menores temperaturas, demonstrando que essas grandezas se comportam de forma inversamente proporcional.

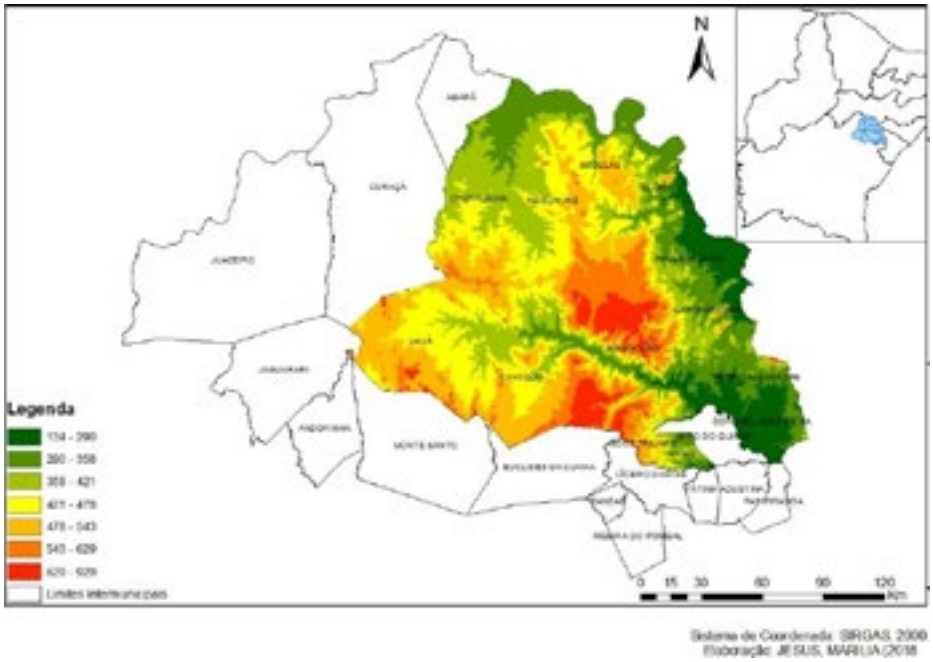


Figura 4: Mapa de Altimetria do Polo de Jeremoabo-BA.

A Figura 5 sintetiza o resultado das correlações entre as variáveis altimetria e temperatura de superfície. Em todos os anos da escala temporal analisada foram encontrados os valores correspondentes a uma forte correlação negativa (Levin e Fox, 2004). Dentre as variáveis correlacionadas nesta pesquisa, altimetria e temperatura foram as que obtiveram os melhores resultados.

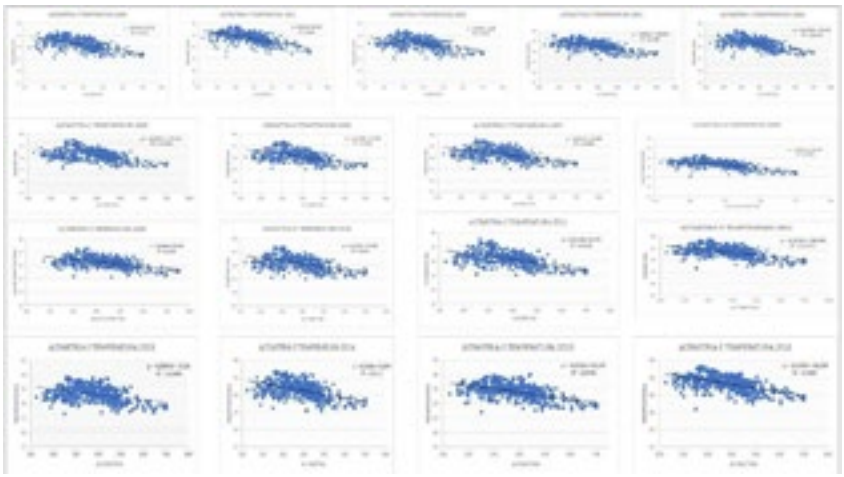


Figura 5: Resultado das Correlações entre as variáveis altimetria e temperatura de superfície de 2000-2016.

A última variável a ser discutida é a declividade, sendo essa, muito importante para os estudos associados a desertificação. O mapa de declividade (Figura 6), responsável pela inclinação do relevo. Os valores mais acentuados são correspondentes as áreas mais íngremes, consideradas, portanto, mais suscetíveis a ação erosiva, por conta da retirada da cobertura superficial do solo, devido a ação da chuva e dos ventos. Na maior parte do Polo predomina a declividade de 0° a 5°.

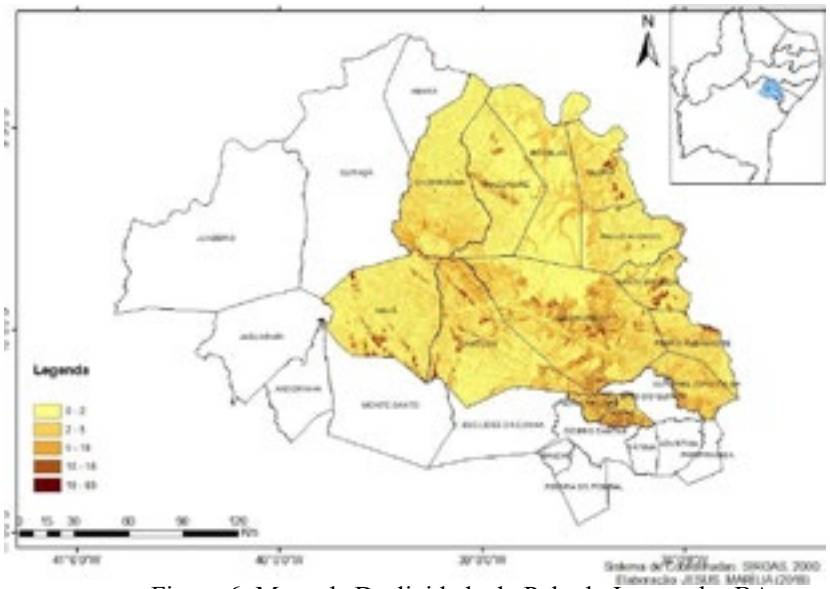


Figura 6: Mapa de Declividade do Polo de Jeremoabo-BA

Correlacionaram-se os dados de declividade com os valores de temperatura de superfície. Nesse contexto, a declividade apresentou uma fraca correlação negativa com a temperatura de superfície, pois em áreas de alta declividade predominam as temperaturas mais baixas, sendo assim, as duas variáveis são grandezas inversamente proporcionais. As exceções são os anos de 2010 e 2014 que apresentaram correlação forte negativa (Figura 7).

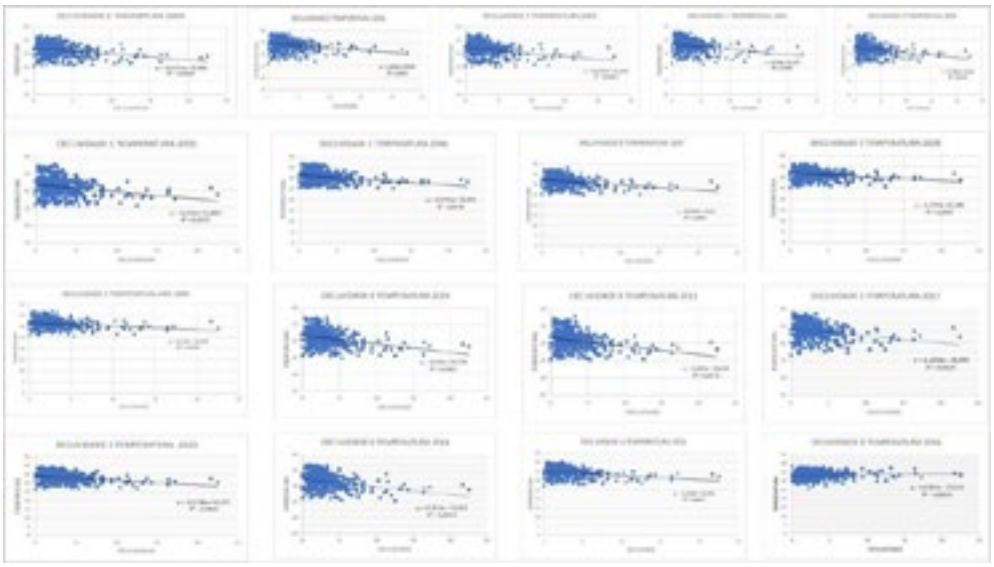


Figura 7: Resultado das Correlações entre as Variáveis Temperatura de Superfície e Declividade de 2000-2016;

4. Considerações Finais

As correlações resultantes foram fracas, o que pode estar relacionado às diferentes resoluções espaciais utilizadas, pois enquanto o pixel da variável temperatura de superfície foi de 1000 m, o pixel das variáveis geomorfológicas foi corresponde a 90 m.

Outro aspecto a ser considerado é que para definir uma área como desertificada ou suscetível ao fenômeno da desertificação tem que se considerar vários indicadores. Nessa pesquisa foram relacionados temperatura de superfície e variáveis geomorfológicas, constituindo apenas um indicador físico da desertificação.

As variáveis altimetria e declividade foram grandezas inversamente proporcionais em relação à temperatura de superfície. Os maiores valores de correlação encontrados foram entre a altimetria e temperatura de superfície.

A ação antrópica também é destaque para o processo de desertificação, o mau uso dos recursos naturais, a retirada da cobertura vegetal natural e a degradação em excesso, são ações humanas que aceleram o processo de desertificação. O polo de Jeremoabo é frequentemente associado a desertificação e diversas são as referências que abordam essa relação. Cabe salientar, que para melhor análise é preciso estudar o fenômeno da desertificação a partir de outros indicadores, tais como, a erosão, a perda da cobertura vegetal, os indicadores socioeconômicos, dentre outros.

Agradecimentos

Agradeço a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pelo apoio e financiamento da pesquisa, assim como ao Grupo de Pesquisa em Geografia e Ordenamento Territorial (GEONAT) pelo incentivo e orientações para os trabalhos de iniciação científica.

Referências Bibliográficas

Latorre, M. L.; Anderson, L. O.; Shimabukuro, Y. E.; Carvalho Júnior, O. A. de. Sensor MODIS: Características gerais e aplicações. **Revista Espaço e Geografia**, v.6, p.91-121, 2003.

LEMOS, J.J.S. Níveis de degradação no Nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, n.3, p.406-429, 2001.

LEVIN, J.; FOX, J.A. **Estatística para Ciências Humanas.** São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2004.

LIRA, S. A; **Análise De Correlação: Abordagem Teórica E De Construção Dos Coeficientes Com Aplicações.** Dissertação (Mestrado) - Curso de Pósgraduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

Liu, W. T. H. (2006). **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Editora Uniderp, Campo Grande – MS.

LOBÃO, J. S. B.; SILVA, B. C. N. **Análise Socioambiental na Região Semiárida da Bahia: geoprocessamento como subsídio ao ordenamento territorial.** Feira de Santana: UEFS Editora, 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, I. **O processo de Desertificação: A Vulnerabilidade e a Degradação ambiental no Polo Regional de Jeremoabo-Bahia.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador, 2014.

OLIVEIRA, V. P. V; de. Indicadores Biofísicos De Desertificação, Cabo Verde/África. **Mercator,** [s.l.], v. 10, n. 22, p.147-168, 30 ago. 2011. Mercator Revista de Geografia da UFC.

ONU. **Convenção Internacional para o combate à desertificação nos países que sofrem seca e/ou desertificação, particularmente na África**. Brasília: MMA, 1994.

SANTOS, E. et al. A seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-ce. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 1, n. 5, p.819-830, 2012.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, 64: 335 – 344, 2009.

COELHO, A. L. N; CORREA, W. S. C. Temperatura De Superfície Celsius Do Sensor Tirs/Landsat-8: Metodologia E Aplicações. **Revista Geografia Acadêmica**, v. 7, n. 1, p.31-45, 2013.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ZONEAMENTO DO POTENCIAL DE USO AGROPECUÁRIO NA REGIÃO NORDESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

Sidnei Luís Bohn Gass [(a)], Paula Lima Vanacor [(b)], José Nunes de Aquino [(c)], Caciane Peinhopf Mega [(d)], Ludimila de Oliveira de Amorim [(e)], Paula Rodrigues Tavares[(f)], Manuel Madeira Macandza [(g)] , Fernando Pires Pinto [(h)]

[(a)] Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociência, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (POSGEA / IG / UFRGS), sidneibohngass@gmail.com
[(b)] POSGEA / IG / UFRGS, paulavanacor.ufrgs@gmail.com
[(c)] Programação de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, UFRGS, josenunesdeaquino@gmail.com
[(d)] Programação de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, UFRGS, cacianepeinhopf@hotmail.com
[(e)] POSGEA / IG / UFRGS, ludimilaamorim@hotmail.com
[(f)] POSGEA / IG / UFRGS, paulabio1989@gmail.com
[(g)] POSGEA / IG / UFRGS, manuelmacandza4@gmail.com
[(h)] POSGEA / IG / UFRGS, fpiresp@gmail.com

Eixo:

Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este artigo tem como objetivo determinar um zoneamento da região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, a partir da metodologia do Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) estabelecido para o estado de Minas Gerais, que foi adaptado e aplicado apenas para o Potencial do Uso Agropecuário nesta área. Os dados utilizados para a análise foram as características de litologia, tipos de solo e declividade, sendo estabelecidos pesos para as classes encontradas, com os dados adaptados da metodologia de Costa *et al* (2017a) e aplicada a equação estabelecida no mesmo trabalho, para avaliação da potencialidade do uso agropecuário. Os resultados mostram as regiões com potencialidade de uso agropecuário muito baixa, baixa, média, alta, e muito alta, e a descrição e caracterização de cada uma das áreas categorizadas neste trabalho.

Palavras chave: litologia, tipos de solo, declividade, mapas.

1. Introdução

A gestão sustentável do território tem estado na agenda dos governos, da academia e da sociedade civil. Para avançar no desenvolvimento de uma gestão territorial mais sustentável,

o Zoneamento Ambiental é um instrumento fundamental. O decreto federal nº 4.297 (BRASIL, 2002) define o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) como um instrumento de organização territorial que estabelece medidas e padrões de proteção ambiental para assegurar a qualidade dos recursos hídricos, do solo e da conservação da biodiversidade visando a garantir o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população.

O objetivo deste trabalho foi identificar unidades com potencial para uso agropecuário na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul que, segundo a Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2015), possui grande importância econômica e social dentro do estado, ocupando posição estratégica na oferta nacional de produtos agrícolas. O processo de identificação de unidades com potencial para uso agropecuário pode ser uma das alternativas para o início da estruturação de um Zoneamento Ecológico e Econômico. Esse procedimento permite dividir o território em zonas ou áreas em que se autoriza ou se restringe determinadas atividades, de modo absoluto ou relativo, em razão das características ambientais e socioeconômicas (REMPEL et al., 2012). Para esse efeito, existe o sistema de informações geográficas que é uma ferramenta que se apoia na análise e diagnóstico das características da região.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

A região definida para a aplicação do presente estudo, possui clima subtropical, com as quatro estações do ano bem definidas. A área abrange a Depressão Central, o Planalto Meridional e a Planície Costeira do estado, sendo composta por 48 municípios. Destes, 22 pertencem à Região Metropolitana de Porto Alegre e os demais ao Litoral Norte do estado. A porção norte da área de estudos localiza-se no Bioma Mata Atlântica e a porção sul, no Bioma Pampa. A altitude da área varia de 5m a 907m, em relação ao nível médio do mar. A Figura 1 localiza a área no estado do Rio Grande do Sul e identifica os municípios que a compõe.

ISBN: 978-85-7282-778-2

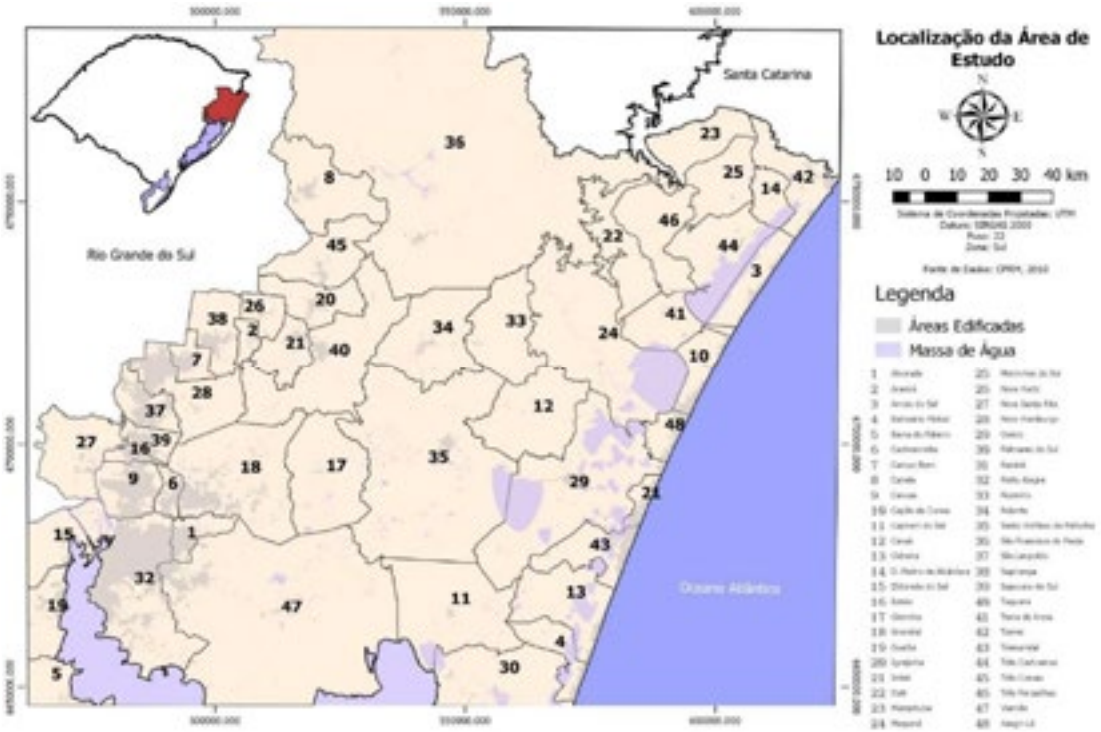


Figura 1 – Localização da área de estuo

2.2 Metodologia

A realização do trabalho se iniciou com uma saída de campo cujo objetivo foi o reconhecimento da área de estudo e a identificação dos principais usos do solo em cada município, assim como as formações geológicas e a fragilidade ambiental. Para realizar o Zoneamento do Potencial de Uso Agropecuário (PUA), do qual trata este artigo, foram estabelecidos como base os trabalhos já publicados por COSTA *et al* (2017a; 2017b) que determinam a metodologia oficial de Zoneamento Ambiental e Produtivo (ZAP) do estado de Minas Gerais. Este trabalho trata sobre o PUA, que consiste em uma das etapas do ZAP. Na análise, foram considerados os dados de litologia, tipo do solo e declividade. Os dados foram extraídos dos Mapas de Geodiversidade Estaduais disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM (VIERO, 2010).

ISBN: 978-85-7282-778-2

Segundo Costa *et al* (2017a), a potencialidade agropecuária do atributo litológico está relacionada ao fornecimento de nutrientes dos minerais (fertilidade da rocha). A partir disso, os autores atribuíram pesos às diversas classes litológicas existentes no estado de Minas Gerais. Como no estado do Rio Grande do Sul há classes litológicas não existentes em Minas Gerais, estas classes foram correlacionadas a partir de sua formação mineralógica, para atribuir os valores que mais se ajustassem a cada classe. A tabela I apresenta as classes litológicas presentes na área de estudo e os pesos atribuídos a cada uma, adaptados da metodologia de Costa *et al* (2017a). Com base nestes pesos foi elaborado um mapa de potencialidade das classes de litologia para o uso agropecuário, presente na Figura 3.

Tabela I: Pesos atribuídos à litologia

Litologia	Peso atribuído	Litologia	Peso atribuído
Areia	1	Arenito, siltito arenoso, siltito	1,15
Areia, areia arcoseana	1,2	Argilito, argilito seltico, siltito	1,26
Areia, argila, cascalho	1,3	Basalto, latito	3,1
Areia, argila, silte	1,25	Folhelho arenoso, siltito argiloso	1,4
Areia, cascalho, sedimento elúvio-coluvianar, laterita	1,3	Gnaisse granntico, gnaisse granodiorBtico	1,7
Arenito fino, folhelho	1,45	Monzogranito	1,9
Arenito fino, quartzo arenito	1,1	Ortognaisse tonal	1,7
Arenito, arenito conglomer	1,1	Riodocito, quartzo latito	1
Arenito, siltito	1,15	Sienogranito	2

Fonte: Adaptado de Costa *et al* (2017a)

No que tange ao tipo de solo, a área de estudo é caracterizada pela presença marcante de Cambissolos na região dos campos de cima da serra, e de Planossolos e Neossolos na planície costeira. Segundo Costa *et al* (2017a), as características dos solos que determinam seu potencial de uso agropecuário estão relacionadas a três atributos, a saber: drenagem, fertilidade e profundidade. Foram determinados valores nas diferentes classes de solos, para cada um dos atributos supracitados e calculada a média dos mesmos, chegando aos pesos de cada classe para o seu potencial de uso agropecuário, conforme mostra a tabela II.

ISBN: 978-85-7282-778-2

Tabela II: Pesos atribuídos aos solos

Classes de solo	Peso atribuído
Cambissolo	3,5
Neossolo	1,6
Luvissolo	4,4
Argissolo	4,1
Nitossolo	5
Gleissolo	1,9
Planossolo	2,8
Plintossolo	2,2

Fonte: Adaptado de Costa *et al* (2017a)

Em relação ao relevo, a área de estudo possui declividades que variam, predominantemente, de plano (0% - 3%) a suave ondulado (3% - 8%). Possui duas formações geomorfológicas marcantes: o planalto meridional e a planície litorânea. A declividade desempenha uma função fundamental na determinação da potencialidade de uma região para o uso agropecuário. De acordo com Costa et al (2017a), as regiões com declividade baixa possuem maior potencialidade para uso agrícola, devido à facilidade para o trânsito de maquinários e implementos agrícolas, à maior resistência a processos erosivos e à favorabilidade para recarga de aquíferos. A tabela III apresenta os pesos relacionados à declividade com valores que variam de 1 até 5, onde a classe de declividade "Montanhoso a Escarpado" recebeu a menor nota e a classe "Plano" recebeu a maior nota.

A Figura 2 apresenta a distribuição das classes de solos e de litologia presentes na área de estudos e os valores de declividade, segundo classificação da EMBRAPA (2006). A Figura 3 apresenta a reclassificação das três variáveis referentes a área de estudo, com a atribuição dos pesos supracitados.

Tabela III: Pesos atribuídos às classes de declividade

Declividade (%)	Classe	Peso
> 45	Montanhoso a Escarpado	1
20 - 45	Forte Ondulado	2
8 - 20	Moderadamente Ondulado ou Ondulado	3
3 - 8	Suave Ondulado	4
0 - 3	Plano	5

Fonte: Costa *et al.* (2017a.)

ISBN: 978-85-7282-778-2

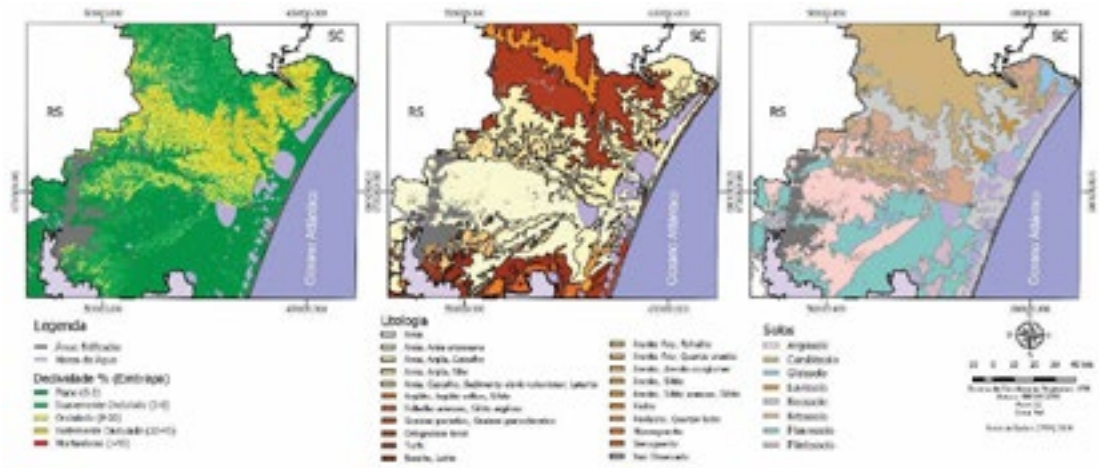


Figura 2: Mapas de declividade, litologia e solos.

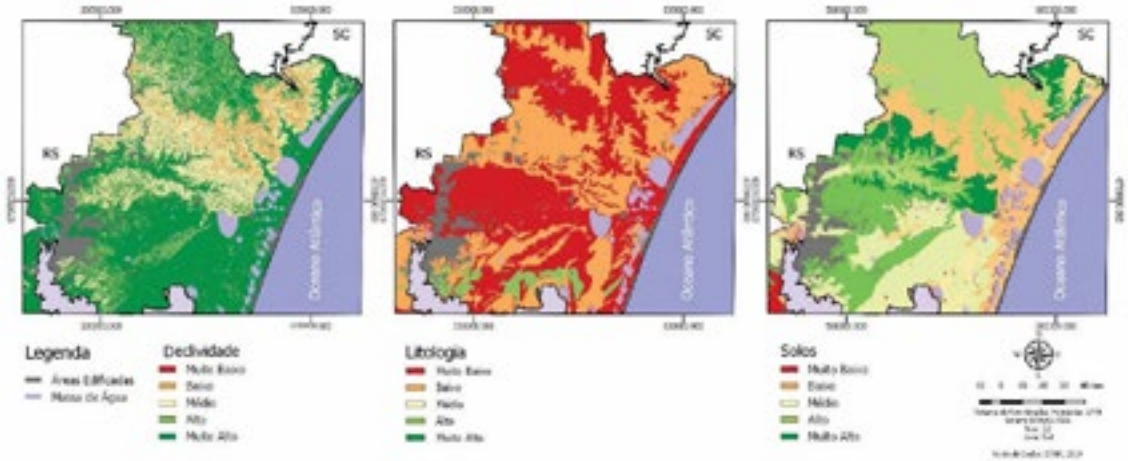


Figura 3: Mapas de declividade, litologia e solos reclassificados.

Na etapa seguinte, em consonância com Costa *et al* (2017a), foi realizada uma Análise Hierárquica de Processos (SAATY, 2000), para obtenção de valores de ponderação para as variáveis do modelo. Este processo consistiu na comparação das variáveis par a par, em uma matriz, e determinação de sua relevância para a ocorrência do potencial de uso agropecuário Para validação foi calculado o índice de consistência. Nesse sentido, os valores de ponderação obtidos foram 0,5 para declividade, 0,39 para solos e 0,11 para litologia, com um índice de consistência de 0,05. Com os valores de ponderação adotados, realizou-se a combinação

ISBN: 978-85-7282-778-2

ponderada dos mapas, utilizando-se álgebra de mapas e determinou-se o potencial de uso agropecuário, através da aplicação da equação Eq. 1, adaptada de Costa *et al.* (2017a).

$$pUA: \Sigma (Si \times P + Li \times P + Di \times P) \qquad \text{Eq. 1}$$

Onde:

pUA: Potencial de Uso Agropecuário

Si: Solo da Classe "i"

Li: Litologia da classe "i"

Di: Declividade da classe "i"

P: peso relativo do parâmetro analisado:

Solos: 0,39

Litologia: 0,11

Declividade: 0.50

3. Resultados e Discussões

O procedimento de Zoneamento de Potencial de Uso Agropecuário, com auxílio da técnica de Sistema de Informação Geográfica, permitiu identificar 5 (cinco) unidades na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta). Cada unidade possui suas potencialidades e suas limitações devido às suas características físicas. A Figura 4 demonstra a espacialização do resultado.

Em relação à extensão territorial, a área de estudo possui predominância de alto potencial agropecuário, seguido pela categoria médio potencial agropecuário. A próxima categoria é a de muito alto potencial agropecuário. Estes resultados estão demonstrados na tabela IV. Desta forma, fica evidenciado que a região nordeste do Rio Grande do Sul tem um bom potencial para uso agropecuário, considerando-se às características de cada unidade identificada, conforme descrito a seguir.

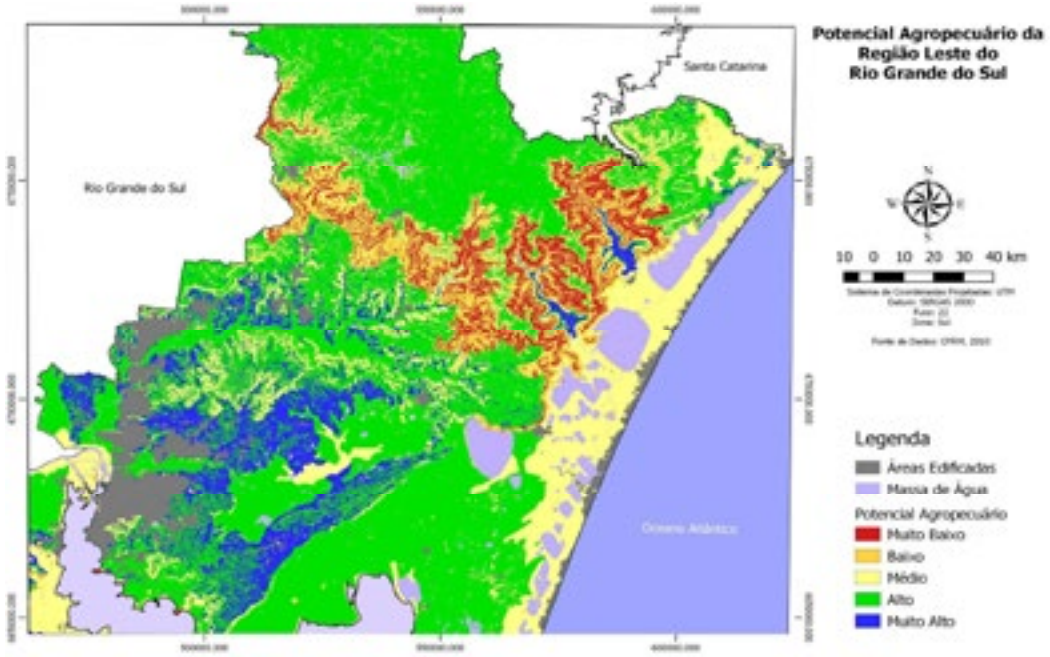


Figura 4: Mapa do Potencial Agropecuário da Região Leste do Rio Grande do Sul

Tabela IV: Potencial de Uso Agropecuário da Região Nordeste do RS

Classes de PUA	Intervalo	Área	
		Hectares	%
Muito Baixo	1 - 1.80	64.320	4,7
Baixo	1.80 - 2.60	140.600	10,2
Médio	2.60 - 3.40	317.800	23,1
Alto	3.40 - 4.20	708.300	51,5
Muito Alto	4.20 - 5	144.100	10,5

As regiões com **Muito Baixa potencialidade**, estão localizadas na escarpa do Planalto Meridional, apresentando declividade elevada e Neossolos. Por ser uma região de escarpa, o tipo de solo é resultante do processo erosivo e da chegada de material novo a todo o momento. Esse tipo de solo é pouco desenvolvido, raso e muitas vezes o material do solo pouco difere do material de origem. Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de solos (EMBRAPA, 2006), os Neossolos litólicos podem apresentar até 20 cm de espessura, e são constituídos de materiais minerais ou orgânicos, não apresentando horizonte B diagnóstico. Esses solos

possuem textura arenosa e baixa fertilidade, de maneira que esta área não apresenta condições favoráveis ao uso agropecuário.

As regiões com **Baixa potencialidade**, localizadas nas áreas de colúvio e escarpa do Planalto, apresentam declividade alta e Nitossolos. Os Nitossolos são solos que estão comumente associados a relevos acidentados, e por este motivo apresentam alto risco de erosão. Todavia, apresentam grande importância agronômica, pois são derivados de rochas basálticas e ultrabásicas e constituídos por materiais minerais 350 g kg^{-1} ou mais de argila (EMBRAPA, 2006). Desta maneira, se desconsiderado o fator declividade, esses solos são aptos a todos os usos agroflorestais e pastoris ajustados às condições climáticas.

As regiões com **Média potencialidade,** estão localizadas nas regiões da planícies costeiras e próximas às áreas de várzeas, com Neossolos e Planossolos. Essa área apresenta declividade não muito elevada, e nessa condição os Neossolos apresentam características diferentes daqueles situados em áreas de declividade. Podem ser mais profundos e apresentar maior fertilidade, quando são eutróficos com bom potencial agrícola; ou podem ser distróficos, se apresentarem baixa fertilidade, caso em que necessitam de adubação e calagem (EMBRAPA, 2006). Quando estão localizados próximos aos cursos d'água, seu uso é restrito devido à presença das matas ciliares. Os Planossolos são solos associados às áreas planas. São pouco profundos e apresentam processo de desargilização do horizonte superficial, que é arenoso, e possuem um horizonte B plânico, resultante da acumulação de argila. Por esse motivo, são pouco permeáveis e possuem drenagem imperfeita. Segundo a EMBRAPA (2006), são constituídos de materiais primários facilmente intemperizáveis, o que lhes confere capacidade de fornecer nutrientes às plantas. Geralmente em ambientes de acumulação de água são associados às culturas de arroz.

As regiões com **Alta potencialidade**, abrangem áreas de planícies alúvio-coluvionares que correspondem à borda oeste da Planície Gaúcha, localizadas próximo das áreas edificadas, apresentando baixa declividade com presença de Argissolos e Planossolos. Os Planossolos

apresentam as características supracitadas. No que tange aos Argissolos, são solos que apresentam eluviação de argila dos horizontes superficiais para os subsuperficiais, possuindo horizonte diagnóstico B textural. Os Argissolos podem ser classificados como alíticos e distróficos (quando apresentam baixa fertilidade natural e acidez); ou eutróficos, como no caso da região de planícies, onde as boas condições físicas e os relevos mais suaves favorecem maior fertilidade natural (EMBRAPA, 2006). Seu manejo exige correção (em caso de acidez), controle da erosão em casos de áreas com maior declividade e adubação.

Por sua vez, as regiões com **Muito Alta potencialidade**, localizadas nas Planícies de inundação dos principais recursos hídricos da região: Rio Gravataí, Sinos, Mampituba, Maquiné e demais áreas úmidas próximas. Seu relevo é plano com predominância de argissolos, planossolos e cambissolos. Os Argissolos e Planossolos apresentam características já supracitadas. Os Cambissolos são solos constituídos por materiais minerais com características bem variáveis (relevo, material de origem, clima) e que apresentam horizonte B incipiente, com textura franco-arenosa ou mais argilosa, podendo sofrer pequeno acréscimo de argila do horizonte A (EMBRAPA, 2006). São solos pouco profundos (50 cm -100cm) e que em regiões planas não possuem restrição de drenagem, quando mitigados no seu manejo, fatores relacionados a pouca profundidade e pedregosidade, apresenta-se com bom potencial agrícola (SIBCS, 2006). É importante salientar que esse solo está sujeito a inundações, que podem ser um fator limitante quando forem de longa duração.

4. Considerações Finais

Tendo em vista a importância do zoneamento como instrumento de planejamento e controle do uso sustentável do ambiente para realização das atividades humanas, a elaboração do PUA mostrou-se de grande relevância no estudo das potencialidades da região nordeste do Rio Grande do Sul. O mapeamento do PUA pode auxiliar na escolha dos locais mais apropriados para a realização de determinada atividade agropecuária, evitando práticas

ISBN: 978-85-7282-778-2

inadequadas de manejo do solo que aceleram processos erosivos e de lixiviação, contribuindo, portanto, com a diminuição dos índices de degradação ambiental.

A variável com maior relevância para a determinação do PUA foi a declividade, uma vez que se trata do atributo que controla os processos pedogenéticos, além de influenciar diretamente na velocidade do fluxo superficial e subsuperficial de água e, consequentemente, a quantidade de água no solo e o potencial de erosão/deposição. A geomorfologia da região de estudo possui dois planos bem definidos: o planalto meridional e a planície costeira, o que lhe conferiu predominância de um PUA Alto. Porém, é importante salientar que se trata de um estudo inicial, que considerou apenas a primeira etapa de um conjunto.

As Unidades de Conservação existentes na área de estudo, não foram aqui consideradas. Contudo, são áreas protegidas que devem obedecer às restrições de uso determinadas por lei e por seus respectivos planos de manejo. Diante do exposto, ressalta-se que este estudo ainda enseja a inserção de outras informações que são essenciais para determinação de um zoneamento integrado, como estudos de demanda hídrica, de uso e ocupação do solo, de fragilidade ambiental, entre outros.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. **Decreto Nº 4.297, de 11 de jul. de 2002**. Brasília, p. 6, jul. 2002. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2002/decreto-4297-10-julho-2002-468375-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 16 nov. 2018.

COSTA, A. *et al*. **Ponderação de variáveis ambientais para determinação do Potencial de Uso Conservacionista para o Estado de Minas Gerais**. Geografias Artigos Científicos. Belo Horizonte, 2017a. v.14, n.1, p.118-131,

COSTA, A. M.; SALIS, H. H. de C.; VIANA, J. H. M; AQUINO, J. N. e ROCHA, M. P. P. **Zoneamento ambiental e produtivo**: uso da modelagem para identificação e potencialidades e limitações no uso do solo. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, 2017b. v.38. n. 300, p.81-91,

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. SIBCS. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.

FEE. **Características da agropecuária do RS**. Fundação de Economia e Estatística, 2015. Disponível em https://www.fee.rs.gov.br/sinteseilustrada/caracteristicas-da-agropecuaria-do-rs/. Acesso em 15 nov. 2018.

REMPEL, C. *et al*. **Zoneamento Ecológico-Econômico -ZEE- para Sistemas Orgânicos de Produção Agropecuária**. In TECNO –LOGICA, Santa Cruz do Sul, 2012. v. 16. N. 2 p. 90-97.

SAATY, T.L., **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process**. RWS Publications, Pittsburg, 2000. USA.

VIERO, A. C. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul**. Rigeo, 2010. Porto Alegre: CPRM.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA REGIÃO NORDESTE DO RS: IMPLICAÇÕES QUANTO AO USO E COBERTURA DA TERRA A PARTIR DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Walber Lopes de Abreu [(a)], Érika Renata Farias Ribeiro [(b)], Rafael Bazeggio [(a)], Daniel Trespach Porto [(a)], Victor Ricco Ávila [(a)], Marcos Vinícius Cazali [(a)], Carlos Eduardo Fraga da Silveira [(a)], Sidnei Luís Bohn Gass [(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (POSGEA / IG / UFRGS), walberlopesabreu@gmail.com - rafael.baz@hotmail.com - portodt@outlook.com - victor.avila@ufrgs.br - marcos.cazali@ufrgs.br - carlosedubiologo@gmail.com
[(b)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal do Pará (PPGEO/IFCH/UFPA), erikarpfarias@gmail.com
[(c)] Universidade Federal do Pampa, Campus Itaqui; POSGEA / IG / UFRGS, sidneibohngass@gmail.com

Eixo:

Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente estudo tem como objetivo propor um Zoneamento Geoambiental de natureza funcional em relação a restrição do uso do solo, a partir das Unidades de Conservação e suas Zonas de Amortecimento, na Região Nordeste do Rio Grande do Sul. Foram realizados estudos teóricos a partir de um levantamento bibliográfico; trabalho de campo na região e a utilização do modelo DPSIR (Forças Motrizes, Pressão, Estado, Impacto e Respostas), enquanto metodologia de análise para compreender a dinâmica estabelecida da área de estudo. Para isso, se utilizou mapas de Uso e Cobertura da Terra, Geomorfológico e de Unidades de Conservação, sendo operacionalizados através do software QGIS. Considerando os resultados alcançados foi possível mostrar as restrições de uso na área de estudo em quatro classificações: alta; média grau I, média grau II e baixa, tendo como base legislação ambiental e os tipos de paisagens encontradas.

Palavras chave: Unidades de Conservação, Ordenamento Territorial, DPSIR.

1. Introdução

O Zoneamento Ambiental é um instrumento do ordenamento territorial que objetiva a delimitação de zonas com características e potencialidades ambientais semelhantes, seguindo

um percurso metodológico que inicia com uma análise ambiental integrada, seguido do diagnostico ambiental para então dar ao início do Zoneamento, que norteará o planejamento e Gerenciamento ambiental (NOBRE; GARCIA, 2013).

No Brasil, o Zoneamento Ambiental é institucionalizado como um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, lei 9.638/1981 (BRASIL, 1981), e regulamentado pelo decreto 4.297/2002 (BRASIL, 2002) na forma do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) e coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente. O mesmo decreto estabelece critérios metodológicos e níveis de planejamento territorial para a elaboração do ZEE em nível regional sob a responsabilidade dos estados e municípios.

A partir desse contexto, foi elaborado no ano de 2000 o ZEE do Litoral Norte do Rio Grande do Sul (FEPAM, 2000) pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). Atualmente está em elaboração o ZEE do Estado do Rio Grande do Sul, realidade que será considerada neste estudo para fins de zoneamento da região Nordeste do estado.

O estudo aqui apresentado é resultado das pesquisas realizadas ao longo da disciplina de Zoneamento Ambiental do Programa de Pós-Graduação em Geografia (POSGEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), tendo sido realizada abordagem teórica, bem como um trabalho de campo na região Nordeste do Rio Grande do Sul que possibilitou a construção de uma proposta de zoneamento considerando partes das unidades geomorfológicas do Planalto e da Planície Costeira.

Diante dessa realidade, foram utilizados fundamentos teóricos da análise geográfica integrada, sendo sistematizados a partir modelo *Driving Forces, Pressures, State, Impact and Response* (DPSIR), tendo como resposta a elaboração de um Zoneamento Geoambiental para o Litoral Nordeste do Rio Grande do Sul considerando as implicações quanto ao uso e cobertura da terra, a partir das unidades de conservação e suas zonas de amortecimento.

2. Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo corresponde a porção Nordeste do Rio Grande do Sul, a partir do município de São Francisco de Paula até o município de Torres, abrangendo parte das unidades geomorfológicas do Planalto e da Planície Costeira, tendo como base dois critérios: a fragilidade da paisagem e a ocupação humana. Considerando as Unidades de Conservação presentes na paisagem analisada, o ponto de entrada para a proposta de Zoneamento Geoambiental partiu desse indicador, e suas respectivas zonas de amortecimento, como pode ser observado na Figura 1.

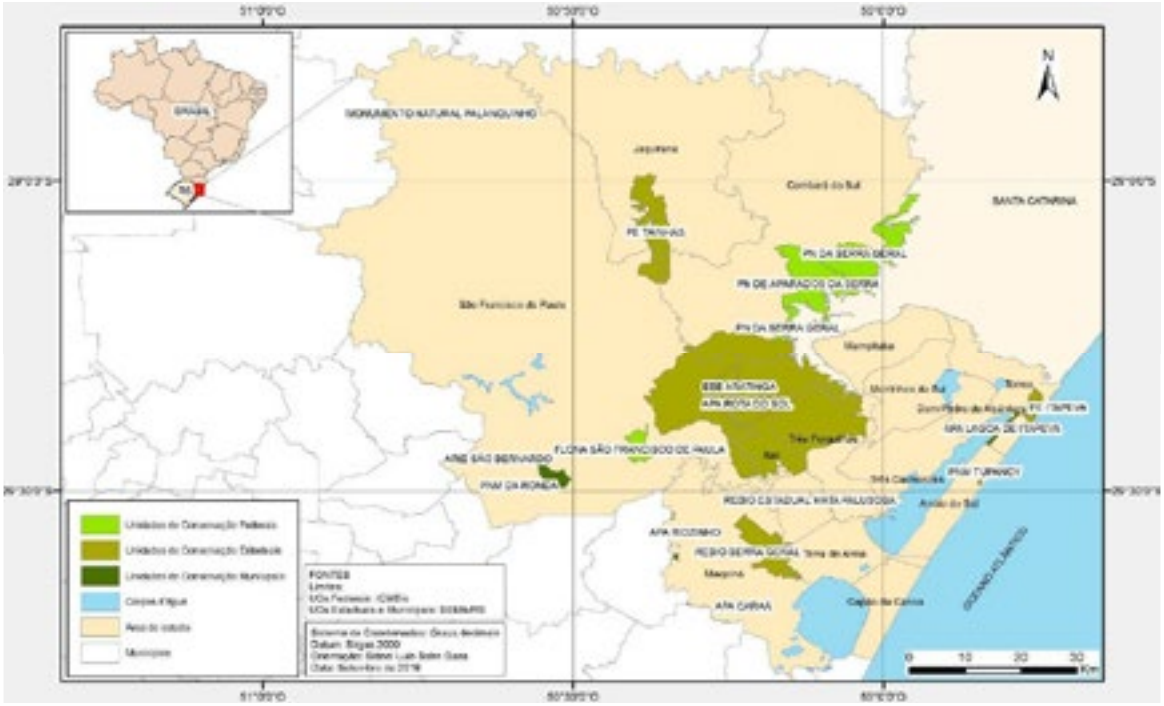


Figura 1 – Localização da área de estudo

A área de estudo apresenta macro-compartimentos geomorfológicos que evidenciam a natureza dos elementos que interagem de forma sistêmica, tais como: Planalto (Serra Geral, Encosta), Planícies Alúvio-Coluvionares com predomínio da bacia rio dos Sinos (Vales Fluviais, Lagoas), Litoral (Cordão Praial, Enseada). As feições paisagísticas locais apresentam áreas residuais de florestas da Mata Atlântica, com a presença de dunas e restingas.

Com base na descrição acima, necessário se faz atentarmos para as dinâmicas de enquadramento regional onde temos no interior da área delimitada de estudo, no caso litoral NE, a presença marcante de Unidades de Conservação (UC), as quais serão agrupadas neste trabalho de acordo com sua capacidade de uso segundo sua natureza político-institucional, quer seja uma unidade de Uso Sustentável e/ou de Proteção Integral.

Quanto ao uso e ocupação do solo para agricultura, basicamente, são encontradas áreas diversas de exploração agrícola: para subsistência e para pecuária tradicional, para cultivo de bananas e para plantio de arroz. É interessante analisar que os municípios abrangidos no referido raio contrastam entre suas características de urbanização, sendo esta dominante nos municípios de Arroio do Sal e de Torres. Nos demais municípios do entorno se observa um equilíbrio ou predominância de atividades rurais. No mapa da Figura 2, podem ser observados os padrões de uso e cobertura da terra que ocorrem na área de estudo.

Com relação à fauna se destaca a pressão exercida pela urbanização, podendo ser observada pela fragmentação florestal da região. A fauna nativa, se avalia como sendo praticamente extinta. A exemplo do bugio-ruivo entre outros, se considera que existe uma vasta biodiversidade, por se tratar de uma área de transição entre serra, litoral e pampa.

A SEMA/RS (2006) destaca a presença de uma fauna diversa, entre aves, anfíbios, répteis e insetos terrestres. A mastofauna, por sua vez, também tem representatividade no Parque, embora com limitado número de espécies. Contudo, há relatos de que os mamíferos de médio e grande porte foram extintos na década de 1950. A maior parte das aves (espécies mais abrangentes da fauna) e das espécies de mamíferos remanescentes geralmente se inserem nas áreas de Mata Paludosa (área que abrange a maioria das espécies em processo de extinção) e de Mata Arenosa, sendo a fauna restante abrangente nas áreas mais úmidas.

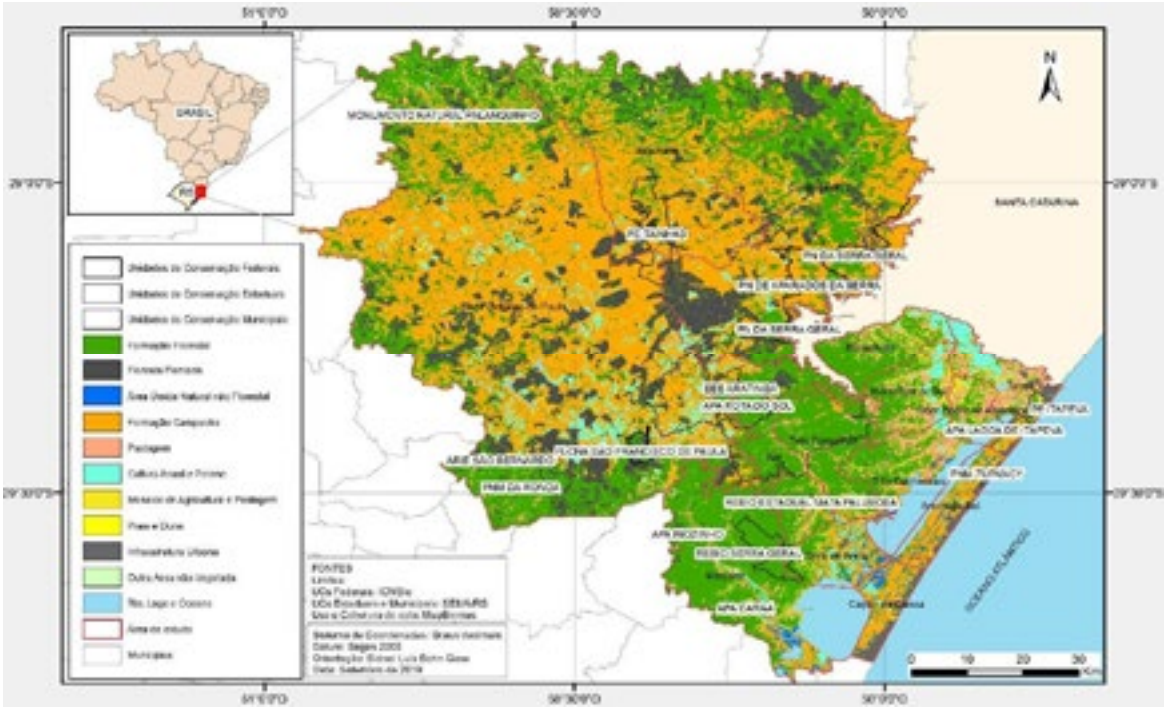


Figura 2 – Região Nordeste do Rio Grande do Sul: uso e cobertura do solo

3. Materiais e Métodos

O desenvolvimento da proposta de Zoneamento Geoambiental aqui apresentada ocorreu a partir de um conjunto de discussões e leituras teóricas, as quais foram complementadas com a realização de trabalho de campo para verificação e coleta de dados, utilizando os Mapas de Uso e Cobertura da Terra, na escala de 1:50.000, a partir da base do projeto MapBiomas, Mapa Geomorfológico na escala de 1:250.000, obtido a partir da base do projeto RADAMBrasil, e Mapa de Unidades de Conservação, na escala de 1:25.000, a partir da base do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) para conhecimento preliminar da região a ser estudada. Assim, após a finalização dos trabalhos em campo foi definida a área de estudo, identificada na Figura 1.

A partir do trabalho de campo, as observações empíricas foram discutidas em grupo sendo sistematizadas conforme metodologia de análise referente a matriz DPSIR - *Driving*

Forces, Pressures, State, Impact and Response (EEA, 1999), ou seja, Forças Motrizes, Pressões, Estado, Impacto e Resposta. A DPSIR "se baseia na análise sistêmica das relações causais entre o ambiente natural e as atividades humanas" (PORTO, BASSO, STROHAECKER, 2019), através da escolha dos indicadores socioambientais mais relevantes. Foi desenvolvido pela *European Environment Agency* (EEA) e adotado pela *Water Framework Directive* (WFD) da União Europeia (SOARES et al., 2011). De acordo com a EEA (1999), os indicadores apontam tendências da situação do ambiente estudado, também servindo para monitorar o processo de alcance de metas de políticas ambientais.

A Força Motriz representa o conjunto das atividades humanas que exercem Pressão sobre o meio ambiente, modificando seu Estado. Essas alterações podem provocar Impactos, sejam positivos ou negativos, sendo que os últimos necessitam de Respostas para mitigação, correção e prevenção que podem ser aplicadas nas forças motrizes, nas pressões, no estado ou nos impactos. (PORTO, BASSO, STROHAECKER, 2019).

Desse modo, o DPSIR foi utilizado como metodologia para analisar a área de estudo possibilitando um olhar integrado que resultou numa proposta de zoneamento. Em relação a metodologia operacional, o software utilizado para a elaboração dos produtos cartográficos digitais foi o QGIS. A partir disso, foram utilizados os limites da Unidades de Conservação Estaduais que estão inseridos dentro da área de estudo, assim como as delimitações das suas respectivas zonas de amortecimento correspondentes ao raio de 10 Km. Todos esses dados estão disponibilizados no site da Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Sema)1, criada em 1999, órgão central do Sistema Estadual de Proteção Ambiental (Sisepra), responsável pela política ambiental do Rio Grande do Sul, como também, os Shapes dos limites municipais e de Uso e Cobertura do Solo na escala de 1:100.000 do IBGE.

Todos os procedimentos técnicos adotados para a geração da proposta de Zoneamento Geoambiental aqui apresentada, foram executados a partir do software QGIS, que é uma

[1] https://www.sema.rs.gov.br

ferramenta livre. Assim, tanto os dados cartográficos quanto a ferramenta utilizada, demonstram que se tem no Brasil uma boa possibilidade de desenvolvimento de trabalhos técnicos com qualidade e baixo custo.

4. Resultados e Discussão

4.1. Sistematização e Análise Empírica com o Modelo DPSIR

A partir das observações do trabalho de campo e das informações obtidas empiricamente, foram identificadas, as principais variáveis da matriz DPSIR e suas relações de causa e efeito, como pode ser verificado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo DPSIR da área de estudo.

Áreas de conservação associadas a especulação imobiliária foram observadas durante o percurso entre São Francisco de Paula e Torres, tendo a urbanização como fator de Pressão,

provocando mudanças de uso do solo e ameaça as áreas de preservação. Na primeira, o entorno do lago São Bernardo, ainda que ocupado é densamente coberto por floresta, sofre Pressão para que seja desmatado, dando lugar a novas construções. Na segunda, há conflitos de uso nas bordas do Parque de Itapeva, que vêm sendo ocupado espontaneamente.

Em relação as atividades econômicas se destacam: produção orizícola observada na Planície Costeira; a de banana nas planícies alúvio-coluvionar (rios Maquiné e Três Forquilhas) e no início da escarpa do planalto e a silvícola no Planalto e na Planície Costeira. Além de mudarem a ocupação do solo e causar sua contaminação, geram demanda de água e interferem na sua qualidade e quantidade, correspondendo a mudança de Estado do meio.

A migração sazonal de verão, comum no litoral do Rio Grande do Sul, aliada ao turismo tanto em Torres como em São Francisco de Paula, movimentam a economia. Entretanto, também contribuem para a urbanização desordenada com a construção empreendimentos, condomínios de segunda residência e hotéis, que invadem áreas de preservação, aumentam a demanda por água e a emissão de efluentes e resíduos, prejudicando a balneabilidade das praias, outra mudança de Estado que afeta o equilíbrio ambiental.

Os principais Impactos observados estão diretamente relacionados aos conflitos de uso e ocupação do solo envolvendo a especulação imobiliária, a produção agrícola e as áreas de preservação ambiental. Desse modo, se destaca a ocupação das zonas de amortecimento das unidades de conservação da região, com consequente perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Assim, considerando essa análise, a proposta de Zoneamento Geoambiental desenvolvido neste trabalho apresenta uma característica funcional, sendo uma Resposta em relação as Forças Motrizes e as Pressões identificadas na área objeto de estudo.

4.2. Proposta de Zoneamento Geoambiental

O Zoneamento Ambiental associado ao planejamento constitui-se num dos principais instrumentos para o ordenamento do território, agregando áreas homogêneas a partir de uma

análise integrada da paisagem (ZACHARIAS, 2010). Trata-se de múltiplas dimensões (natureza, economia, sociedade e cultura) que visam a busca da sustentabilidade ambiental, podendo ser definido de acordo com a finalidade que se propõe, a partir da categoria geográfica paisagem, ponto de partida para sua operacionalização. Assim, em função da compatibilização dos usos e da dinâmica ambiental existente, seja no espaço urbano ou rural, surgem as tipologias de zoneamento e a denominação ambiental apresenta-se como indicativo de sua sustentabilidade.

Para Nobre e Garcia (2013) o Zoneamento Ambiental (divisão em áreas homogêneas) é subsídio para gestão ambiental, fase final desse raciocínio metodológico, que se inicia com uma análise integrada (meio físico e socioeconômico) e posteriormente um diagnóstico ambiental (resposta encontradas). Portanto, observa-se que o zoneamento é peça chave para que aconteça a gestão ambiental, possibilitando cenários espaciais e temporais, com destaque para o conhecimento das potencialidades e fragilidades da paisagem (ZACHARIAS, 2010).

De acordo com a autora, o trabalho do geógrafo assume um papel de destaque devido aos seu olhar sistêmico que permite identificar as atividades em cada compartimento delimitado, indicando usos e ocupações do solo que sejam compatíveis com a tipologia da paisagem. Considerando que a área de estudo apresenta uma paisagem marcada pela presença de unidades de conservação, ressalta-se que o zoneamento proposto aconteceu com base nessa especificidade. De acordo com Carvalho, et al (2013) embora as unidades de conservação tenham se expandido pelo território nacional nas diversas esferas de poder público (municipal, estadual e federal), o que se observa é que não se tem garantia em relação sobre a integridade dos recursos naturais. Desse modo, a proposta apresentada se deu a partir de um zoneamento funcional, baseado na legislação ambiental e nos tipos de paisagens encontradas, destacando as zonas de amortecimento irregularmente ocupadas. Nesse cenário definiram-se como proposta quatro zonas de restrição que podem ser verificadas no mapa da Figura 4).

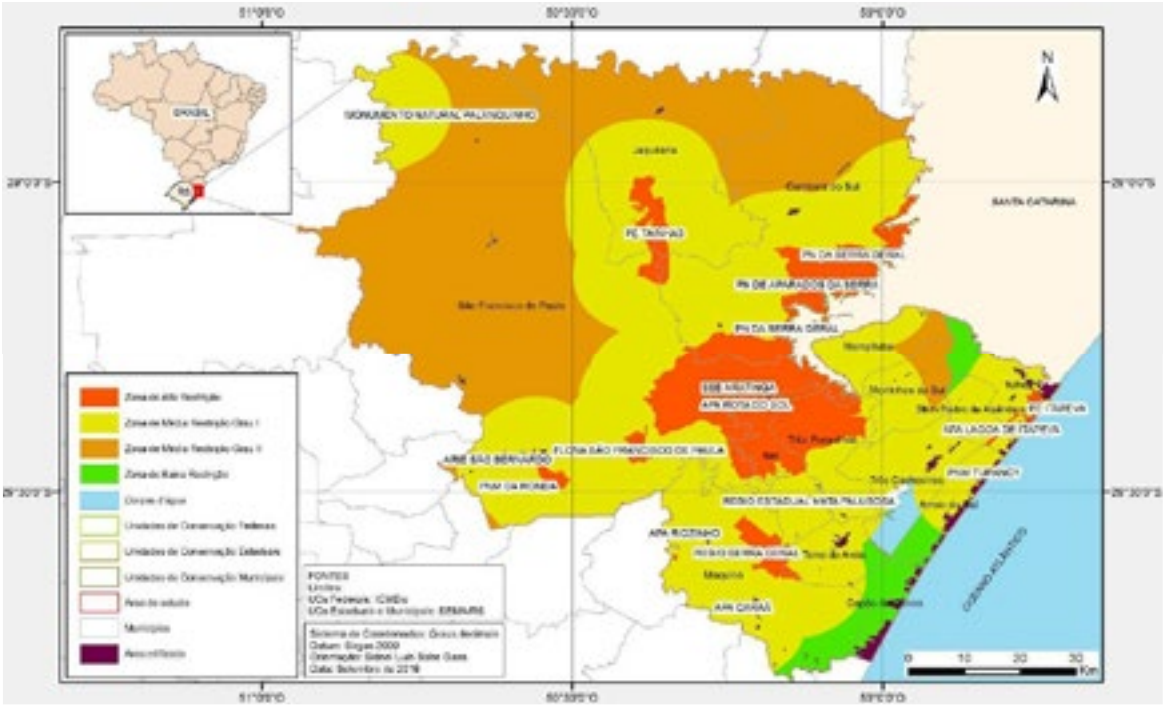


Figura 4 – Zoneamento Geoambiental Proposto.

A **Zona de Alta Restrição,** correspondem as Zonas de Proteção Ambiental definidas pela Lei 9.985/2000 (BRASIL, 2000), referente ao Sistema Nacional de Unidades de Conservação que se subdividem em dois grandes grupos: as de Proteção Integral[2], apresentando limitações às atividades e aos usos, envolvendo a retirada da população e a regularização fundiária, e as de Uso Sustentável[3], possibilitam a compatibilização de atividades considerando a conservação dos recursos naturais e a limitação de atividades (econômicas e sociais) não sustentáveis. Na área de estudo existem seis Unidades de Conservação, sendo uma de Uso Sustentável (Área Ambiental Rota do Sol) e cinco de Proteção Integral (Estação Ecológica Estadual de Aratinga, Parque Estadual de Itapeva, Parque Estadual de Tainhas, Reserva Biológica Serra Geral e Reserva Biológica Estadual Mata Paludosa)

[2] De proteção integral podem ser classificadas em: I - estação ecológica, II - reserva biológica, III - parque nacional, IV - monumento natural e V - refúgio da vida silvestre.
[3] De uso sustentável são classificadas em: I - área de proteção ambiental, II - estação ecológica, III - parque nacional, IV - monumento natural e refúgio da vida silvestre.

A **Zona de Média Restrição**, **Grau I,** são as Zonas de Amortecimento (raio de 10 km em relação a unidade de conservação) que foram ocupadas espontaneamente em desacordo com a legislação ambiental vigente.

Por sua vez, a **Zona de Média Restrição**, **Grau II,** corresponde as áreas fora das Zonas de Amortecimento que podem ser estabelecidos usos compatíveis com a fisiologia da paisagem.

Por fim, as **Zona de baixa Restrição,** são as áreas urbanas consolidadas em função do crescimento da cidade, apresentando um grau de antropização que não é possível outra forma de uso.

5. Considerações Finais

A necessidade em desenvolver proposições sobre zoneamento com metodologias que possam subsidiar o planejamento ambiental em Unidades de Conservação no estado do Rio Grande do Sul é compatível com a agenda ambiental que preconiza a sustentabilidade dos recursos naturais, em particular, das áreas ricas em biodiversidade.

Assim, o presente estudo, conduz uma análise acerca do Zoneamento Geoambiental de natureza funcional no Litoral Nordeste do Rio Grande do Sul, com ênfase as Unidades de Conservação que apresentam fragilidade e relevância ambientais, onde foram definidas zonas restritivas de uso para fins de ordenamento territorial tendo em vista a conservação e preservação da biodiversidade.

A metodologia analítica DPSIR proporcionou avaliar de forma integrada a região Nordeste do Rio Grande do Sul condicionando a elaboração do Zoneamento Geoambiental proposto neste estudo.

6. Referências Bibliográficas

BRASIL, Lei Federal nº 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o artigo. 225, §1º; Incisos I, II, III e VII, da Constituição Federal e institui o Sistema nacional de Unidade de Conservação. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, 19 de julho de 2000.

BRASIL. Decreto n. 4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Poder Executivo, Brasília, 11 de julho de 2002.

BRASIL. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil.** Poder Executivo, Brasília, 2 de setembro de 1981.

CARVALHO, et al. Zoneamento Ecológico-Econômico como subsídio a gestão de unidades de conservação: a APA e o Parque da Sabiaguaba, Fortaleza (CE). In: SILVA, M. R. F.; CARVALHO, R. G.; GRIGIO, A. M.; DIAS, N. A. (Org.). **Gestão ambiental: caminhos para uma sustentabilidade sustentável**. São Paulo: Editora e Livraria da Física, 2013.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Environmental indicators: typology and overview**. Copenhagen: EEA, 1999.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER. **Diretrizes ambientais para o desenvolvimento dos municípios do Litoral Norte. Zoneamento ecológico-econômico e proposta de enquadramento dos recursos hídricos**. Porto Alegre: SEMA-RS, FEPAM, GERCO-RS, 2000.

NOBRE, M. F.; GARCIA, G. J. O Zoneamento Ecológico-Econômico como instrumento de planejamento e gestão ambiental. In: SILVA, M. R. F.; CARVALHO, R. G.; GRIGIO, A. M.; DIAS, N. A. (Org.). **Gestão ambiental: caminhos para uma sustentabilidade sustentável**. São Paulo: Editora e Livraria da Física, 2013.

PORTO, D. T.; BASSO, L. A.; STROHAECKER, T. M. Diagnóstico ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba, região sul do Brasil, utilizando a matriz de indicadores FPEIR. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, 2019. No prelo.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Itapeva.** Porto Alegre: Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, DDEFAP, Fundação Zoobotânica, 2006.

SOARES, et al. Revisando a estruturação do modelo DPSIR como base para um sistema de apoio à decisão para a sustentabilidade de bacias hidrográficas. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, Maringá, v. 4, n. 3, p. 521–545, 2011.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no Zoneamento Ambiental**. São Paulo: Ed. UNESP, 2010.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ÁNALISE MULTIVARIADA APLICADA A ACURÁCIA DO MAPEAMENTO DE USO DO SOLO

Aline Moreira Damasceno [(a)], Ana Rita Gonçalves Neves Lopes Salgueiro ([(b)],
Debora Nogueira [(c)], Paulo Ricardo Gorayeb Sucupira Junior[(d)]

[(a)] Departamento de Geologia /Universidade Federal do Ceará, alinemoreiradamas@gmail.com
[(b)] Departamento de Geologia /Universidade Federal do Ceará, geo.ritasalgueiro@gmail.com
[(b)] Departamento de Geologia /Universidade Federal do Ceará, deboranogueira@hotmail.com
[(b)] Departamento de Estatistica /Universidade Federal do Ceará, paulogorayeb.statisticum@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O mapeamento e levantamento de dados referentes ao uso, vegetação e etc são importantes para avaliar a situação da área de estudo. No entanto, em algumas ocasiões, nem sempre é possivel o acesso integral ao local de estudo pois, muitas vezes o mapeamento exige uma demanda de recursos humanos e financeiros, que muitas vezes não podem ser atendidos, dessa forma é necessario avaliar a precisão do mapeamento realizado, por meio de outras ferramentas. Este artigo apresenta o método de avaliação de acurácia para mapeamentos de uso do solo, que foi aplicado para a região do Municipio de São Gonçalo do Amarante atravez do Indice Kappa, considerando o mapeamento de uso da terra realizado para os anos de 1991, 1999, 2000 e 2018, utilizando imagens Landsat TM. O Indice Kappa apresentou bons resultados, para as classes identificadas, comprovando assim a eficácia desse metodos nesse tipo de estudo.

Palavras chave: Geoestatistica, Segmentação de Imagens e Autocorrelação espacial

1. Introdução

Diversas transformações ocasionadas pela ocupação antrópica no ambiente natural, ocorrem com frequência e em grandes escalas. Muito se ouve falar sobre os diversos processos de ocupação que ocasionam mudanças, muitas vezes, irreversíveis na

paisagem. Essas mudanças estão ligadas principalmente ao desenvolvimento de atividades agrícolas, pecuária e de urbanização (Kleinpaul et al., 2005), que predominam na maior parte do território brasileiro. Com esses fatores em destaque, convém ressaltar a necessidade do conhecimento da vulnerabilidade dessas regiões, tanto para promover o desenvolvimento ambiental sustentável quanto para viabilizar o processo de planejamento regional e local. (FILHO et.al., 2007). Para alcançar a compreensão das mudanças ocorridas em uma região, visando seu planejamento ambiental, é necessário primeiramente identificar os componentes presentes naquele espaço. Dessa maneira, para aprofundar os estudos sobre as mudanças de uso e ocupação é necessário identificar os tipos de uso e suas modificações ao logo do tempo. Sendo assim, o sensoriamento remoto, se torna uma ferramenta importante diante da necessidade de se coletar essas informações presentes no espaço, pois através da mesma é possível visualizar e identificar de forma direta os elementos que compõem o meio ambiente. Dessa maneira para um melhor aprimoramento do processo de extração de informações, (Ribeiro et al, 2002) o emprego de imagens de sensoriamento remoto orbital no mapeamento e monitoramento do uso do solo, especialmente quando envolvendo grandes áreas, tem sido baseado no uso de técnicas de interpretação visual. No entanto, a interpretação visual das imagens de satélite, quando aplicada na produção de mapas temáticos, como o de uso do solo, por exemplo, requer tempo, sendo até muitas vezes dispendiosamente trabalhoso, além de ainda estarem sujeitas a diferenças em função do intérprete (subjetividade). Porém, existe alternativa dentro do Sensoriamento Remoto, para contornar esses problemas. O processo é realizado através do processamento de imagens de satélites, que poderia agilizar o processo de produção desses tipos de mapas temáticos, e que acaba se tornando uma ajuda para minimizar essa subjetividade, este método alternativo é chamado de classificação digital. Com base nisso, esta pesquisa, enfatizou-se na aplicação de técnicas multivariada afim de contornar a subjetividade no processo de classificação supervisionada, através da

verificação e validação de um mapeamento de uso do solo realizado no Município de São Gonçalo do Amarante- CE para os anos de 1991, 1999, 2007, 2018, através de métodos multivariados e Índice Kappa.

Figura 1 – Mapa de Localização do Município de São Gonçalo do Amarante

2. Material e Método

1.1. Processo de Classificação Supervisionada de Imagens

Dentre os muitos objetivos do sensoriamento remoto, um deles é o de distinguir e identificar as composições de diferentes objetos que compõem uma superfície, sejam eles dos tipos de vegetação, tipos de uso do solo, rochas e outros. Essa distinção e identificação dos objetos, apenas é possível devido ao fato dos materiais presentes na representação terem comportamentos específicos ao longo do

ISBN: 978-85-7282-778-2

espectro eletromagnético, comportamentos esses que podem, portanto, ser usados para identificá-los. Para a realização desse estudo, as fontes de dados foram coletadas das imagens multiespectrais do satélite Landsat TM (Thematic Mapper), com as respectivas bandas 1 (0,45 - 0,52 μm), 2 (0,53 - 0,61 μm), 3 (0,63 - 0,69 μm), 4 (0,76 - 0,90 μm), 5 (1,55 - 1,75 μm) e 7 (2,08 - 2,35 μm), para os anos de 1991, 1999,2000 e 2018. Em seguida técnicas de decorrelação de bandas foram utilizadas para compor o processo de extração de informações, utilizadas no mapeamento do uso e ocupação do solo.

Para delimitação e classificação das classes de mapeamento do uso e ocupação do solo foram levados em consideração fatores como: Levantamento Bibliográfico referente aos mapeamentos de uso e ocupação do município de São Gonçalo, atividades econômicas presentes da região, além da disponibilidade da sazonalidade das imagens de satélite Landsat, que foi seguida o mesmo padrão do sensor para todas as imagens, no qual foi possível aplicar o método de decorrelação e seleção de acordo com as seguintes características e delimitações realizadas pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente em 2017(SEMACE) : Agua, Área antropizada. Sedimento Arenoso, Sedimento Fixo, Solo exposto, Vegetação e Vegetação antropizada, que englobou as culturas temporárias e área de reflorestamento.

1.2 Avaliação/ Validação da precisão da Classificação

Para a realização do processo de quantificação dos erros gerados pelo método de classificação supervisionada por segmentação, realizados nesse estudo, foram construídas as chamadas matrizes de erro ou de confusão, que permite uma comparação entre os dados provenientes das amostras de validação e com relação ao resultado da classificação. No processo de segmentação da imagem e da posterior classificação, as matrizes de erros foram calculadas com o mesmo conjunto de amostras de validação. Foram realizados também procedimentos de levantamento da

exatidão global, por meio da matriz de erro, também foram calculados os erros de inclusão, omissão, produtor, realizado para cada classe temática e por fim foi realizado o cálculo do coeficiente Kappa, que auxilia na avaliação do classificador.

No levantamento do uso e ocupação do solo computando-se a estatística das classes temáticas para o método de classificação por região, permitindo dessa forma avaliar a melhor performance de cada classe temática. Para comparar o desempenho entre os diferentes métodos de classificação foi usado variância de Kappa e estatística Z, comumente utilizada na literatura (Fidalgo, 1995; Lu et al., 2003). Segundo Skidmore (1999), este teste estatístico pode ser carregado em combinações pares de matrizes de erro, determinando se como matrizes são diferentes. Para fazer uma inferência estatística, utilizou-se teste de hipótese. Consideraram-se K_1 e K_2 como as como de Kappa e σ^2_{k1} e σ^2_{k2} suas respectivas variâncias, representando dois classificadores, tais, para testar uma igualdade de duas matrizes de confusão e a estatística Z, expressa por:

$$Z = \frac{|K_1 - K_2|}{\sqrt{\sigma_{k1}^2 + \sigma_{k2}^2}}$$

3. Resultados e Discussão

O resultado da classificação foi testado e em relação a exatidão global do mapeamento do uso do solo, a classificação supervisionada para cada ano foram respectivamente, 92% para 1991, 82% para 1999, 90% para 2007 e 76% para 2018. A variação da Índice global, assim como para o índice Kappa pode ser associada a

ISBN: 978-85-7282-778-2

mudança ocorrida na paisagem e nas mudanças de uso do solo, devido a complexidade de atividades exercidas com relação ao uso do solo na região. Tabela I:

Tabela I – Exatidão KAPPA encontrada paras os anos de estudo

CLASSIFICAÇÃO	*INDICE KAPPA*	*EXATIDÃO GLOBAL*
1991	90%	92%
1999	79%	82%
2007	87%	90%
2018	73%	76%

Dessa maneira, levando em consideração a diferença entre os resultados e as estimativas de cada área relacionada a classe de uso do solo, pode-se atribuir a diferença em relação aos tipos de uso, que consequentemente resultam na diferença de resposta espectral entre a distinção dos objetos. Sendo assim, é importante considerar os desempenhos da exatidão global, bem como destacar a relevância das categorias de uso, ou seja, é importante selecionar o método mais adequado ao seu objetivo de trabalho.

3. Considerações Finais

O uso do método de levantamento de acurácia é importante, pois me muitas situações o pesquisador é impossibilitado de diversas maneiras a realizar trabalhos de campo para o levantamento desse tipo de estudo. Tecnologias desse tipo, permitem uma maior facilidade e agilidade nos estudos de mudança de cobertura de uso do solo, e uma maior segurança a partir do momento que se é possível avaliar a exatidão dessa classificação. No entanto, o trabalho de campo ainda deve ser realizado, ainda que seja para reconhecimento da área.

ISBN: 978-85-7282-778-2

4. Bibliografia

ANTUNES, ALZIR FELIPPE BUFFARA; STURM, ULRIKE. Segmentação orientada a objeto aplicado ao monitoramento de ocupações irregulares em áreas de proteção ambiental. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2005, Goiania. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** [...]. [*S. l.*: *s. n.*], 2005. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.18.10.03/doc/2019.pdf. Acesso em: 13 jan. 2019.

ESPINDOLA, G.M.; CRUSCO, N.A.; EPIPHANIO, J.C.N. Aplicação da Metodologia do PRODES Digital em Imagens CCD/CBERS-2. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,** 12., 2.005. Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2.005. p.923-930.

ESPINDOLA, Giovana Mira de; CÂMARA, Gilberto. Ajuste de parâmetros no algoritmo de segmentação de imagens do software eCognition. *In*: ANAIS DO XIII SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2007, Florianópolis. **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto** [...]. [*S. l.*: *s. n.*], 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237228637_Ajuste_de_parametros_no_algoritmo_de_segmentacao_de_imagens_do_software_eCognition. Acesso em: 13 jan. 2019

FIDALGO, E. C.C. Exatidão no processo de mapeamento temático da vegetação de uma área de mata atlântica no estado de São Paulo, a partir de imagens TM-Landsat. 1995. 186p. (INPE-5944-TDI/570). **Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)** – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1995.

FILHO, Milton da Costa Araújo; MENESES, Paulo Roberto; SANO, Edson Eyji. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA COM BASE NA ANÁLISE DE IMAGENS DE SATÉLIT. **Revista Brasileira de Cartografia** , [S. l.], n. 59/02, p. 173-179, 25 jan. 2007.

LU, D.; MORAN, E. BATISTELLA, M. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. **Remote Sensing of Environment.** v.87. p.456-469. 2003.

OLIVEIRA, L. T. Fusão de imagens de sensoriamento remoto e mineração de dados geográficos para mapear as fitofisionomias no bioma cerrado. 2004. 131 p. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)** - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

PESSOA, SEYLA POLIANA MIRANDA; GALVANIN, EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS; NEVES, SANDRA MARA ALVES DA SILVA. Análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio do Bugres - mato grosso, brasil. **Enciclopédia biosfera, centro científico conhecer**, Goiânia, p. 1-13, 1 dez. 2013

RIBEIRO, S. R. A.; BAEHR, H. P.; CENTENO, J. A. S. Integração de imagens de satélite e dados complementares para a delimitação de unidades de paisagem usando uma abordagem baseada em regiões. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 8, p. 47-59, 2002

SKIDMORE, A.K. Accuracy assessment of spatial information. In: STEIN, A.; MEER, F. van der; GORTE, B. (Ed.). **Spatial statistics for remote sensing**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p.197-209.

KLEINPAUL, J. J.; PEREIRA, R. S.; HENDGES, E. R.; BENEDETTI, A. C. P.; ZORZI, C.; FERRARL, R. Analise multitemporal da cobertura florestal da microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, MS. **Boletim de pesquisa**, n. 51, p. 171-184, 2005.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO APLICADO À ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE CAMPINAS (SP)

Isabelle Salazar Vieira Alves [(a)], Marina Betteto Drezza [(b)], Débora Naidhig [(c)]

[(a)] Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Email: isabellesalazargeo@gmail.com

[(b)] Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Email: marinadrezza@gmail.com

[(c)] Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Email: deeboranaidhig1@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho em decorrência da conservação de ambientes naturais junto à interferência antrópica buscou realizar uma análise do desmatamento que vem ocorrendo na Área de Proteção Ambiental (APA) de Campinas. Deste modo, foi utilizado o Índice de Vegetação Aplicado por meio do software ArcGIS 10.5, na área em que está definida a APA, utilizando o espaço-temporal de 2006 e 2018. Constatou-se que a área vem passando por um processo de desmatamento, sendo necessário portanto, maiores ações para que as interferências humanas sejam reduzidas e que a conservação da área permaneça.

Palavras chave: Interferência antrópica. Desmatamento. Área de Proteção Ambiental.

1. Introdução

Atualmente, para que se possa realizar uma análise de paisagens é necessário também avaliar a interferência antrópica na transformação do meio pois entende-se que a dinâmica natural possui espaço-temporal distinto àqueles vinculados à sociedade. Quando juntos, processos naturais e interferência humana, tem-se a degradação da natureza.

Por estes motivos, foi escolhido a Área de Proteção Ambiental de Campinas (APA), localizada no estado de São Paulo e que abrange uma área definida pela Lei nº 10.850 de 07 de junho de 2001. É nesta localidade em que a cobertura vegetal original está melhor preservada, contendo uma gama de diversidade animal e vegetal. No entanto, apresenta relevantes interferências antrópicas que necessitam ser reduzidas, apesar de encontrar-se na categoria de Unidade de Conservação de Uso Sustentável, pois conforme visto em Campinas (2006), esta diversidade encontra-se fragmentada, gerando alterações de fisionomia, anomalias, perturbações e extinções.

Este trabalho, portanto, objetivou utilizar o Índice NDVI para a análise da vegetação da APA Campinas, que conforme visto em imagens de satélites, com o passar dos anos vem sendo desmatada.

2. Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho foi utilizado o NDVI que é um acrônimo da expressão inglesa *Normalized Difference Vegetation Index* que pode ser traduzido para Índice de Vegetação por Diferença Normalizada através do software ArcGIS 10.5. Utilizou-se imagens de satélite, Landsat 8, para a análise da qualidade da vegetação por meio da reflectância e comportamento espectral da superfície e vegetação (ZANZARIN et al., 2013; WEIR; HERING, 2012). Um dos usos mais frequentes do NDVI é a utilização para a medição da intensidade da atividade de clorofila nas plantas, podendo inclusive realizar comparações com períodos anteriores, assim como foi feito neste trabalho, em que comparou-se os anos de 2006 e 2018.

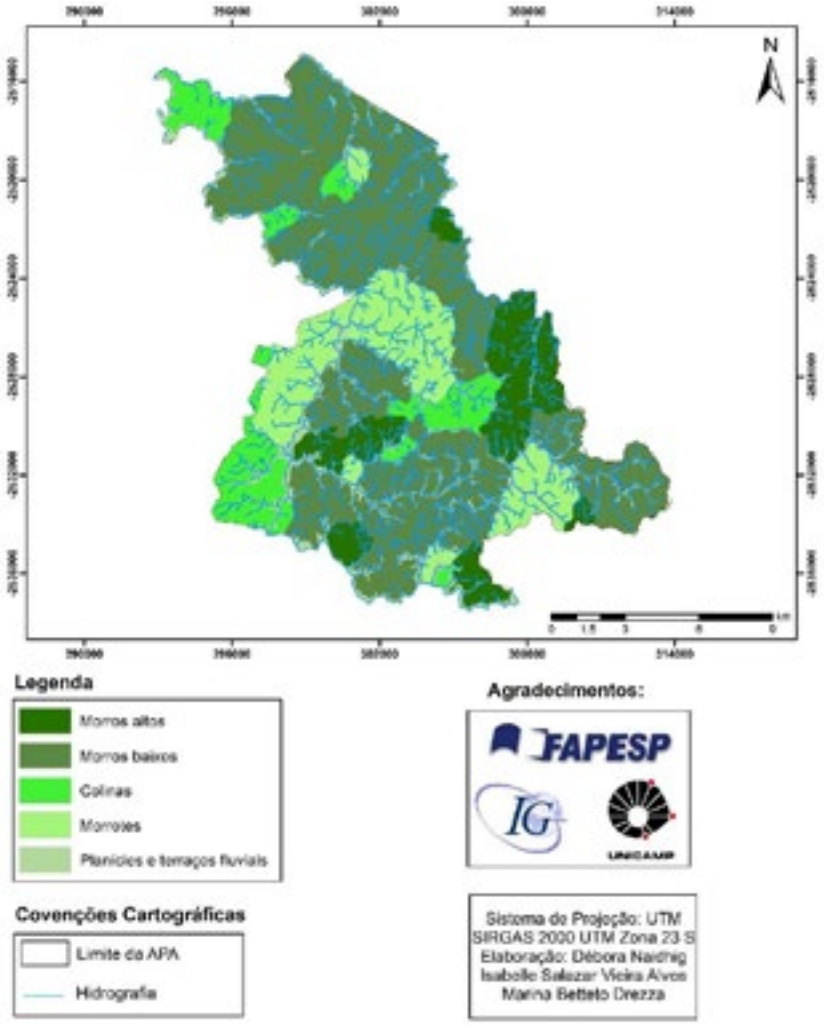
O NDVI é obtido através da razão entre a diferença da reflectância do infravermelho (IVP) e do vermelho (V) pela soma das mesmas variáveis. Esse cálculo resulta em um índice que varia entre -1 e 1. Na prática o valor representa a presença de vegetação, quanto maior ele é, maior é quantidade vegetativa do local. Por isso, a utilização desse recurso para este trabalho possui como finalidade demonstrar a diferença de ocupações de vegetação na APA Campinas para os respectivos anos.

ISBN: 978-85-7282-778-2

3. Resultados e Discussões

Ao comparar as figuras 1 e 2, é possível perceber a existência de reflorestamento nas áreas de colinas e morrotes, principalmente próximo à área urbanizada da APA, além das regiões mais ao norte, onde estão presentes os morros baixos que proporcionam uma análise mais rígida de como esse local está sendo mais impactado.

Mais ao centro, onde encontram-se os morros altos e as colinas, houve um maior desmatamento em planícies e terraços fluviais. Portanto, é perceptível a mudança das cores das escalas supracitadas,nos anos escolhidos para a análise.



ISBN: 978-85-7282-778-2

Figura 1 – Relevo da APA Campinas

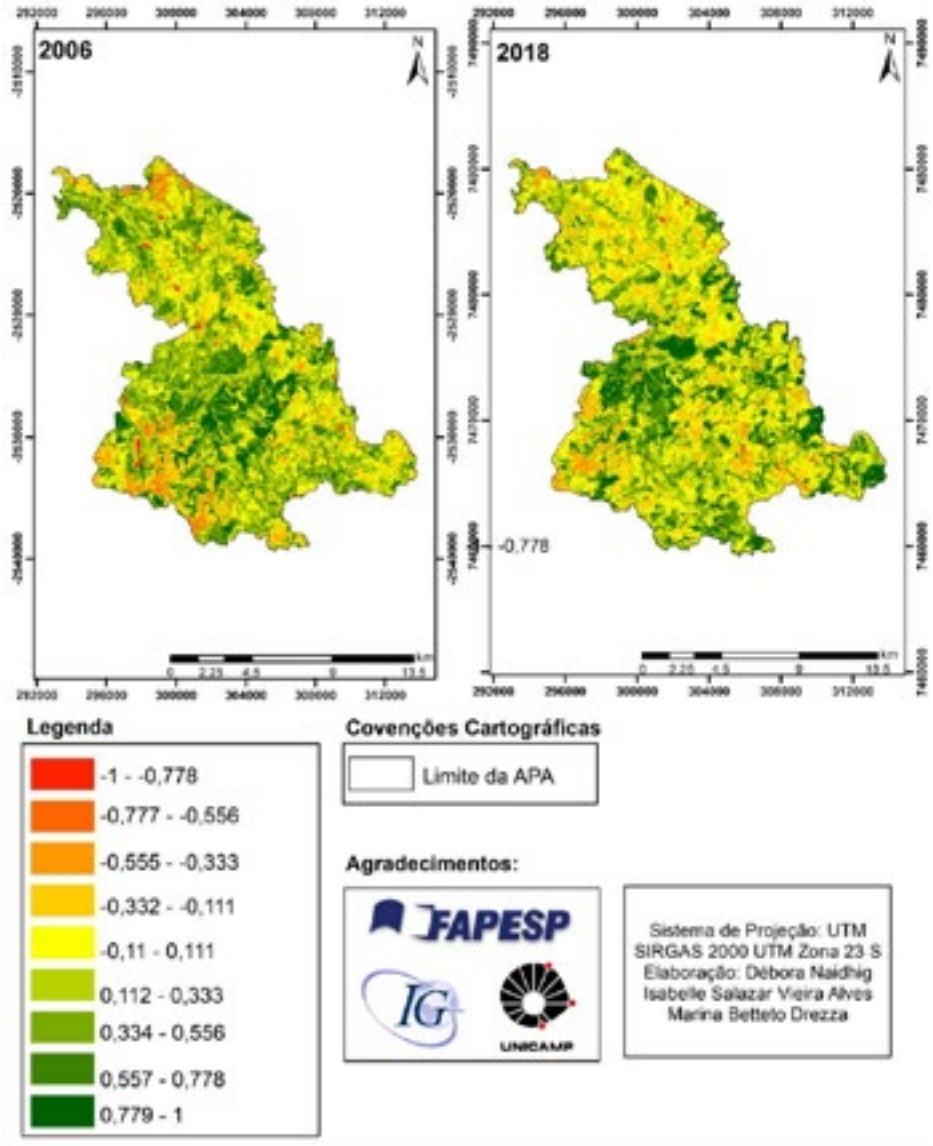


Figura 2 – Índice de Vegetação Aplicado à APA Campinas

4. Considerações Finais

Este trabalho possibilitou a observação da paisagem quando relacionada a ação humana, destacando as transformações ocorridas no espaço, no período de tempo de 12 anos. Não obstante, permitiu a aplicação de geotecnologias para os estudos ambientais.

ISBN: 978-85-7282-778-2

5. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelos processos de número 2017/26927-4, 2018/08351-0 e 2018/09401-1.

6. Referências Bibliográficas

CAMPINAS. **Plano Diretor Estratégico do Município de Campinas.** Campinas, 08 de janeiro de 2018.

WEIR, J.; HERING, D. **Measuring vegetation (NDVI & EVI).** NASA Earth Observatory. 2012.

ZANZARINI, F.V.; PISSARRA, T. C. T.; BRANDÃO, F. J. C.; TEIXEIRA, D. D. B. Correlação espacial do índice de vegetação (NDVI) de imagem Landsat/ETM+ com atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 17, p. 608-614, 2013.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA ANÁLISE ESPACIAL DE ATIVIDADES MINERÁRIAS NO ESTADO DE MINAS GERAIS: AREIA, CASCALHO E ROCHAS ORNAMENTAIS

Caroline Priscila Fan Rocha [(a)]; Felipe Fernandes Ladislau [(b)]; Fabrício Lisboa Vieira Machado [(c)]

[(a)] Doutoranda em Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), caroline.fanrocha@gmail.com;
[(b)] Graduando em Geografia na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), felipe.fernandesladislau@gmail.com;
[(c)] Mestre em Geografia e Análise Ambiental na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), fabriciolvm@hotmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As minerações de areia, cascalho e rochas ornamentais exercem importante papel na economia de Minas Gerais através da geração de emprego e renda. Tais setores econômicos, contudo, têm sido alvo de críticas por parte de acadêmicos, analistas e representantes estatais, tendo em vista os impactos causados no meio ambiente e as constantes irregularidades no controle ambiental. Dessa forma, conhecer a distribuição espacial das atividades minerárias torna-se relevante. A presente pesquisa, portanto, avaliou a aplicabilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na análise espacial das extrações de areia, cascalho e rochas ornamentais em Minas Gerais. Os resultados obtidos indicaram, em linhas gerais, que o NDVI se mostrou efetivo na análise espacial, sobretudo em territórios com maior contraste entre áreas antropizadas e áreas com presença de cobertura vegetal. A pesquisa visa contribuir para o desenvolvimento de ações para a melhoria da gestão ambiental dessas atividades em território mineiro.

Palavras-chave: NDVI; análise espacial; mineração; Minas Gerais.

1. Introdução

As extrações de areia, cascalho e rochas ornamentais são atividades existentes no estado de Minas Gerais que exercem importante papel no desenvolvimento social, econômico e político desse estado, assim como de todo o país. Não obstante, tais atividades são responsáveis por diversos impactos ambientais negativos, alguns inclusive irreversíveis. A mitigação e o controle inadequados desses impactos já foram evidenciados pela literatura. A prática também tem revelado descumprimento das obrigações ambientais por parte dos setores econômicos. Moraes (2013), por exemplo, em amostra de 68 (sessenta e oito) empreendimentos de extração de areia e/ou cascalho no estado de Minas Gerais, constatou baixo atendimento aos parâmetros por ela definidos para a verificação da conformidade ambiental (média de 28%).

A redução dos recursos naturais e os impactos sobre o meio ambiente em decorrência das ações antrópicas, estimula constante aquisição de informações ambientais que se manifestam de maneira espacial e temporal, com o objetivo de compreender padrões de uso e ocupação e organização do ser humano no espaço (ALVARENGA E MORAES, 2014). Dessa forma, a utilização de imagens de satélite e de técnicas de sensoriamento remoto se destaca como importante mecanismo de suporte ao mapeamento, planejamento e monitoramento ambiental.

Dentre as principais técnicas difundidas, cabe destacar o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), que foi proposto por Rouse *et al*. (1973) na década de 1970 (LIU *et al*., 2018) como metodologia para caracterizar a cobertura vegetal, seu estágio de crescimento, além do porte e/ou vigor físico da estrutura foliar (TUCKER, 1979). Esse Índice é comumente utilizado em áreas do conhecimento como as ciências ambiental, florestal e agrícola. Contudo, também é capaz de registrar áreas com pouca ou nenhuma presença vegetacional, o que permite observar, com precisão, massas d'água, solos expostos e feições antrópicas na paisagem, inclusive aquelas com indícios compatíveis com atividades do setor minerário.

Diante da importância de se conhecer a distribuição espacial das atividades minerárias e os impactos por elas gerados sobre o meio ambiente, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a aplicabilidade do NDVI na análise espacial das extrações de areia, cascalho e rochas ornamentais em Minas Gerais, de modo a contribuir para o desenvolvimento de pesquisas e ações para a melhoria da gestão ambiental de tais atividades no estado.

2. Materiais e métodos

Os procedimentos metodológicos consistiram na utilização de técnicas de análise espacial através de Sistema de Informação Geográfica, a saber: i) elaboração do NDVI; ii) sobreposição aos dados disponíveis na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema); iii) identificação das potenciais áreas utilizadas na extração mineral; e iv) delimitação vetorial de suas formas geométricas. Para tanto, definiu-se área de estudo específica, isto é, quinze territórios municipais previamente selecionados de forma a representar as regiões geográficas do estado de Minas Gerais.

A seleção dos municípios foi baseada na concentração de processos minerários de areia, cascalho e rochas ornamentais da Agência Nacional de Mineração (ANM). Através de ferramenta nativa do *software* QGIS, foi elaborado mapa de calor a partir de modelo de densidade de *kernel*, que resultou na concentração espacial dos centroides dos processos minerários em todo o estado (Figura 1).

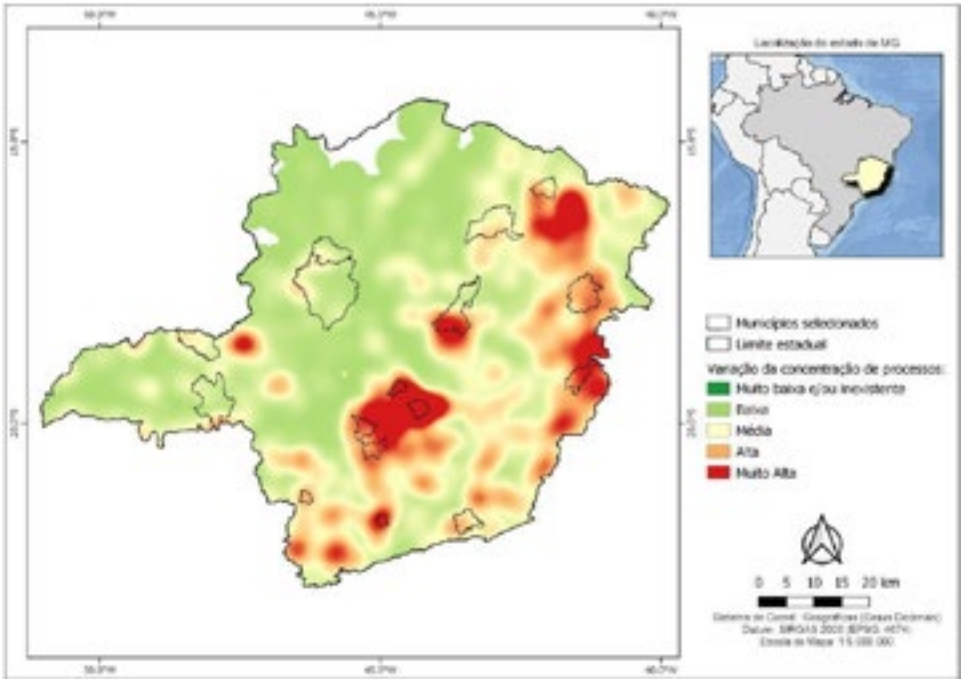


Figura 1. Concentração dos processos minerários no estado de Minas Gerais

Os dados vetoriais e matriciais utilizados nas análises espaciais são apresentados na Tabela I. Tais dados são provenientes de fontes secundárias e foram processados em *software* livre e de código aberto QGIS, em sua versão 3.4.

Tabela I. Dados secundários utilizados na pesquisa

Dado	Fonte	Formato
Títulos minerários	DNPM	Vetorial
Imagens Sentinel-2	*Earth Explorer*	Matricial
Limites municipais	IDE-Sisema	Vetorial

O NDVI foi elaborado a partir de imagens do satélite Sentinel-2, selecionadas em razão da sua resolução temporal (periodicidade média de 5 dias) e da sua resolução espacial (de 10 metros), o que permitiu acesso a bases de dados atualizados e maior acurácia na análise espacial dos alvos. Tais imagens foram obtidas através da plataforma *Earth Explorer* disponibilizada pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS).

O cálculo do referido Índice, conforme metodologia proposta por Rouse *et al.* (1973), foi feito a partir da aritmética de diferença entre os canais espectrais infravermelho (NIR), na banda 8, e vermelho (Red), na banda 4, divididos pela soma dos respectivos canais supracitados (Figura 2).

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$$

Figura 2. Modelo aritmético de elaboração do NDVI. Fonte: adaptado de Lourenço e Ladim (2004).

O NDVI é constituído em escala que varia de -1 a 1, de modo que quanto mais próximo a 1, maior a presença e o vigor físico da vegetação, enquanto que quanto mais próximo a -1, maior a presença de solos descobertos, massas d'água e/ou elevado grau de antropização da paisagem. Tal resultado pode ser explicado com base nas características foliares da vegetação, onde, na faixa do vermelho, a clorofila absorve a energia solar em maior proporção, resultando em baixa reflectância, enquanto que na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação resultam em elevada reflectância da energia solar incidente (LOURENÇO E LADIM, 2004). Portanto, quanto maior o contraste observado, maior o vigor da vegetação na área imageada.

Nas análises realizadas com o NDVI, adotou-se escala que considerasse a variação dos níveis de vigor e/ou saúde vegetativa, bem como a exposição de massas d'água e sem cobertura vegetal, mais especificamente: i) entre -1 e 0 (vegetação morta e/ou inexistente); ii) entre 0 e 0,33 (baixa presença e vigor da vegetação); iii) entre 0,33 e 0,66 (média presença e vigor da vegetação); iv) entre 0,66 e 1 (alta presença e vigor da vegetação).

Os NDVIs foram recortados com base nos limites municipais selecionados para a pesquisa, com a padronização cartográfica correspondente. Os Índices devidamente calculados e modelados foram utilizados de maneira sobreposta às imagens de satélite do *Google*, disponíveis através do *plugin QuickMapServices*, nativo do repositório padrão do QGIS.

Também foram utilizadas as bases hidrográficas ottocodificadas disponíveis na plataforma IDE-Sisema, como subsídio às análises, em especial para as extrações de areia e cascalho, devido à proximidade dessas em cursos d'água e/ou áreas e áreas de decantação.

As análises consistiram na identificação de elementos visuais característicos das extrações, bem como na resposta de tais áreas em relação ao NDVI. O mapeamento das extrações consistiu na vetorização das mesmas, classificadas conforme o tipo de extração e/ou a presença de outros tipos de materiais identificados.

3. Resultados e discussão

De modo geral, os NDVIs contribuíram na análise espacial das potenciais áreas minerárias. Essa contribuição foi mais efetiva em municípios cujos territórios apresentaram maior percentual de cobertura vegetal densa e de porte arbóreo (e.g. Diamantina), isto é, em áreas onde os valores do NDVI variaram entre 0,33 e 1. Por outro lado, o uso desse Índice foi menos efetivo em municípios com maior percentual de vegetação rasteira, gramíneas e solos expostos (e.g. João Pinheiro), cujos valores variaram entre -1 e 0,33.

Na Tabela II, a seguir, é indicado o grau de efetividade do uso do NDVI na análise espacial das potenciais áreas minerárias em cada município. A efetividade foi estabelecida com base na dificuldade e tempo gasto na identificação das áreas minerárias, a partir da fotointerpretação ou percepção visual de cada pesquisador ou autor deste artigo.

As Figuras 3 e 4 apresentam os mapas realizados para os municípios de Diamantina e João Pinheiro, contendo as delimitações das áreas e as imagens dos NDVIs. Enquanto o grau de efetividade do uso do NDVI para Diamantina foi considerado alto, para João Pinheiro foi considerado pouco satisfatório.

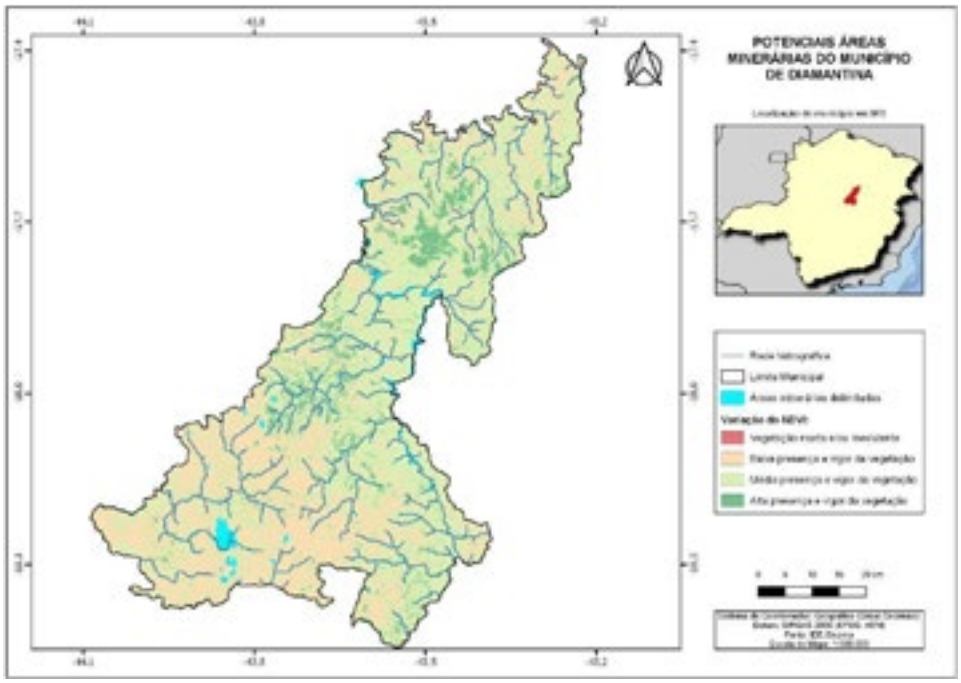


Figura 3. Potenciais áreas minerárias e NDVI no município de Diamantina

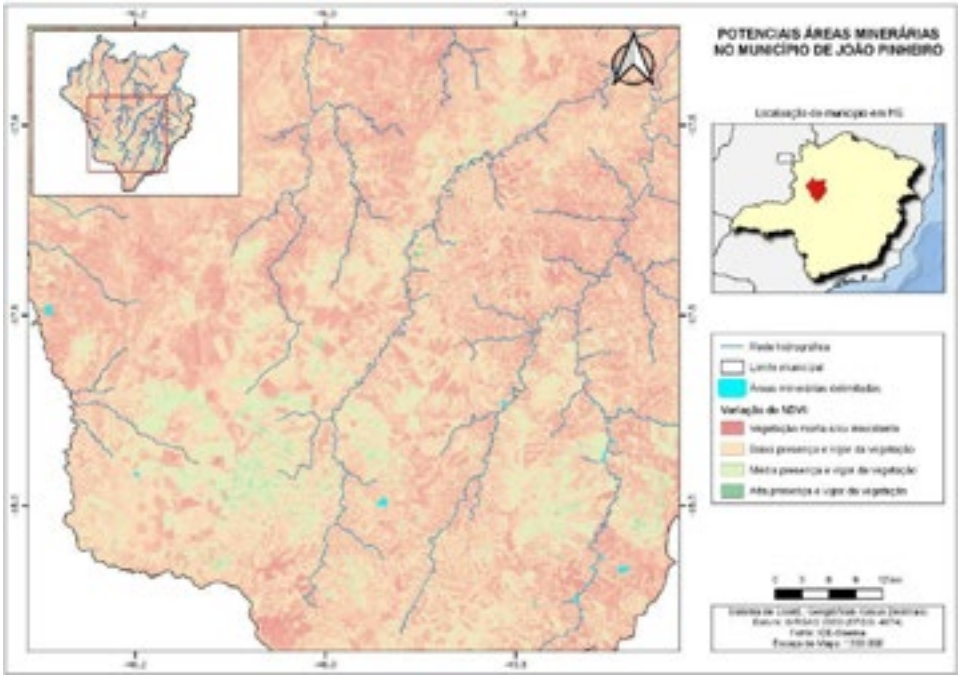


Figura 4. Potenciais áreas minerárias e NDVI no município de João Pinheiro

As análises espaciais permitiram identificar 546 potenciais áreas minerárias nos quinze municípios analisados. A Tabela II sintetiza os resultados obtidos, em que são apresentados os números de áreas delimitadas por município, bem como sua classificação. Os cinco municípios com as maiores ocorrências foram destacados na cor cinza escuro (Diamantina, Esmeraldas, Papagaios, Itapecerica e São Tomé das Letras), com o município de Diamantina se sobressaindo aos demais. Por outro lado, os cinco municípios com as menores ocorrências foram destacados na cor cinza claro (Grão Mogol, Brasilândia de Minas, Santo Antônio do Monte, Monte Belo e Juiz de Fora), Santo Antônio do Monte apresentando o menor número.

Além da areia, do cascalho e das rochas ornamentais foram identificadas, em alguns municípios, substâncias minerais do tipo argila e calcário. Inclusive, algumas áreas foram classificadas como áreas de beneficiamento, de empréstimo ou barragem de rejeitos e outras áreas não foram classificadas por falta de informações.

Tabela II. Resultados quantitativos e qualitativos obtidos por município

Município	N° de áreas delimitadas	Classificação	Grau de efetividade do uso do NDVI
Taiobeiras	22	areia e/ou cascalho 9; rocha ornamental 1; argila 5; não classificado 7	Baixo
Grão Mogol	7	areia e/ou cascalho 2; rocha ornamental 2; não classificado 3	Baixo
João Pinheiro	23	Areia e/ou cascalho 21; não classificado 2	Baixo
Brasilândia de Minas	17	areia e/ou cascalho 8; rocha ornamental 7; argila 1; não classificado 1	Médio
Diamantina	125	areia e/ou cascalho 113; rocha ornamental 12	Alto
Teófilo Otoni	19	areia e/ou cascalho 7; rocha ornamental 8; não classificado 4	Alto
Conselheiro Pena	19	areia e/ou cascalho 2; rocha ornamental 17	Médio
Esmeraldas	106	areia e/ou cascalho 106	Alto
Papagaios	38	areia e/ou cascalho 5; rocha ornamental 12; argila 1; beneficiamento 12; área de empréstimo 3; não classificado 5	Médio
Santo Antônio do Monte	3	areia e/ou cascalho 2; não classificado 1	Médio
Itapecerica	32	areia e/ou cascalho 10; rocha ornamental 16; não classificado 6	Médio
Monte Belo	14	areia e/ou cascalho 14	Alto
São Tomé das Letras	55	rocha ornamental 52; argila 1; área de empréstimo 2	Alto
Juiz de Fora	11	areia e/ou cascalho 4; rocha ornamental 3; argila 3; não classificado 1	Alto
Uberaba	29	areia e/ou cascalho 8; argila 8; calcário 5; barragem de rejeitos 1; beneficiamento 1; área de empréstimo 1; não classificado 5	Médio
Araguari	26	areia e/ou cascalho 16; rocha ornamental 4; argila 3; não classificado 3	Baixo
Total	**546**	-	-

4. Considerações finais

O uso do NDVI, em linhas gerais, mostrou-se efetivo na análise espacial das atividades minerárias em Minas Gerais, sendo que em alguns municípios foram obtidos resultados melhores do que em outros. Nos casos em que o Índice foi considerado pouco efetivo, o uso de outros insumos cartográficos e/ou técnicas de análise espacial se mostrou mais adequado.

Municípios como Diamantina e Esmeraldas, por exemplo, apresentaram maior número de áreas minerárias identificadas, o que pode ser justificado pelos aspectos litológicos que favorecem o desempenho da atividade, bem como pelo contraste visual existente entre porções territoriais recobertas por vegetação e aquelas com predomínio de feições antrópicas e/ou afloramentos rochosos. Por outro lado, municípios como Grão Mogol e Santo Antônio do Monte não apresentaram números relevantes, ou não foi possível realizar a identificação das áreas através das imagens de satélite e técnicas de sensoriamento remoto utilizadas. Em ambos os casos, a situação de uso e ocupação do solo, bem como a conformação da paisagem foram fatores que condicionaram a qualidade dos resultados, tendo sido mais representativos em municípios de menor extensão territorial e, principalmente, naqueles com elevada presença de vegetação de maior porte.

Esta pesquisa tem o potencial de ser expandida a todo o território estadual e seus procedimentos metodológicos poderão ser replicados a outros casos. A pesquisa poderá interessar acadêmicos, analistas e representantes estatais que queiram agregar conhecimento sobre os territórios analisados e os tipos de atividades minerárias correlatas, buscando efetividade em áreas como a gestão territorial ambiental.

5. Referências bibliográficas

ALVARENGA, A. S.; MORAES, M. F. **Utilização de imagens LANDSAT-8 para caracterização da cobertura vegetal**. Revista Online Dronegócios, 2014. Disponível em: https://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-

obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/. Acesso em: 25/01/19.

LIU, H; ZHENG, L.; YIN, S. **Multi-perspective analysis of vegetation cover changes and driving factors of long time series based on climate and terrain data in Hanjiang River Basin, China**. Arabian Journal of Geosciences, n. 11:509, 2018.

MORAES, A. M. L. **A Autorização Ambiental de Funcionamento como instrumento de regularização ambiental em Minas Gerais para a atividade de extração de areia e cascalho para construção civil**. Dissertação de Mestrado. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2013.

ROUSE, J. W; HASS, R. H.; DEERING, D. W. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Progress Report RSC 1978-1, Remote Sensing Center, Texas A & M University, p. 75–76, 1973.

TUCKER, C. J. **Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation**. Rem Sens Environ, n. 8(2), p. 127–150, 1979.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A DETECÇÃO DE MUDANÇA ANUAL E DINÂMICA DA COBERTURA VEGETAL NA REGIÃO CENTRAL DO ESTADO DE SERGIPE

Kaio César de O. Tavares (a); Alberto Santana da Cruz (b);
André Felipe da Silva (c) Riclaudio Silva Santos(d)**;** Daniel Rodrigues de Lira (e);

(a) Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPE, E-mail: kaioc17@gmail.com
(b) Departamento de Geografia Itabaiana - UFS, E-mail: alberto_santana113@hotmail.com
(c) Programa de Pós-Graduação em Geografia – UFPE, E-mail: andregeoredes@gmail.com
(d) Departamento de Geografia Itabaiana - UFS, E-mail: riclaudio.silva@hotmail.com
(e) Departamento de Geografia Itabaiana - UFS, E-mail: dniellira@ufs.br

Eixo: Geotecnologias e Modelagem Aplicada aos Estudos Ambientais

Resumo

O mapeamento do uso da terra é essencial para acompanhamento dos processos de reconstruções continuada da paisagem, sendo útil para definição de estratégias de utilização dos recursos naturais. O presente artigo relata pesquisa dedicada a compreender a dinâmica da cobertura vegetal a partir de mudanças climáticas. Várias técnicas já foram utilizadas com o objetivo de determinar quantitativamente e qualitativamente o estado da vegetação a partir de imagens de satélite e índices de vegetação foram desenvolvidos para auxiliar neste mapeamento e otimizar os parâmetros presentes nas medidas multiespectrais utilizadas com esse fim. Este trabalho teve como objetivo mapear a vegetação da Microrregião de Itabaiana - SE, classificando os índices de vegetação e detectar mudanças ocorridas, foi possível identificar que as mudanças ocorridas na vegetação no período de um ano estão associadas as diminuições nos índices de precipitação causada possivelmente em escala local pelo desmatamento associadas a expansão urbana e mudanças globais associadas a eventos de el ninho.

Palavras chave: Geoprocessamento; NDVI; Vegetação

1. Introdução

A evolução e dinâmica da paisagem é um processo contínuo podendo ocorrer por processos naturais e/ou ações antrópicas. Nos dias atuais é possível acompanhar essas mudanças por meio do incremento de ferramentas geotecnológicas permitindo assim uma espacialização de informações necessárias para as ações gerenciais.

O mapeamento e monitoramento da cobertura vegetal recebem consideráveis impulsos nas últimas décadas atreladas a implementações das políticas de combate ao desmatamento, aliada ao melhoramento do processamento digital de imagens. Segundo Fonseca (2000), o uso das imagens de satélites funciona como fonte importantes de obtenção de informações para produção de dados cartográficos.

A utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento nas análises ambientais têm se tornado uma prática cada vez mais frequente entre as diversas áreas de pesquisa. No caso do uso do solo e da cobertura vegetal, estas técnicas contribuem de modo expressivo para a rapidez, eficiência e confiabilidade nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação, bem como vários outros fatores que podem ocasionar modificações na vegetação (ROSENDO, 2005).

A vegetação é caracterizada por uma intensa absorção de energia, devido à clorofila na região do vermelho (0,58 a 0,68μm) e por uma intensa reflexão na faixa do infravermelho próximo (0,76 a 1,35 μm) causada pela estrutura celular das folhas. A diferença entre as bandas do vermelho e infravermelho é proporcional à reflectância da imagem, sendo a medida do grau da vegetação na imagem, este comportamento dos objetos frente à radiação eletromagnética (REM), é chamado de assinatura espectral do comprimento de onda (**λ).** Conforme é avaliada as faixas de comprimento/frequência diferentes, os objetos se comportaram de maneira diferente, notado que cada objeto tem seu próprio comportamento em relação a essas duas faixas assim permitindo diferenciá-los.

Com o avanço nas pesquisas e gerações de novos sensores orbitais e sua distribuição de formas mais acessível aos usuários, tornaram as imagens de satélite um dos produtos do sensoriamento remoto mais utilizados para análises da cobertura vegetal terrestre. Segundo PONZONI (2001), essas tecnologias permitiram a contribuição de mapeamento, monitoramento, fiscalização e controle da cobertura vegetação de grandes extensões de áreas da superfície da terra.

Utilizando a técnica do NDVI no processamento, permite uma análise de dados detalhadas, pois tal técnica permite a exploração das propriedades espectrais de absorção da vegetação, que se diferencia nos comprimentos de onda (λ), a partir da refletância de cada objeto localizado no espaço. Assim a vegetação absorve o comprimento de onda mais visível por causa da clorofila, tendo seu pico de refletância no infravermelho, dependendo assim da autonomia da folha.

O NDVI tem, portanto, uma relação direta com o vigor da vegetação, sendo assim, é possível o mapeamento de áreas com diferentes índices de cobertura vegetal e vigor de biomassa. Levando em consideração as variações sazonais e interanuais ligadas a planta. Segundo Moreira (2005), os dados de reflectância dos alvos podem ser transformados em índices de vegetação, os quais foram criados com o intuito de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre,

O objetivo desse trabalho foi mapear e determinar os valores da cobertura vegetal, detectando e comparando os valores das proporções de áreas degradadas e áreas sem cobertura vegetal, associando a mudanças naturais e/ou antrópicas, corroborando na mudança da paisagem.

2. Material e método

Para a realização deste estudo foram realizados múltiplos procedimentos metodológicos a saber: pesquisa documental, bibliográfica e utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, na finalidade do tratamento das as imagens de satélites.

Para o mapeamento da vegetação foram utilizadas duas cenas do satélite Landsat 8, sensor OLI/ TIRS, disponibilizadas gratuitamente a primeira pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de 16 de novembro de 2015 e a segunda 24 julho de 2016, por meio do *United States Geological Survey* (USGS), Site <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Ambas de pontos e orbitas: 215/67. A escolha foi feita tomando como referência a distância de tempo a ser analisado e com pouca cobertura de nuvens para facilitar a identificação dos alvos.

Cada banda espectral do satélite Landsat 8 OLI/ TIRS, possui uma resolução de 30m (com exceção das bandas 8 (15m) 10 e 11(100m)). Isto é, cada pixel congrega uma área quadrangular

de 30X30m. Assim podem comportar mais que um "corpo terrestre", ou seja os corpos refletem a energia solar de formas distintas, podendo diferenciá-los. Para o processamento dos dados deste trabalho, foi utilizado o pacote de *software* ArcGIS, a partir da licença pessoal.

O cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI, foi obtido da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo e do vermelho, por meio da seguinte equação:

Equação (1)

$$NDVI = (\mathbf{A}-\mathbf{B}) / (\mathbf{A}+\mathbf{B})$$

Equação do *Normalized Difference Vegetation Index*. (1)

Onde: **A** é a reflectância no infravermelho próximo; **B** é a reflectância no vermelho.

Para melhor visualização propomos uma divisão do resultado a partir do percentual do obtido pelo cálculo do NDVI, dividindo em seis classes. Para classificação supervisionada foi utilizada a técnica de Máxima Verossimilhança (Maxver), método que considera a ponderação das distâncias entre medias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos, a qual dirão a probabilidade de um pixel pertencer ou não a uma determinada classe, levando em consideração a distribuição espectral, assim permitindo uma melhor exatidão na separação de classes, sendo mais apropriada para o mapeamento de uso da terra.

3. Resultados e Discussões:

A área de estudo compreende a microrregião do Agreste de Itabaiana, localizado no estado de Sergipe a área engloba sete municípios: Itabaiana, Areia Branca, Campo do Brito, Malhador, São Domingos, Moita Bonita e Macambira (Figura 1).

Essa região está situada em uma zona de transição (Agreste) entre dois biomas a Mata Atlântica e Caatinga, porém ocorrem interseções desses biomas em alguns segmentos na

paisagem, compreendendo o caso do Parque Nacional da Serra de Itabaiana, onde encontram-se enclaves dos dois Biomas e espécies endêmicas.

A faixa tropical possui um caráter climático irregular na precipitação pluviométrica, que decresce do litoral para o sertão semiárido. No litoral leste são observadas isoietas superiores a 1600mm/anuais, enquanto no semiárido a precipitação pluviométrica anual é inferior a 800mm/anuais decaindo para menos de 500mm/anuais delimitando as principais zonas climáticas.

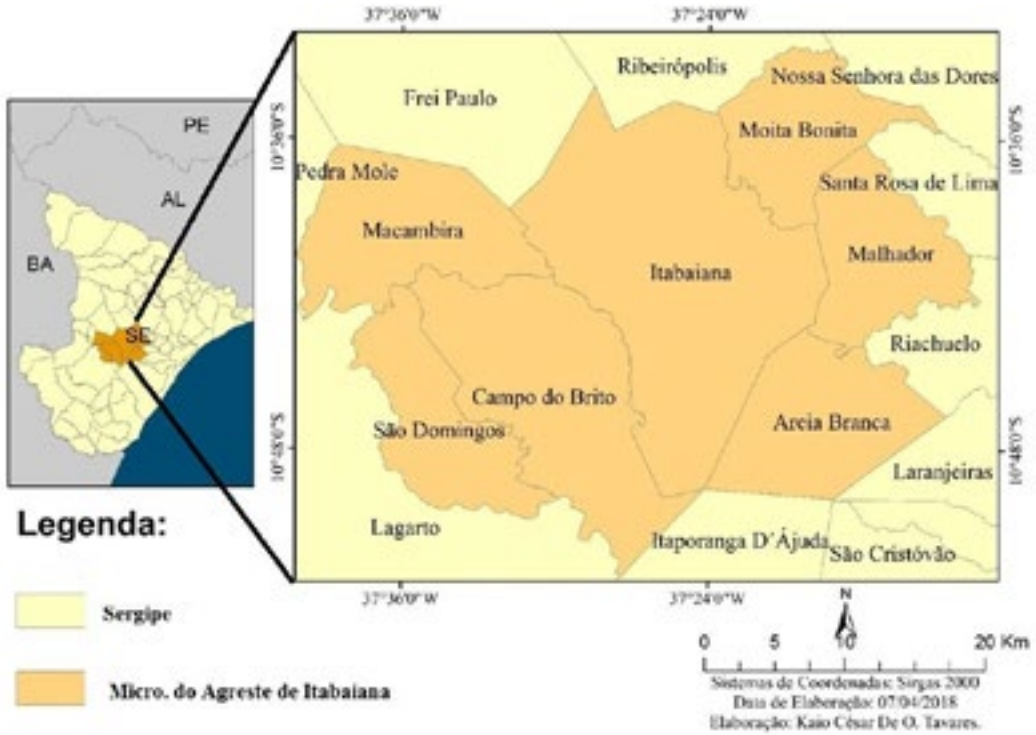


Figura 1: Localização da Microrregião do Agreste de Itabaiana. Fonte: O Autor, 2017.

Como a microrregião do Agreste de Itabaiana é uma área de transição então acaba sofrendo interferências em sua dinâmica pluviométrica, que corroboram na mudança da condição da vegetação transformando a paisagem.

Com cálculo do *Normalized Difference Vegetation Index – NDVI* efetuado, conseguimos uma melhor classificação nos índices dos corpos devido sua refletância, com o

auxílio a técnica de Máxima Verossimilhança – Maxver. Assim os corpos foram devidamente identificados, permitindo uma classificação mais precisa. A seguir mostrando como a cobertura vegetal se distribuía em novembro de 2015 (Figura 2).

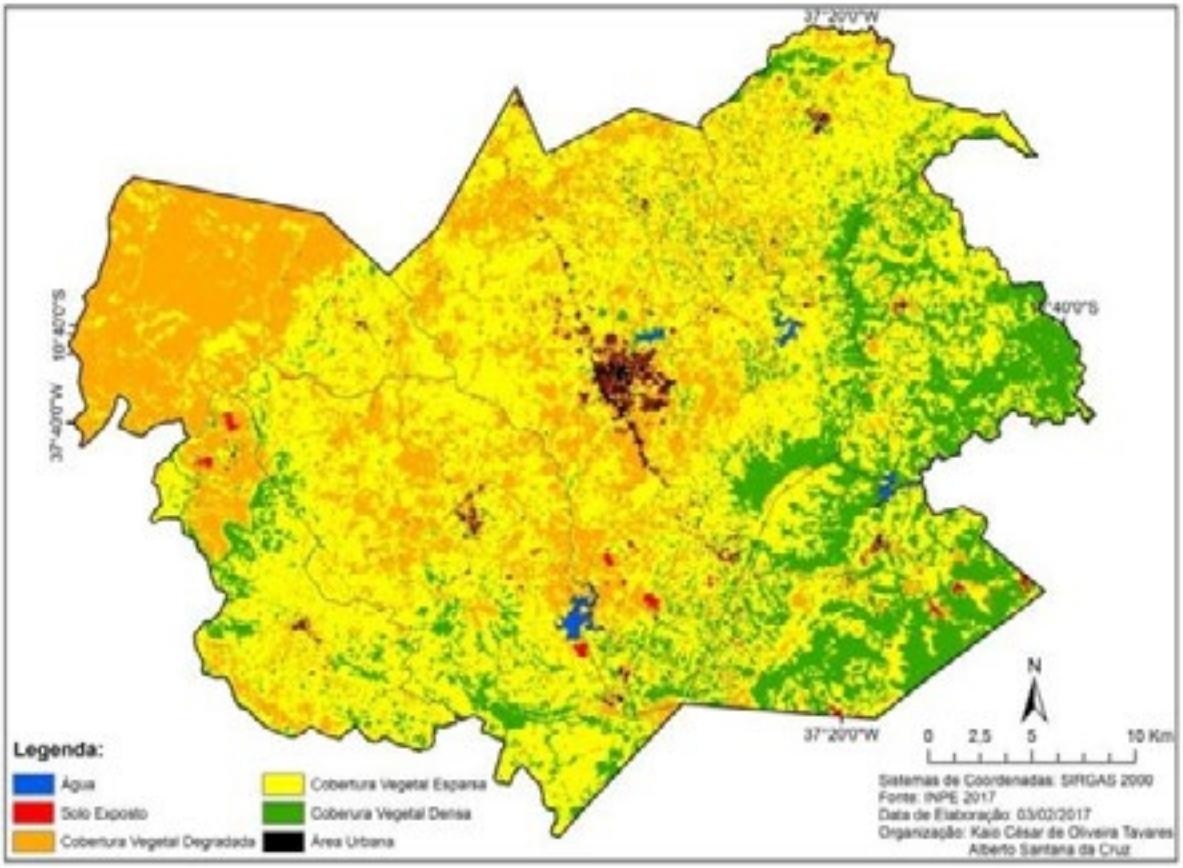


Figura 2 - Cobertura vegetal da Microrregião do Agreste de Itabaiana 2015. Fonte: O autor, 2017.

Desde o ano de 2014 a área sofreu com os baixos níveis pluviométricos, a escassez de chuvas de acordo com à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos - SEMARH do estado de Sergipe, quais corroboraram na mudança dos índices vegetativos. Foi feito um levantamento dos dados pluviométricos dos respectivos meses das imagens analisadas, a partir da estação Ribeira, localizado no próprio município de Itabaiana – SE (Tabela 1),

mostrando os índices de precipitação mensal para a região auxiliando na veracidade do cruzamento de dados.

Tabela I. Índice de precipitação das Imagens Analisadas Org. O autor (2018) – Fonte: COHIDRO

Precipitação Referente aos Meses de:	
Novembro, 2015	Julho, 2016
0.1mm	53mm

A média de precipitação entre os meses de fevereiro a marco de 2016 foi de 173mm, e de junho a agosto foram os meses mais chuvosos do ano de 2016 a média foi de 186mm, bem abaixo do normal para a região.

Segundo a SEMARH (2016) a explicação se dá como resultado da influência da subsidência decorrente da célula de Walker e Hadley gerada pelo El Ninõ, sobre partes dos setores do NEB (Nordeste do Brasil), Em especial, Sergipe e Alagoas, refletindo na anomalia de precipitação.

No final do ano 2016, o fenômeno El Ninõ encontrava-se em declínio no pacífico Equatorial especialmente adjacente à costa da América do sul. Porém, ao longo desse período, o fenômeno apresentou importantes anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na porção central e oeste do Pacífico Equatorial (SEMARH 2016).

Fenômeno este que interferiu na influência da distribuição pluviométrica sobre o Brasil nos meses subsequentes. O resultado desse longo período de chuvas escassas e ação antrópica, corroboraram para um comportamento diferenciado na cobertura vegetal transformando o contexto biótico (Figura 3).

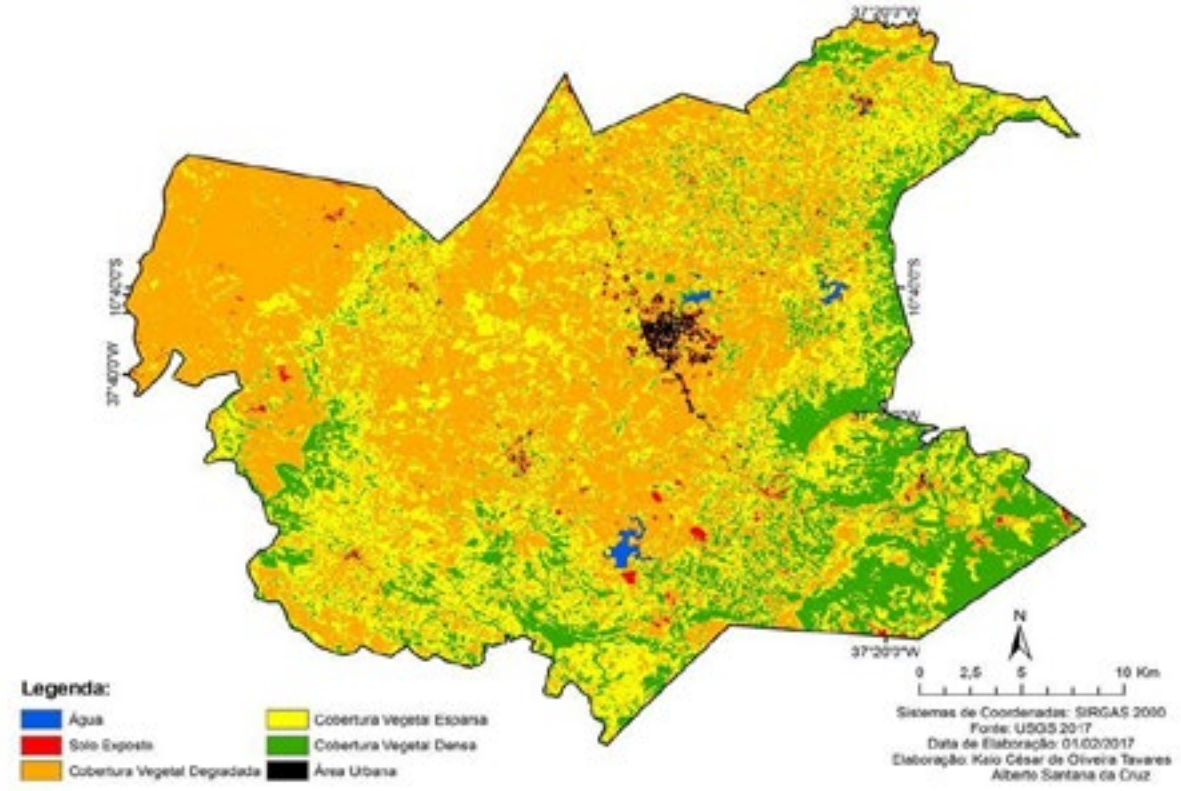


Figura 3 - Cobertura vegetal da Microrregião do Agreste de Itabaiana 2016. Fonte: O autor, 2017.

Os valores obtidos NDVI e a classificação pelo método estatístico da Maxvier, auxiliou no fatiamento dos valores e delimitação da classificação da imagem. Com os valores do índice de Vegetação foi possível avaliar as condições da cobertura vegetal, em aproximadamente um ano houve o aumento da classe solo exposto, tantos pelas ações naturais como a escassez hídrica e antrópicas nas zonas de expansão urbana.

Nas áreas que ocorrem as manchas de solo exposto existe a preocupação, tanto na recuperação da cobertura vegetal, quanto na perda do solo arável, o que pode provocar grandes níveis de degradação ambiental. Para Souza (2008), a retirada da vegetação é a ação mais comum que pode desencadear o processo de erosão e processos futuros a desertificação.

A classe Cobertura Vegetação Densa diminuiu em torno de 27 km² (Quadro 2), situação crítica, se advertimos que são resquícios de Mata Atlântica podendo levar a desaparecimento de espécies da fauna e flora local. Observou-se também uma diminuição dos valores dos corpos de água, porém já esperado devido à falta de chuvas.

Tabela II– Índices de Refletância dos Objetos por Pixel Convertidos em Km². Fonte: Autor (2018).

Ano	**2015**	**2016**
Classe		
Água	4,22 km²	3,67 km²
Solo Exposto	4,01 km²	5,21 km²
Cobertura Vegetal Degradada	286 km²	495,35 km²
Cobertura Vegetal Esparsa	590,85 km²	313,12 km²
Cobertura Vegetal Densa	199,04 km²	172,69 km²
Área Urbana	9,64 km²	10,31 km²

Os valores da Cobertura Vegetal Esparsa reduziram uma vez que esta passou a se enquadrar na categoria de Cobertura Vegetal Degradada, quase dobrando a sua área, passando de aproximadamente 286 km² para um valor em torno de 495 km². Como podemos observar os valores referidos a quantidade de pixel, que foram convertidos em valor de quilômetros quadrados (km²), para melhor compreensão correspondente para cada classe nos anos analisados em 2015 e 2016.

4. Considerações Finais:

A elaboração dos mapeamentos das condições da vegetação, a partir da utilização do *Normalized Difference Vegetation Index – NDVI* no processamento das imagens, aliado a *técnica de Máxima Verossimilhança – Maxver*, reorganizando a distribuição espacial dos pixels proporcionaram resultados satisfatórios.

Os resultados obtidos para a Microrregião do Agreste de Itabaiana, usando critério comparativo no quesito da precipitação e cobertura vegetal para os respectivos anos aqui analisados, auxiliou na compreensão e leituras resultantes dos mapas. Ficando evidente que a região analisada sofreu grandes impactos, estes que transformaram a dinâmica paisagística da área, mudando o contexto vegetativo.

A falta de chuvas, associada juntamente com a pressão antrópica no aumento da degradação da área ocupada pela classe solo exposto, associamos também as zonas de forte expansão imobiliária, a retirada de cobertura vegetal e o aplainamento das terras para a construção de grandes condomínios e loteamentos consequentemente ocorre também o aumento da exploração de recursos minerais como areia, rochas e a argilas para construção civil e desmatamento para fornecimento de lenha para olarias e cerâmicas presentes na região.

5. Referências:

Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, **cobertura vegetal na bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor de sensoriamento remoto na agricultura**. INPE, São Jose dos Campos,1984. dissertações/2005/jussara_santos.pdf>

COHIDRO. **Banco de Dados Pluviométricos de Sergipe**. Disponível em: http://cohidro.se.gov.br/. Acesso em: 03/03/2017

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais. Oficina de textos**, 2002. São Paulo. 97p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Introdução ao Processamento Digital de Imagens. Manuais Técnicos em Geociências, no. 9, 2001.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3ª edição. 2005. Editora UFV.320p.

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

PREVIDELLI, I.T.S. **Estimadores de máxima verossimilhança corrigidos para modelos super dispersados não lineares**. São Carlos: UFSC. Tese de Doutorado em Economia. 2004.

RICHARDS, J.A. **Remote Sensing Digital Image Analysis**, Second Edition, New York: Wiley, 1993

ROSENDO, J. S., ROBERTO, R**. Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e Uberlândia. Natal**: INPE, 2009. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/pósraduação/

ROSENDO, Jussara dos Santos. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari-MG – utilizando dados do sensor MODIS**. Uberlândia: UFU, 2005. Dissertação de mestrado. 130f.

SEMARH. **Banco de Dados Meteorológicos de Sergipe**. Disponível em: http://www.semarh.se.gov.br/. Acesso em: 27/02/2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A DISTRIBUIÇÃO DOS CASOS DE DIABETES EM JATAÍ (GO)

Elina Pereira da Silva [(a)], Jéssica de Lima de Souza [(b)] José Ricardo Rodrigues Rocha[(c)]

(a) Graduada em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, elina.geografia@gmail.com

(b) Graduada em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, jessicalsufg@gmail.com

(c) Doutorando em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, josérocha90@hotmail.com

Eixo: Geotecnologia e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

No Brasil aconteceu vários fatos importantes relacionado a saúde, entre eles, pactos pela saúde, com a estratégia familiar (ESF) junto com atenção primária pela saúde. Em Jataí também 60% da população foi cadastrada nas unidades básicas de saúde. Desta forma, o objetivo central da pesquisa foi levantar e especializar os dados de ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis (diabetes) entre os anos de 2010 e 2013, a fim de conhecer a dinâmica destas ocorrências de acordo com as unidades de saúde de atenção primária da cidade de Jataí, Goiás. Assim, percebeu-se que nos anos de 2010 a 2013 os maiores casos de indivíduos cadastrados e acompanhados ocorreram na unidade do Conjunto Rio Claro e, os menores na unidade do CAIC e Estrela Dalva. Assim verificou que a cidade de Jataí necessita urgentemente de um planejamento e uma reestruturação na área de atenção básica, com a construção de mais unidades de saúde, para que a cidade não fique com várias áreas descobertas como constatado e, uma reorganização na nas equipes de saúde das unidades básicas de saúde.

Palavras chave: Diabetes, Saúde, geoprocessamento, planejamento familiar

1. Introdução

As doenças crônicas no Brasil são consideradas um grande problema de saúde pública por serem as que mais causam mortes.

De acordo com Schmidt et al (2011 p.74), é grande o crescimento nos casos de doenças crônicas no país. O autor enfatiza que "as doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) se tornaram a principal prioridade na área da saúde no Brasil – 72% das mortes ocorridas em 2007 foram atribuídas a elas".

Goulart (2011, p. 8), coloca que:

> Os índices de morte por DCNT já estão mais elevados em países de baixa e média renda do que em países ricos. Quase dois terços das mortes prematuras em adultos (entre 15 e 69 anos) e três quartos de todas as mortes adultas são atribuíveis a tais condições. Pode-se dizer que em todos os países do mundo as DCNT constituem o principal problema de saúde pública, seja para homens ou para mulheres e, melhor dizendo, um grave problema para todos os sistemas de saúde pública.

Assim, as Doenças Crônicas não Transmissíveis (DCNT) são responsáveis pelas principais causas de óbito no mundo e, no Brasil, sendo caracterizada como um problema de saúde pública, atingindo principalmente as camadas menos favorecidas da população. Desta forma, Goulart (2011), ainda enfatiza que a idade é sempre um fator a ser considerado, sendo que os idosos enquadram-se em um grande grupo de risco.

A geografia tem contribuído bastante com a área da saúde, principalmente com as ferramentas de geoprocessamento. As técnicas de processamento e espacialização de dados são utilizadas para analisar o perfil de algumas doenças cardiovasculares, o que se torna de grande importância para o profissional da saúde.

A geografia nos traz uma ferramenta que é o mapeamento digital como enfatiza Souza et al (2002, p.29).

> O Mapeamento Digital, portanto, é uma técnica emergente. A utilização de computadores apresenta grandes vantagens para as mais variadas áreas do conhecimento, tais como a: Geografia, Geologia, Engenharia, Cartografia, Arquitetura, Geomorfologia, Gestão Urbana, dentre outras.

O uso dessa técnica constitui em fazer uma análise mais abrangente do espaço a ser analisado. No caso da geografia da saúde, é de suma importância pois com ela se consegue avaliar a real situação de um determinado espaço físico.

Segundo Leite (2008, p. 16), "o mapeamento das doenças é fundamental quando se considera a necessidade de vigilância diante de uma epidemia, já que muitas doenças possuem um padrão geográfico bem definido".

Sendo assim, os estudos sobre geografia da saúde e a interação com o SIG, são de extrema importância para o desenvolvimento de pesquisa nesta área. O objetivo central da pesquisa é levantar e espacializar os dados de ocorrência de doenças crônicas não transmissíveis (hipertensão e diabetes) entre os anos de 2010 e 2013, a fim de conhecer a dinâmica destas ocorrências de acordo com as unidades de saúde de atenção primária da cidade de Jataí, Goiás.

Neste contexto, objetivou-se georreferenciar as Unidades Básicas de Saúde da Cidade de Jataí de acordo com os Setores e regiões de planejamento, e consequentemente levantar os dados de ocorrência de hipertensão e diabetes por unidade de saúde, estabelecendo relações com faixas etárias; e, posteriormente, analisou-se a distribuição espacial das ocorrências de doenças crônicas, bem como a abrangência de atendimento de cada unidade de saúde, indicando "pontos cegos" e áreas onde a atenção primária ainda é precária ou não acontece por parte do poder público.

2. Procedimentos Metodológicos

O recorte espacial compreende a área urbana do município de Jataí, com população censitária total de 88.006 habitantes (IBGE, 2010). A microrregião Sudoeste de Goiás, onde Jataí está inserida (Figura 1), atualmente tem presenciado um aumento populacional com a instalações de usinas de bicombustíveis e multinacionais voltadas para a produção de alimentos.

Na cidade de Jataí, de acordo com os dados do IBGE (2010), a faixa etária que possui maior porcentagem de população está entre 20 a 29 anos, sendo que a de homens está entre 20 a 24 e a de mulheres entre 24 a 29 anos (ambos com 4,7% da população). Verifica-se que há um decréscimo na população à medida em que tende-se a aumentar a faixa etária.

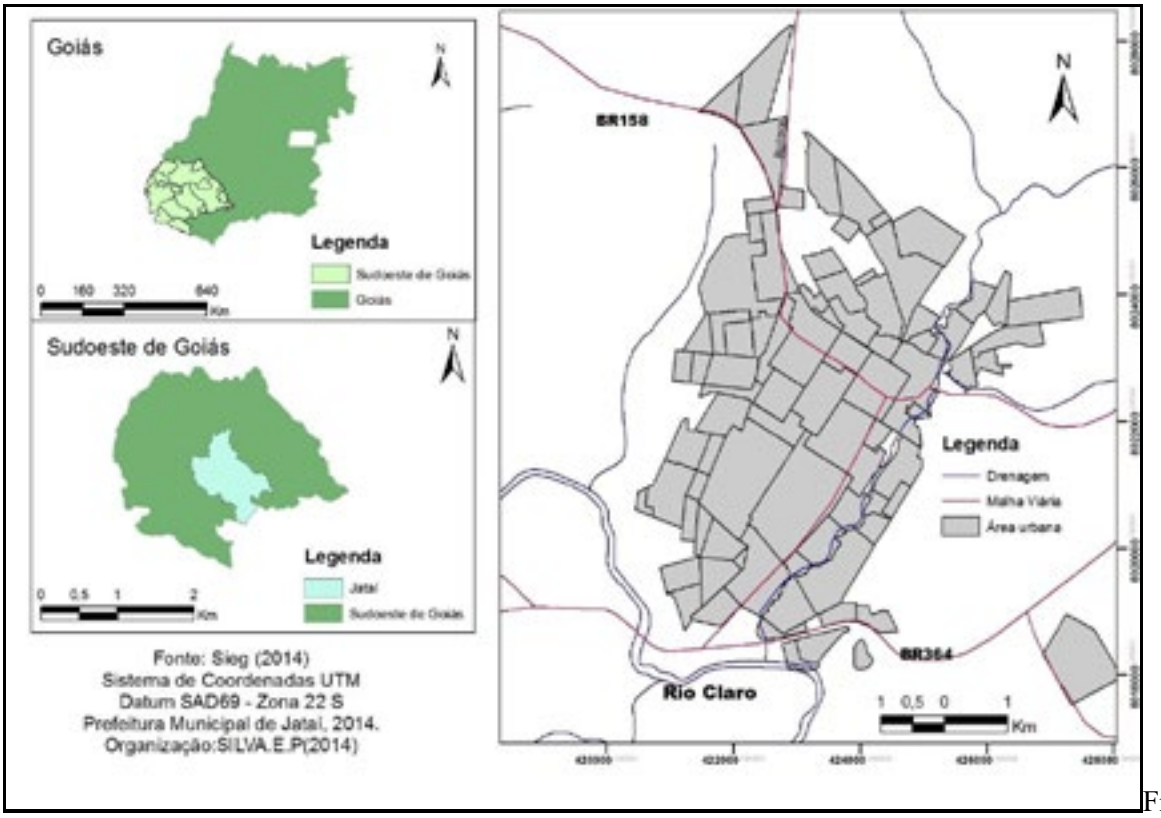


Figura 1 - Localização da cidade de Jataí GO.

Fonte: autor

Ainda na primeira fase, elaborou-se um roteiro de entrevista semiestruturada, realizada com a coordenadora do programa de agentes comunitários de saúde (PACS) visando levantar os números de postos de atendimentos existentes na cidade. Também questionou-se sobre o planejamento das atividades dos agentes e sobre quais setores da cidade seriam atendidos e os procedimentos para o acompanhamento das famílias inscritas no programa.

Na segunda fase da pesquisa, foi feito o levantamento dos dados de diabetes dos anos de 2010 a 2013, cedidos diretamente pela secretaria municipal de saúde por meio da coordenação do PACS. Estes dados foram gerados através de visitas feitas por agentes comunitários de saúde de atenção primária aos usuários do programa com hipertensão e/ ou diabetes, cujas visitas são realizadas mensalmente para se ter um maior controle sobre os atendidos pelo programa.

Os dados fornecidos pela secretaria municipal da saúde de certa forma são suficientes, pois os mapas das áreas de saúde foram confeccionados de acordo com as unidades de saúde e sua área de abrangência. Desta forma, através desses mapas, pretende-se mostrar onde ocorrem os maiores e os menores casos de hipertensão e diabetes, bem como as áreas descobertas pelos programas ou que apresentam maiores carências em relação a estes atendimentos.

Na terceira fase da pesquisa, os casos de diabetes em Jataí foram espacializados com o uso do ArcGIS 10.1® licenciado pela Universidade Federal de Goiás. Para se ter melhor padronização da confecção e da leitura dos mapas, adotamos as classes de intervalos iguais utilizando o método da amplitude, que considera os valores máximo e mínimo para estabelecer os intervalos de classes.

A área de estudo compreende os bairros adjacentes às unidades de saúde da cidade, onde existem equipes de agentes de saúde em atuação. De acordo com a secretaria municipal de saúde, são 11 unidades básicas de saúde distribuídas na cidade. Segundo mapeamento recente da Prefeitura Municipal (2013), o município de Jataí contém 85 bairros. As unidades de saúde foram georreferenciadas em campo com apoio de aparelho GNSS Garmim76CSx e espacializadas sobre o mapa base da cidade elaborado pela Prefeitura Municipal (2013) utilizando o software ArcGis10.1® licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG/Regional Jataí. Foram utilizadas ferramentas das extensões 3D Analyst, Geoestatistical, Spatial Analyst Tools e Spatial Statistics Tools para espacializar e analisar os dados levantados junto ao Ministério da Saúde, IBGE e Prefeitura Municipal de Jataí.

A Figura 2 traz uma ampliação dos limites dos 85 bairros de Jataí, elaborado a partir da base cartográfica de 2013 da Prefeitura Municipal e, no quadro 01, encontram-se os nomes de cada um dos bairros numerados no mapa, importante para compreender os resultados do mapeamento

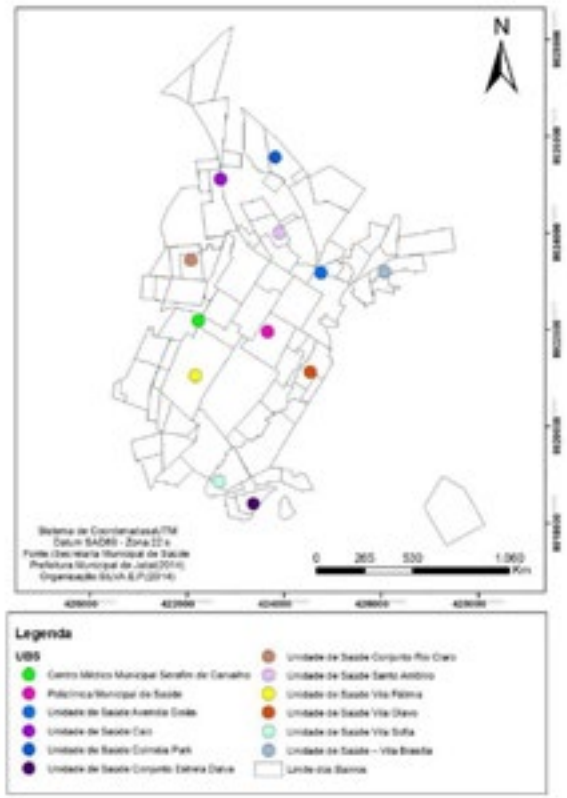
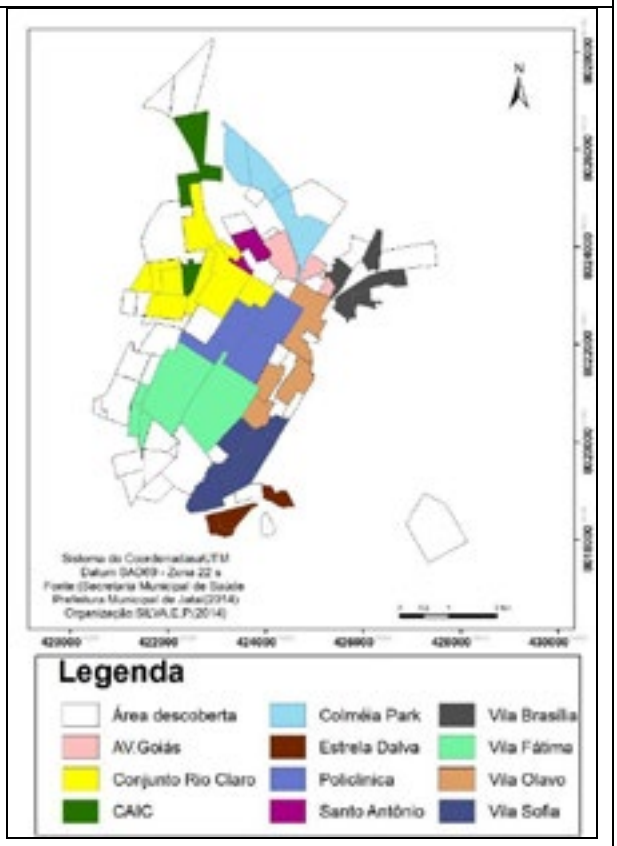
Unidades Básicas de Saúde	Abrangencias das Unidades Básicas de Saúde
	

Figura 2 – Abrangência dos bairros pelas Unidades Básicas de Saúde de Jataí

Fonte: Prefeitura Municipal de Jataí, 2013.

3. Resultados e discussões

3.1 Distribuição dos casos de diabetes em Jataí (GO) nos anos de 2010 a 2013

De acordo com Figuras 3 A e B e 4 A e B , de 2010 e 2011 na classificação, os menores casos de diabéticos cadastrados e acompanhados foram na unidade do CAIC e na UBS Estrela Dalva, que são unidades que atendem um número menor de bairros e áreas de expansão urbana, todos variando de 06 até 43 no número de atendimento ao cadastrado e ao acompanhado. Neste contexto, os bairros que

são atendidos por essas UBS, de acordo os setores censitários de 2010 do IBGE, apresentam uma variação populacional de 751 a 1000 habitantes por setor censitário.

Ainda para o ano de 2010, os diabéticos acompanhados tiveram maior incidência região central da cidade que é coberta pela a Policlínica, que atende os setores Santa Maria, Central, Santa Maria 2 e Divino Espírito Santo. Já nos setores Aeroporto, Granjeiro, Conjunto Rio Claro 1 e 2, José Bento, Epaminondas e Bela Vista 1, abrangidas pela UBS do conjunto Rio Claro com 89 indivíduos acompanhados.

Vale ressaltar, ainda, que os dados da Policlínica encontram-se superestimados pelo fato de usuários de outros setores não atendidos pelas UBS serem registrados pelos agentes de saúde nesta unidade.

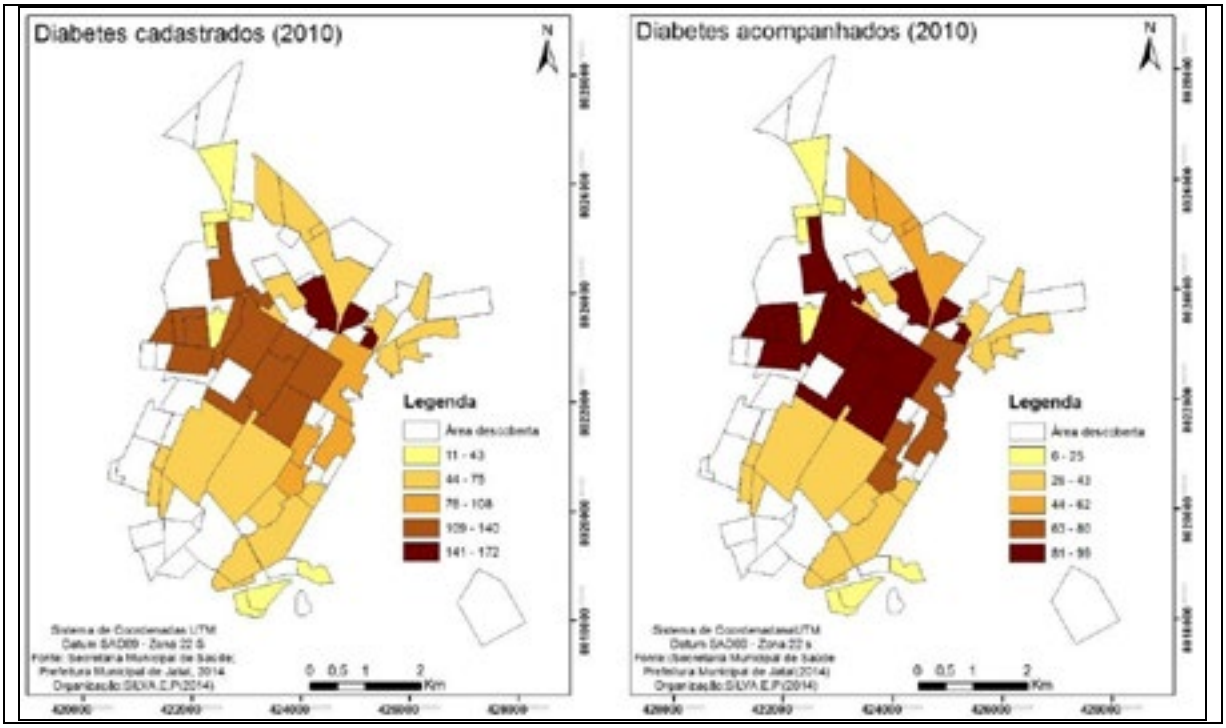


Figura 3 – Mapa de diabéticos: A) cadastrados e B) acompanhados, Jataí (GO), 2010.
Fonte: Secretaria Municipal da Saúde
Organização: Silva (2014).

De acordo com Figura 4 A e B, as áreas em branco são aquelas descobertas pelo atendimento dos agentes de saúde específicos das unidades mais próximas de acordo com a secretaria municipal de

saúde. As áreas com maior número de diabéticos cadastrados foram a UBS Conjunto Rio Claro com 137 indivíduos, na Policlínica com 127 e na Av. Goiás com 167 indivíduos, e as áreas com menor número de cadastros foram as unidades do CAIC com 25, e no do Conjunto Estrela Dalva com apenas 14 indivíduos cadastrados no de 2011. Ainda, observa-se um crescimento dos diabéticos cadastrados e acompanhados de 2010 para 2011 nas UBS Conjunto Rio Claro e na Avenida Goiás, com 111 e 115 acompanhamentos, respectivamente. As UBS do CAIC e do Conjunto Estrela D'Alva, novamente, apresentaram os menores valores. Esses valores que são menores tanto da unidade Estrela Dalva quanto no CAIC, são pelo fato de que a população destes bairros de acordo com o censo de distribuição da população estes hà de 251 a 500 pessoas. Assim, verificou-se que todos os pacientes cadastrados não foram acompanhados, desta forma os dados demonstraram que no ano o número de casos de agravamento da doença não foram total ao número de cadastrados.

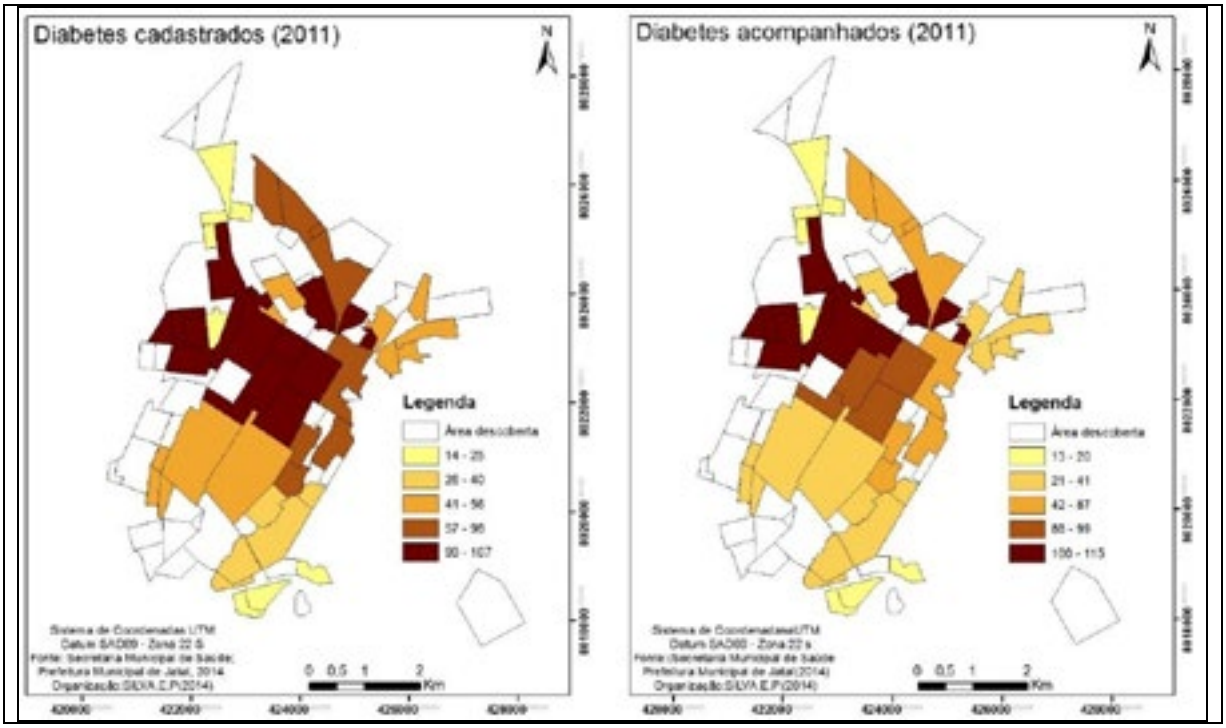


Figura 4 – Mapa de diabéticos: A) cadastrados e B) acompanhados, Jataí (GO), 2011.
Fonte: Secretaria Municipal da Saúde
Organização: Silva (2014).

Os diabéticos cadastrados e acompanhados no ano de 2012 e 2013, de acordo com a classificação as Figuras 5 A e B e 6 A e B, a taxa de maiores indivíduos cadastrados e acompanhados

continuou sendo na área de abrangência da unidade do conjunto rio claro, e que de acordo com o IBGE de 2010 na distribuição por distritos censitários ,são os locais onde nos mostra a Figura 2, os maiores índices de população em alguns bairros, e que de acordo com a classificação vai de 251 a 1.310 a habitantes nessa localidade. Com uma pequena oscilação no ano de 2013 nas unidades do Colméia Park e Av.Goiás, compreendendo que nestes locais há um grande número de habitantes que vão de 751 a 1.310. As menores ocorrências continuam sendo nas unidades de saúde da Estrela Dalva e CAIC, que de acordo com a Figura 2 contém até 1.000 habitantes por distrito censitários nestes bairros onde essas UBS abrangem. Estes com menores índices de acompanhamento e cadastramento são os bairros nos extremos do município de Jataí, são bairros antigos que foram criados desde a década de 60 até a década 90 segundo Silva (2009).

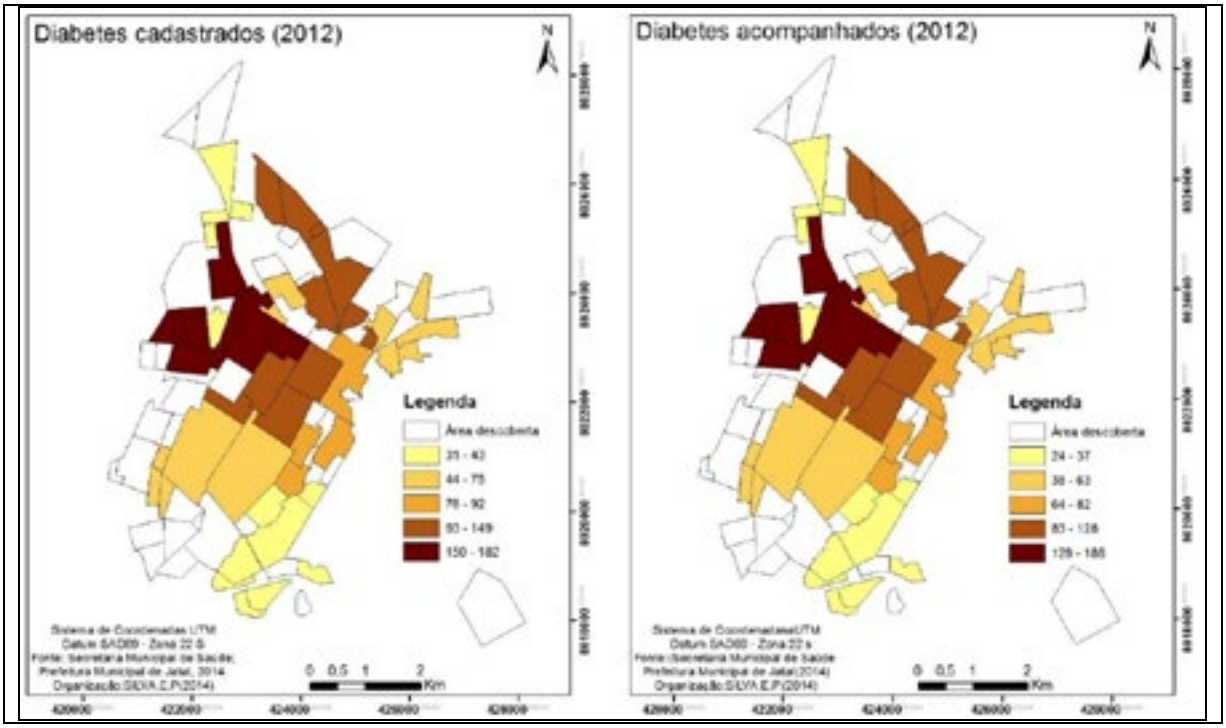


Figura 5 – Mapa de diabéticos: A) cadastrados e B) acompanhados, Jataí (GO), 2012.
Fonte: Secretaria Municipal da Saúde
Organização: Silva (2014).

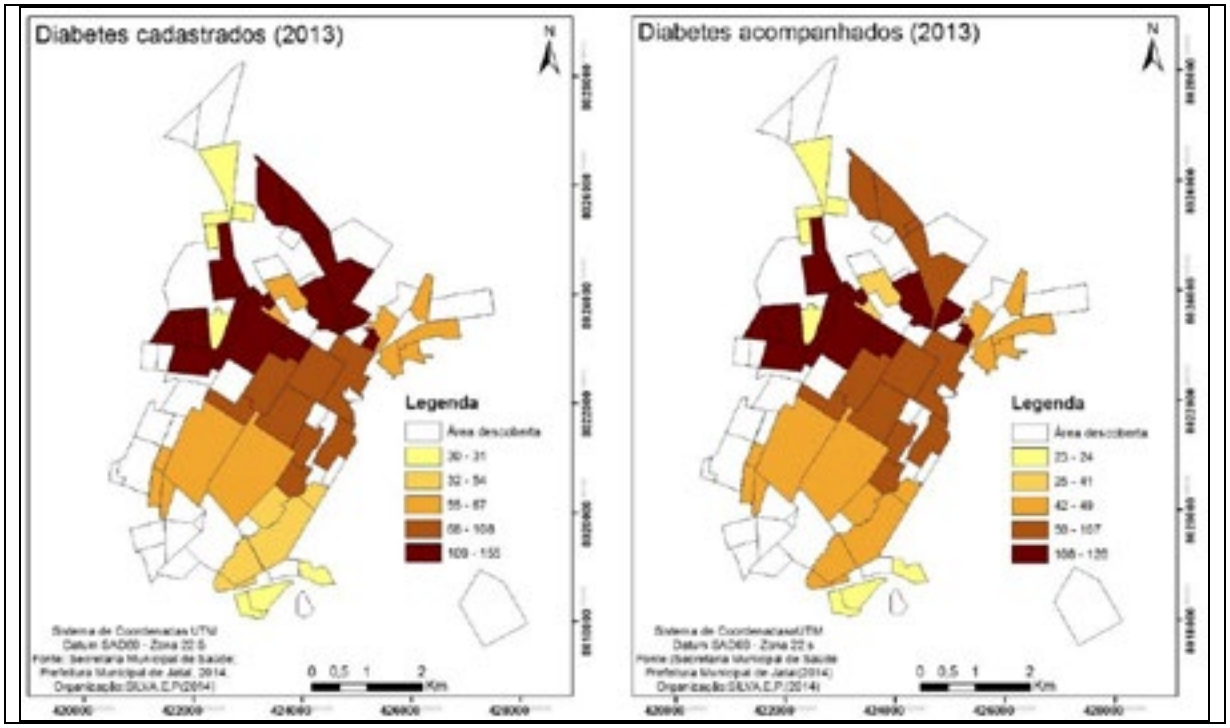


Figura 6 – Mapa de diabéticos: A) cadastrados e B) acompanhados, Jataí (GO), 2013.
Fonte: Secretaria Municipal da Saúde
Organização: Silva (2014).

3. Considerações Finais

A análise compreendeu o período entre 2010 e 2013, quando pôde-se observar um equilíbrio com os maiores índices de atendimento na unidade de saúde do Conjunto Rio Claro. Os diabéticos acompanhados e cadastrados apresetnaram menores índices na unidade de saúde do CAIC e estrela Dalva, que não passaram da média de 43 indivíduos atendidos.

Os maiores casos de atendimento e acompanhamento de indivíduos hipertensos nos anos de 2010 a 2013 ficaram nas unidades de saúde do Conjunto Rio Claro, Policlínica e Av. Goiás, que foi reduzindo gradativamente. Assim, os menores casos permaneceram nas unidades do CAIC e Estrela Dalva.

O maior número de casos de indivíduos cadastrados e acompanhados se deu na maioria na unidade do Conjunto Rio Claro, neste caso teríamos duas hipóteses, sendo que a 1° seria de que de

acordo com censo 2010, por distritos censitários esta unidade de saúde abrange mais bairros com até 1310 pessoas nesses bairros adjacentes, 2° ou talvez deva de ser o fato de que é única unidade de saúde que contém 3 equipes de estratégia familiar.

Os menores casos de cadastramento e acompanhamento, se fixaram na unidade do CAIC e Estrela Dalva, o fato neste caso talvez não seja os distritos censitários, pois de acordo com o mapa de distribuição populacional há um volume de médio para grande nestes bairros onde de fato suas unidades de saúde abrange, talvez seria o fato de ter apenas 1 agente de saúde para cada unidade.

3. Referências Bibliográficas

SCHMIDT, Maria Inês [et al.]. Doenças crônicas não transmissíveis no Brasil: carga e desafios atuais. **THE LANCET**. London, p.61-74, maio. 2011. Disponível em: http://download.thelancet.com/flatcontentassets/pdfs/brazil/brazilpor4.pdf >. Acesso em 28 maio 2014.

RODRIGUES, Z. M. R. **Geografia da Saúde e o espaço urbano de São Luís**: interfaces da relação saúde e ambiente no período de 1854-1954.2004. 237f. Dissertação Mestrado em Saúde e Ambiente) – Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2004. Disponível em: < http://www.tedebc.ufma.br/tde_arquivos/16/TDE-2013-06-19T110011Z-782/Publico/Dissertacao%20Marita.PDF>. Acesso em :08 out.2014.

SANTOS. F. de O. Geografia médica ou Geografia da saúde? Uma reflexão. **Caderno Prudentino de Geografia**., n.32, vol.1, p.41-51, jan/jun. 2010. Disponível em: < http://agbpp.dominiotemporario.com/doc/CPG32A-5.pdf>. Acesso em 15 out. 2014

SOUZA. L. H. de F. SANTOS Márcia Andréia Ferreira. ROSA Roberto. Mapeamento de homicídios em Uberlândia/MG entre 1999 e 2002 utilizando o software arcview1. 2005. **Caminhos de Geografia 3**(14) 27-45, Fev/2005 Disponível em:<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/ download/15367/8666>. Acesso em 22 maio 2014.

PINA. M. de F. de. SANTOS. M. S. **Conceitos básicos de sistemas de informação geográficae cartografia aplicados à saúde**. Brasília, OPAS, 2000. Disponível em: < http://www.bvsde.paho.org/cursode/fulltext/Livro_cartog_SIG_saude.pdf >. Acesso em: 08 out. 2014.

ASSAD.E. D., SANO. E, E. **Sistema de informação Geográficas**: Aplicações na agricultura. 2 ed. Brasília, Embrapa, 1998.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (BRASILIA, DF). **Série E.** Legislação de Saúde Série Pactos pela Saúde 2006, v. 4. Disponível em: <http://dab.saude.gov.br/docs/publicacoes/pactos/pactos_vol4.pdf> Acesso em: 17 out. 2014

Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS). **Portaria nº 648/GM de 28 de março de 2006**. 2006. Disponivel em < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/ pacto_pela_ saude_e_legislacao.pdf> acesso em 18 out. 2014.

Flavio A. de Andrade Goulart. A. de A. F. **Doenças crônicas não transmissíveis: estratégias de controle e desafios e para os sistemas de saúde.** 2011. Disponível em: <http://apsredes.org/site2012/wp-content/uploads/2012/06/Condicoes-Cronicas_flavio1.pdf >. Acesso em: 30 out. 2014.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Introdução à Estatística Espacial para a Saúde Pública / Ministério da Saúde.** Ministério da Saúde, Brasília, 2007. Disponível em: < http://www.escoladesaude.pr.gov.br/arquivos/File/TEXTOS_CURSO_VIGILANCIA/capacitacao_e_atualizacao_em_geoprocessamento_em_saude_3.pdf >. -: Acesso em: 22 de set. 2014.

RODRIGUES, M. J, **Estratégia de Saúde da Família em Uberlândia: avaliação segundo a visão de diferentes atores**. 2013. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Disponível em: <http://www.ppgeo.ig.ufu.br/node/351>. acesso em 01de outubro de 2014

BRASIL**. Atenção primária e promoção da saúde.** vol.8. Brasília: Conselho Nacional de Secretários de Saúde (CONASS), 2007. Disponível em: < http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/colec_progestores_livro8.pdf>. Acesso em: 19 de nov. 2104.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

A QUANTIFICAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA E AGRÍCOLA E PERDA DE COBERTURA NATURAL NO MUNICÍPIO DE IPEÚNA (SP)

Flávia Ribeiro Tobias [(a)], Thiago Sanna Freire Silva[(b)]

(a) Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", flaviaribeirotobias@gmail.com
(b)Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho",thiago.sf.silva@unesp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

O presente trabalho buscou fazer a quantificação e analisar viabilidade de se desenvolver o ecoturismo no Município de Ipeúna-SP, através de imagens de sensoriamento remoto, e analisar o quanto se expandiu o plantio de cana-de-açúcar no perímetro municipal. Esse trabalho é uma construção em parceria com o Núcleo de Estudos Agrários (NEA), Centro de Análise e Planejamento Ambiental (CEAPLA) e do Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Campus de Rio Claro, e da Prefeitura do Município de Ipeúna. No trabalho, foram utilizadas imagens de alta resolução do sensor PlanetScope, da empresa Planet, com resolução espacial de 3.5 metros, para da área de cobertura de cana previamente ano de 2010. Uma vez que a cidade está inserida numa regide expansão de monocultura, com poucas paisagens naturais ainda restantes.

Palavras chave: Cana- de- açúcar. Sensoriamento Remoto orbital. Ecoturismo

Introdução:

As mudanças no uso e cobertura da terra causada por atividades humanas são consideradas como uma das maiores ameaças com relação à conservação da biodiversidade e dos ecossistemas (TURNER et al. 1994), sendo uma importante ferramenta para o planejamento territorial. Por consequência, o monitoramento e a compreensão das causas dessas mudanças são extremamente importantes para o gerenciamento e planejamento territorial (LAMBIN et al. 2001).

A necessidade de uma nova matriz energética, somada a expansão agrícola, em especial da cultura da cana-de-açúcar. Esta tem prejudicado a manutenção da

cobertura natural, a conservação da biodiversidade e os serviços ecossistêmicos no estado de São Paulo (CÂMARA e CALDARELLI 2016, RUDORFF et al, 2010).

O polígono dos agrohidro-negócios é composto por áreas que se interligam por estados fronteirisos sendo o oeste e leste de São Paulo, nordeste do Paraná, leste do Mato Grosso do Sul, Triângulo Mineiro, e sul e sudeste de Goiás que abrigam uma grande proporção do agronegócio e uma grande concentração do plantio de cana de açúcar no paísomo afirmado por Junior, et al.,(2009). Que possuem alta disponibilidade hídrica subterrânea, uma vez que esse tipo de cultivo requer grandes quantidades de água para se desenvolver, e de extensas áreas planas para o cultivo em larga escala de monocultura (Junior, et al.,2009). O município de Ipeúna se encontra inserido neste polígono, na região centro-leste do Estado de São Paulo, Depressão Periférica Paulista, à 180 km de distância da capital do estado. O município está contido no domínio do bioma de Mata Atlântica, fazendo parte da mesorregião de Piracicaba e da microrregião de Rio Claro, com participação na bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (IBGE, 2018a).

O município de Ipeúna apresenta atrativos naturais e a administração municipal manifestou interesse em investir nessa atividade de ecoturismo, que traz em si muitos benefícios para lugares com atrativos naturais, e por sua vez movimenta financeiramente a economia para a população local, despertando e conscientizando a população sobre a conservação ambiental (MONTEIRO, 2010).

Objetivos:

O objetivo principal do presente trabalho foi à avaliação da dinâmica espacial e temporal da distribuição da quantidade de cultura de cana-de-açúcar na cidade de Ipeúna- SP. Foram realizadas atualizações de áreas mapeadas em 2010, para 2018, do plantio de cana no município, com utilização de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Estes dados foram usados para verificar a possibilidade de desenvolvimento do ecoturismo na região.

Materiais e Métodos:

Para o mapeamento da expansão do cultivo da cana de açúcar em Ipeúna, foi utilizado um mapeamento de 2010 fornecido pelo NEA a qual serviu de base para a atualização das informações e para averiguar o quanto expandiu a plantação em 2018. As imagens usadas são de alta resolução espacial (3,5m), e foram adquiridas a partir da constelação de sensores Dove PlanetScope, operada pela empresa Planet, no nível de processamento 3A, já ortorretificadas e calibradas radiometricamente, com bandas espectrais nas regiões do azul, verde, vermelho, limite do vermelho e infravermelho próximo, captadas em 13 de abril de 2018. Estas imagens foram utilizadas em um primeiro momento para a interpretação visual da cobertura atual de cana-de-açúcar. Com base na fotointerpretação das imagens, foi possível fazer a

atualização da cobertura de cultura de cana do Município levando em conta o quanto aumentou de áreas de plantio.

Para organizar as imagens, foi elaborado um mosaico utilizando-se a função "mosaic" do pacote "raster", na linguagem de programação R. Fez-se então a vetorização manual identificando as áreas de ganho e perda de cobertura de cultivo de cana entre os dados originais de 2010 e a imagem de 2018 utilizando os recursos de vetorização em SIG para a delimitação dos polígonos de cana de açúcar com o software QGIS 3.2, usando de forma manual com auxílio da ferramenta "snap", e fazendo a posterior validação da geometria. Em casos de dúvidas,foram consultadas também as imagens de satélites da plataforma Google Maps.

Em seguida, foi efetuada a mesclagem das camadas de ganho e perda cultivo, usando o comando "mesclar" do software QGIS. Com o uso da ferramenta foi escolhida a opção geoprocessamento, na sequência foi utilizada a ferramenta "dissolver todos", resultando assim na atualização da camada. Houve um problema de não dissolução da geometria que necessitou do uso do software GRASS GIS 7.4.0., o qual auxiliou na unificação dos vetores gerados, usando as ferramentas "or" para junção e a ferramenta "xor" para dissolver e separar os polígonos novamente.

Foi também realizada uma análise visual para averiguar quais foram os novos usos da terra que substituíram as áreas de cana, utilizando o software QGIS. Para isso foi utilizado o plugin OpenLayers do software QGIS, que dá acesso às imagens de satélite da base Google Maps, permitindo verificar as mudanças nas camadas de perdas. A classificação atualizada foi inserida no software QGIS, na ferramenta compositor de impressão para a criação de três mapas demonstrando os resultados.

Resultados e discusões:

A Figura 1 mostra o mapeamento original da cobertura de cultivo de cana do município de Ipeúna do ano de 2010, fornecida pelo NEA. Na comparação com os dados de 2010 a nova classificação indicou aumento da área de plantio desta monocultura (Figura 2), sendo que as áreas onde mais houve expansão foram áreas que se apresentavam como, fragmentos de floresta secundária, ou reflorestamento na imagem original. Houve também a perda de algumas áreas de plantio de cana, com conversão principalmente para cobertura de gramíneas (Figura 2).

A partir dos resultados da vetorização realizada em 2010, foi feita uma soma das áreas antes classificadas como cana, que apresentou extensão de 7058.76 ha (Tabela 1). Em contrapartida, após a atualização da cobertura de cana, retirando as perdas e somando os novos ganhos, a área de cobertura de plantio de cana em 2018 totalizou 7612.01 ha. Isso significa um ganho de 553.25 ha de cultivo de cana no Município de Ipeúna- SP, em um intervalo de oito anos, ou 7.83% da cobertura observada em 2010.

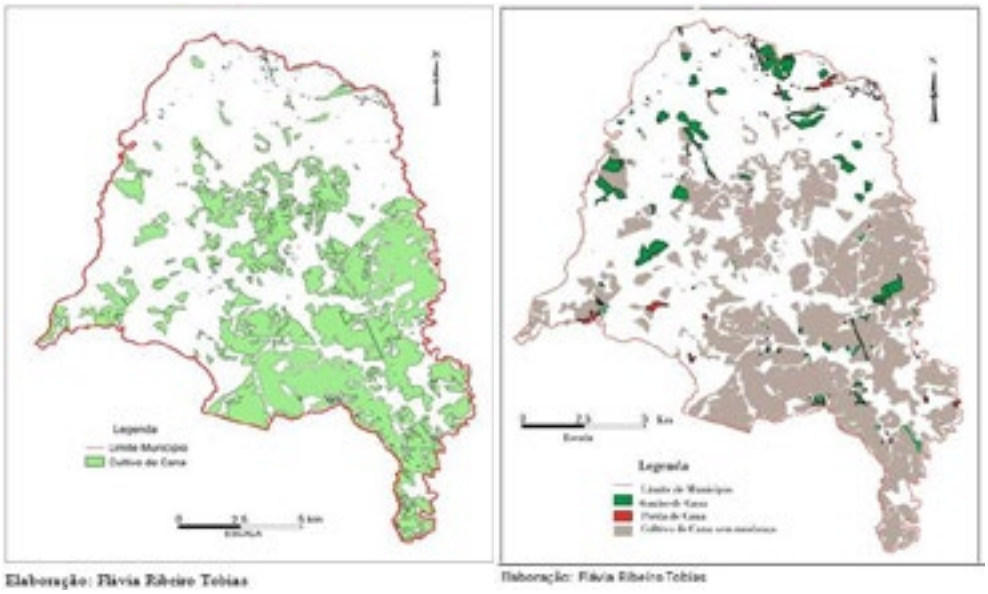


Figura 01 Área do plantio de cana- de açúcar 2010 Município de Ipeúna- SP (Esquerda). Figura 02 Área de cana- de açúcar atualizado em 2018 com ganho e perda Município de Ipeúna- SP (Direita).

Tabela 1: Mudanças na área de cultivo de cana entre 2010 e 2018 no Município de Ipeúna-SP.

Cultivo de cana	Area (hectares)
Area original em 2010	7058,76
Perda de áreas de cana entre 2010 e 2018	97,46
Ganho de áreas de cana entre 2010 e 2018	650,71
Area de cobertura de cana em 2018	7612,00

A partir da análise das áreas de perda de cobertura de plantio de cana foram identificadas três categorias, sendo que a primeira delas passou a ser reflorestamento, totalizando uma área de 71.57 ha. Em segundo lugar, houve uma área que se tornou predominantemente grama ou gramínea (pasto), que teve área de 25.89 hectares.

Assim, tende-se a uma concentração fundiária e mecanização da produção, típica dessas atividades agrícolas, o que justifica a baixa ocupação de mão de obra. Essa conversão de cobertura resulta também em baixo valor adicionado, pois a indústria do álcool não se localiza na cidade, sendo essa produção levada para outros municípios. (KLAFKE et al, 2007).

Considerações Finais:

A utilização do geoprocessamento associado ao sensoriamento remoto foi de extrema importância no processo de elaboração deste trabalho, uma vez que auxiliaram na geração dos resultados, permitindo uma análise da evolução temporal e o do crescimento do cultivo da cana a partir das imagens e softwares utilizados. Além disso, as ferramemntas permitiram a geração de produtos cartográficos e identificação do ambiente para planejamento de uso da terra correspondente com os resultados encontrados de crescimento de cana na área de estudo.

Diante do crescimento de área de plantio de cana-de-açúcar, é pertinente questionar se é viável o desenvolvimento do ecoturismo, e se4 o município náo deve buscar outras alternativas, como por exemplo o turismo rural. Os resultados deste mapeamento serão disponibilizados para a prefeitura do município de Ipeúna- SP, de modo a se tornarem uma ferramenta de uso público para que se possam tomar decisões acerca do uso do solo nessa localidade estudada.

3. Referências Bibliográficas

CAMARA, MARCIA REGINA GABARDO DA; CALDARELLI, CARLOS EDUARDO. Expansão canavieira e o uso da terra no estado de São Paulo. Estudos Avançados, v. 30, n. 88, p. 93-116, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. “Cidades Brasileiras”.https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ipeuna/panorama. Consultado em 28 de abril de 2018. 2018b.

TURNER, B.L.; MEYER, W.B.; SKOLE, D.L. Global land-use land-cover change - towards an integrated study. Ambio, v. 23, p.91– 95. 1994.

LAMBIN, E.F.; TURNER, B.L.; GEIST, H.J. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths. Global Environmental Change, v. 11, p.261–269, 2001.

MONTEIRO, Edson Varela. Parque Natural de Serra Malagueta: seu papel no desenvolvimento do Ecoturismo em Cabo Verde. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso.

THOMAZ JUNIOR, Antonio. Dinâmica Geográfica do Trabalho no Século XXI: (Limites Explicativos, Autocrítica e Desafios Teóricos). 2009.

KLAFKE, Karlise; BALDONI, Lucas. GEOGRAFIA DOS SERVIÇOS: UMA REFLEXÃO SOBRE AS PEQUENAS CIDADES-IPEÚNA (SP)2007.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AEROLEVANTAMENTO APLICADO NO MONITORAMENTO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE URBANA - ESTUDO DE CASO DO CÓRREGO DIACUÍ - JATAÍ (GO)

Carlos Eduardo Damasceno [(a)], Lorena Santos da Costa[(b)], Bruno Jefferson Soares de Oliveira [(c)], Luan Teodoro da Silva [(d)], Alécio Perini Martins [(e)]

[(a)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, eduardo.geo@outlook.com.br
[(b)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, lorennafortes95@gmail.com
[(c)] Estudante de Bacharelado em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, jeffbrunojeffersoms.o@gmail.com
[(d)] Estudante de Licenciatura em Geografia, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, luants16@gmail.com
[(e)] Professor, Doutor, Unidade Acadêmica Especial de Estudos Geográficos, Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, alecioperini@yahoo.com.br

Eixo: 9 - Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As Aeronaves Remotamente Pilotadas, com destaque aos VANT's e aos Drones, tem sido cada vez mais utilizadas em atividades de monitoramento, planejamento e gestão territorial. Os Drones mostram-se como boas alternativas por apresentarem um custo relativamente baixo e facilidade de operação, adequando-se às mais diversas atividades da prática profissional do Geógrafo. Neste sentido, a pesquisa objetivou realizar um aerolevantamento experimental, avaliando a aplicabilidade destas ferramentas no monitoramento de Áreas de Preservação Permanente em ambiente urbano. Como área de estudo foi selecionado o Córrego Diacuí, um dos principais pontos de degradação no município de Jataí no Sudoeste de Goiás. Foi utilizado um Drone Phantom4 Advanced e equipamento GNSS para realizar o imageamento e georreferenciamento da área, que apresentou uma cobertura de 40% de vegetação arbórea, embora com predominância de espécies invasoras como a mamona, bambuzais e árvores frutíferas. Aproximadamente 38% da área encontra-se impermeabilizada por construções, asfalto e terrenos baldios.

Palavras chave: Geotecnologias; Drones; Monitoramento Ambiental.

1. Introdução

De acordo com Ross (1995), a pesquisa ambiental assume diferentes dimensões em função dos objetivos para os quais se prestam. Percebe-se com bastante clareza que todos os segmentos ou ramos da ciência e da tecnologia preocupam-se com a questão ambiental, embora

esta tenha ficado fora das principais pautas de discussão no âmbito do poder público por várias décadas. Em áreas urbanas, é comum observar relações entre as sociedades e o território em diversos campos. Considerando a relação destas sociedades com os recursos naturais, percebe-se que a apropriação destes nem sempre se dá de forma harmônica, levando-se em consideração mais as necessidades econômicas do que a conservação do ambiente. A necessidade de terrenos para habitação, por exemplo, na maioria das cidades, entra em conflito com questões ambientais, visto que áreas de preservação ou até mesmo áreas de risco natural como encostas de morros e fundos de vale, tornam-se alternativas de moradia para pessoas em situação de risco social.

Neste contexto, as Áreas de Preservação Permanentes (APP´s) de cursos d'água em áreas urbanas estão submetidas a grandes extensões de degradação devido à intensificação das pressões antrópicas sobre o ambiente. Dessa forma, observa-se um processo de substituição das paisagens naturais por outros usos e ocupações da terra e a conversão das áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, em muitos casos, afetando a disponibilidade de recursos naturais importantes à vida (LUPPI et al., 2015).

Considerando os diversos conflitos ambientais existentes, os governos federal, estadual e municipal buscam, pela legislação, ordenar a ocupação dos territórios, embora muitas vezes exista o conflito de interesses do próprio poder público com as restrições impostas pela legislação. Em áreas urbanas estas relações conflituosas são observadas em áreas ocupadas irregularmente em encostas e margens de córregos e rios que, mesmo em desacordo com as legislações e com os planos diretores, apresentam equipamentos públicos como energia elétrica, abastecimento de água e cobrança de impostos territoriais municipais.

Entre as legislações que regulamentam questões ambientais no Brasil, a principal é o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651/2012), que visa a conservação do meio ambiente e continuidade a vida, definindo as áreas de Preservação Permanente como;

> Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a

> biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (BRASIL, 2012).

O artigo 4º desta mesma lei considera como Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas;

> I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
> a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
> b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
> c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
> d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
> e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros (BRASIL, 2012).

Embora estabeleça faixas de conservação dos recursos naturais bem claras, a legislação flexibiliza a necessidade de recomposição de áreas que tenham sido desmatadas até julho de 2008, condicionando sua recuperação em áreas rurais ao tamanho das propriedades e, nas áreas urbanas, às determinações específicas dos planos diretores municipais. Dessa forma, uma área de preservação que em teoria deveria ter 30 metros de extensão a partir da margem do curso d´água, na prática pode chegar a ter menos de 5 metros. No município de Jataí, como o plano diretor é anterior ao Código Florestal Brasileiro, considerou-se uma faixa de 30 metros como área de preservação permanente, visto se tratar de uma microbacia urbana.

Para a realização de estudos ambientais nestas áreas, as geotecnologias se mostram como ferramentas fundamentais em etapas de levantamento, análise e gestão de ambientes naturais e antrópicos, permitindo o trabalho em áreas relativamente extensas em um intervalo de tempo menor, além da integração com outras tecnologias. Neste contexto, a aplicação das RPA´s (Aeronaves Remotamente Pilotadas), algumas conhecidas popularmente como Drones, permitem a espacialização de dados de forma a capturar imagens com altíssima resolução, executar planejamentos de voo em curto tempo e em altitudes baixas e, o mais importante, sobrevoar locais de difícil acesso. Uma aplicação dos drones que tem se tornado cada vez mais comum é o monitoramento ambiental. As aeronaves não tripuladas são alternativas mais baratas

e eficientes para identificar áreas de desmatamento, queimadas, controle de espécies ameaçadas de extinção, proteção de mananciais, etc. (FONTES, POZZETTI, p. 155, 2016).

Atualmente, o Drone é uma tecnologia bastante requisitada no mercado, no qual há diversas variações de modelos, sendo necessário escolher o que se encaixa melhor para um determinado tipo de serviço. Para o uso do Drone é necessário estar de acordo com as leis aprovadas pela ANAC (Agencia Nacional de Aviação Civil). O Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017 (RBAC-E nº 94/2017) da ANAC é complementar às normas de operação de Drones estabelecidas pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). De acordo com o Regulamento n° 94, os RPAs e Aeromodelos utilizados só podem ser operados a partir de 30 metros horizontais da população. Sendo respeitado o peso do aeromodelo. Aeromodelos com peso máximo de decolagem (incluindo-se o peso do equipamento, de sua bateria e de eventual carga) de até 250 gramas não precisam ser cadastrados junto à ANAC.

> Todos os pilotos remotos que atuarem em operações acima de 400 pés acima do nível do solo (Above Ground Level – AGL), ou que atuarem em operações de RPAS Classe 1 ou 2, devem possuir licença e habilitação emitida ou validada pela ANAC. A ANAC determinará, para cada tipo de operação, os critérios aceitáveis para a emissão da licença e habilitação apropriadas. (RBAC-E nº 94, pg. 6).

De acordo com Simões (2016), as imagens aéreas provêm informação vital para autoridades, resgatistas, população, jornalistas, geógrafos, ambientalistas, entre outros profissionais. Através delas são realizadas vistorias, monitoramentos, registro de condições em locais de difícil acesso ou impróprios à presença humana em função de radiação, gases, alta temperatura ou outros.

Considerando a vital importância das áreas de preservação permanente para a qualidade ambiental urbana e para a conservação dos recursos hídricos, este trabalho tem como objetivo analisar a aplicabilidade de um Drone de uso civil como geotecnologia para estudos ambientais, especificamente para delimitação e análise de uma APP urbana na cidade de Jataí/GO, analisando os efeitos das ações antrópicas nestas áreas.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo

Como área experimental, foi delimitada uma faixa de 100 metros a partir da drenagem do Córrego Diacuí para planejamento de vôo, localizado na área urbana do município de Jataí – GO (Figura 1) e, posteriormente, identificada sua área de preservação permanente, considerada a metragem de 30 m em cada margem.

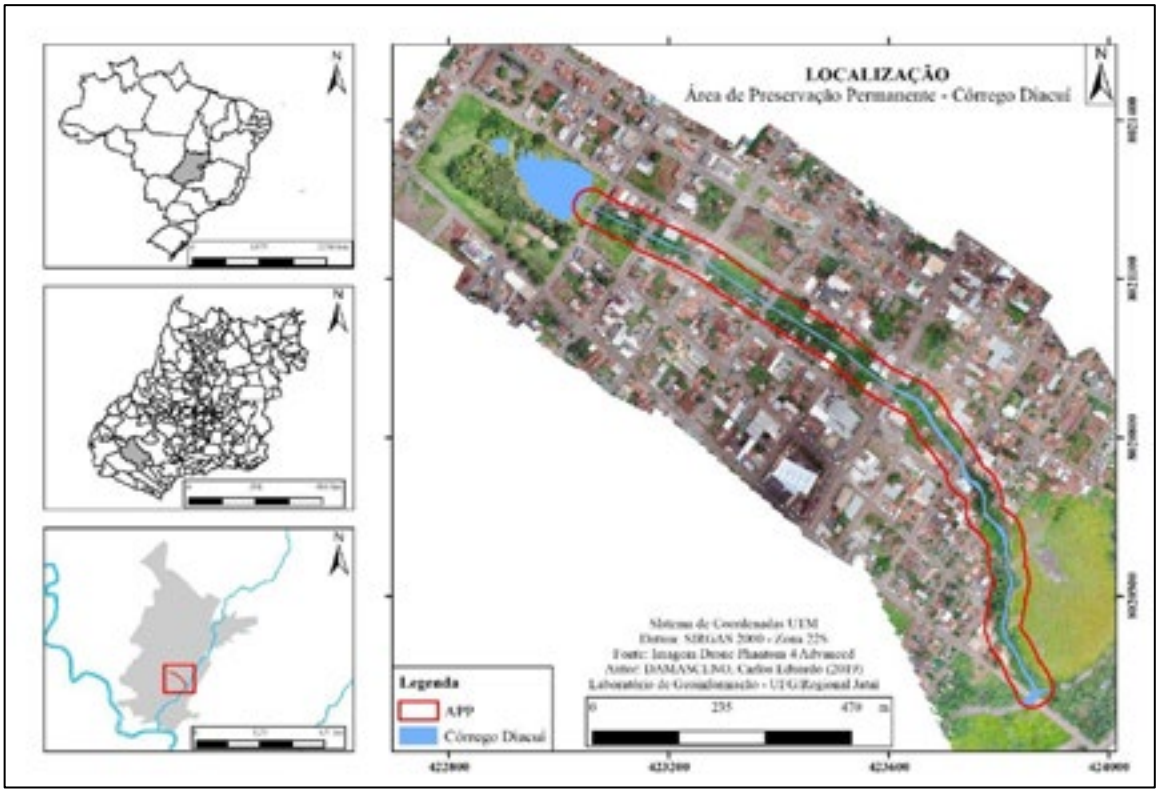


Figura 1 – Localização da área de estudo

A bacia hidrográfica do Córrego Diacuí apresenta área de 191 ha e encontra-se totalmente urbanizada, apresentando uma cobertura de 86% de área impermeabilizada e apenas 9% de áreas de vegetação (MARTINS e OLIVEIRA, 2013). Nesta bacia localiza-se uma das principais áreas verdes públicas do município de Jataí, o Parque Diacuí, com dois lagos artificiais, quadras de esporte, academia, pistas de exercício e área verde. Para o objeto de

estudo, neste caso a área de preservação permanente (APP), sua área total foi de 8,91 ha, divididos em: área construída, asfalto, drenagem (córrego Diacuí), gramíneas, solo descoberto e vegetação (arbórea e arbustiva).

2.2. Procedimentos

A pesquisa foi realizada em duas etapas, sendo uma de campo para aquisição das imagens aéreas, e uma de laboratório para processamento das informações. Em campo, foram utilizados como equipamentos um Drone Phantom 4 Advanced da DJI e aparelho GNSS topográfico (Trimble Geoexplorer 2008 series). Inicialmente, fez-se a marcação de quatro vértices nos extremos da Área de Preservação Permanente, seguidos pela marcação de pontos intermediários para georreferenciamento da área. Estes marcos foram feitos com tinta branca, em um espaço de 40cm², com uma marcação central em vermelho, visível nas imagens aéreas, para obtenção das coordenadas (Figura 2).

Figura 2- Processo de marcação do terreno e Obtenção das coordenadas.

Para verificar a precisão do posicionamento, foram coletadas coordenadas com GNSS Topográfico, utilizando tempo de dois minutos para rastreio de posição. Os levantamentos em campo foram realizados no período entre 11:00h e 13:00h, visando o mínimo de interferência possível das sombras no terreno, em dias de tempo aberto e com baixa velocidade dos ventos,

garantindo melhor qualidade às imagens e maior estabilidade ao equipamento. Considerando a duração da carga da bateria do equipamento, foram necessários três sobrevoos para recobrir toda a área de estudo.

Para o planejamento de vôo foi utilizado o aplicativo gratuito para smartphones DroneDeploy, adaptado tanto para Android quanto para IOS. O aplicativo permite configurações de setup como altitude de vôo, geração de imagens 3D, direcionamento de plano, retorno automático para o ponto de decolagem, entre outros. Também avisa o tempo total de voo e a quantidade de baterias necessárias para recobrimento da área. Após a obtenção das imagens, em laboratório, construiu-se o ortomosaico da área com o software Agisoft Photoscan versão de teste.

As informações topográficas passaram por correção diferencial no software Pathfinder Office que acompanha o equipamento Trimble Geoexplorer. A primeira etapa do processo consiste em transferir os arquivos (pontos coletados em campo) do equipamento GNSS pelo aplicativo data transfer, em formato .ssf. A próxima etapa foi realizar a correção diferencial utilizando a base da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC – Estação GOJA), sendo necessário realizar um cadastro como primeira etapa do processo. Após confirmação do cadastro, realizou-se o download da estação de Jataí, de acordo com a data de coleta dos pontos, e posteriormente, realizou-se a correção diferencial no software Pathfinder Office. O resultado foi exportado em formato shapefile (shp).

O ortomosaico foi exportado em formato TIFF e processado no software ArcGIS 10.1®, licenciado para o Laboratório de Geoinformação da UFG – Regional Jataí. Inicialmente, a imagem foi georreferenciada com as coordenadas corrigidas do equipamento topográfico.

Posteriormente, criou-se de forma manual a delimitação da rede de drenagem e, por meio da ferramenta “buffer” traçou-se um polígono considerando 30 metros a partir de cada margem da drenagem. Por interpretação visual, elaborou-se o mapa de uso e cobertura da terra dentro da faixa de preservação, indicando os principais pontos de conflito ambiental.

3. Resultados e discussão.

Após o processamento da ortofoto, identificou-se uma área de 8,91ha que deveria ser destinada à Preservação Permanente do Córrego Diacuí, considerando uma faixa de 30 metros a partir de cada margem do curso regular. Nesta área, foram identificadas as seguintes categorias de uso e cobertura da terra: Vegetação (composta por espécies arbóreas, sendo a maioria invasoras, bambus e árvores frutíferas); Área construída, sobretudo residências e oficinas mecânicas; Gramíneas (agrupando aqui diversas espécies, com predomínio de braquiária); Solo descoberto (representado por terrenos baldios e quintais); Água (curso do córrego Diacuí) e Asfalto (Figura 3).

Conforme pode ser observado na Tabela I, existe o predomínio de vegetação na faixa de APP do Córrego Diacuí, correspondendo a 40% do total. Essa vegetação é composta principalmente por bambuzais, espécies invasoras (com grande predomínio de mamona), além de árvores frutíferas em quintais de residências, demonstrando que essa vegetação não cumpre o seu papel ecológico enquanto faixa de preservação. Na figura 4 é possível observar o muro de uma residência a menos de 5 metros de distância do curso d'água, além de uma faixa de vegetação composta por árvores frutíferas em quintais.

Entre as áreas construídas, além das residências destacam-se uma quantidade significativa de oficinas mecânicas das mais diversas especializações, lava-jatos e depósito de material reciclável, atividades que além de ocupar áreas de preservação permanente, contribuem sobremaneira com a contaminação das águas do córrego principalmente com resíduos de óleo e de lavagem de materiais.

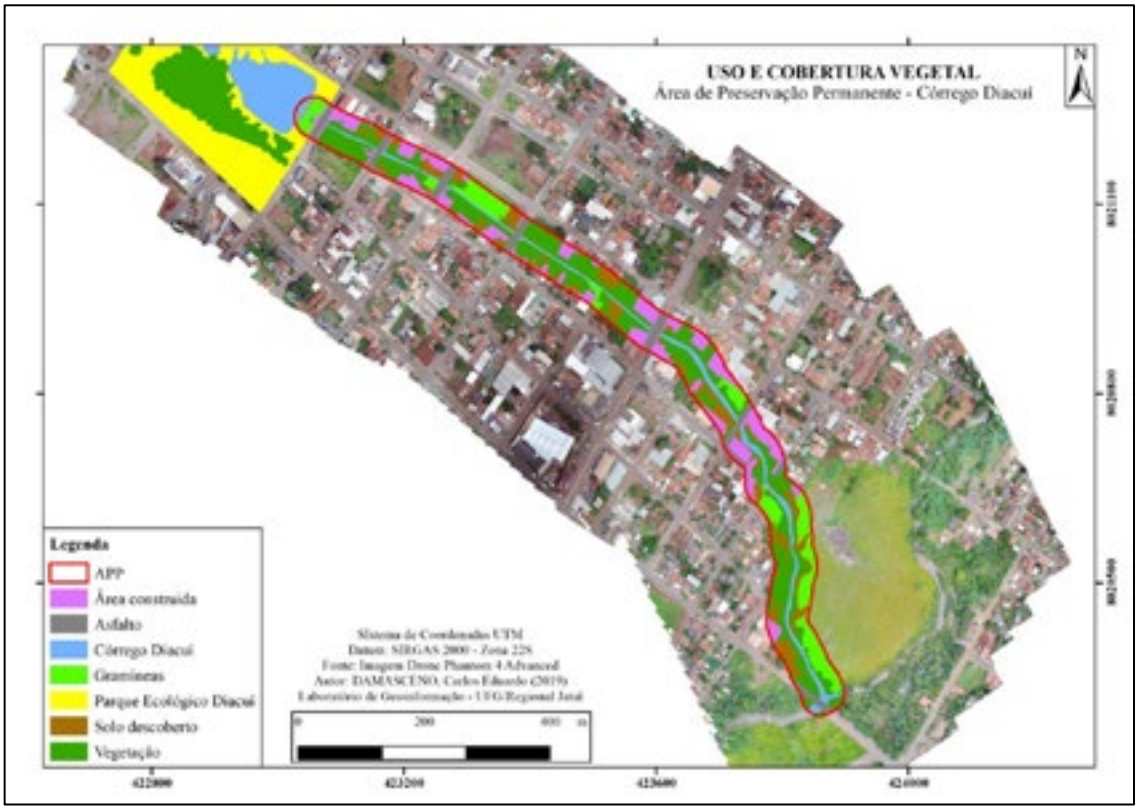


Figura 3 - Uso e cobertura da terra na bacia do Córrego Diacuí.

Tabela I - Uso e cobertura da terra da Bacia do Córrego Diacuí

Categoria	Área (ha)	Porcentagem %
Vegetação	3,57	40,07
Área construída	1,65	18,52
Gramíneas	1,26	14,14
Solo descoberto	1,15	12,91
Água	0,65	7,30
Asfalto	0,63	7,07
Total	**8,91**	**100,00**

Outra categoria bastante significativa é representada por gramíneas, principalmente braquiária em área de pastagem localizada na foz do Córrego Diacuí (figura 5) e em terrenos baldios em toda a extensão do curso d'água. Somam-se a estas gramíneas as áreas com solos descobertos em terrenos baldios, quintais e ruas sem pavimentação. Ao todo, áreas construídas,

solo descoberto e asfalto somam 38,5% de área impermeabilizada que, associada à intensa ocupação urbana na bacia como um todo, é responsável por inundações registradas ao longo do córrego em dias de precipitação intensa e pelos diversos pontos de ravinamento e áreas de risco de desbarrancamento desde o Parque Diacuí até a sua foz no Córrego Jataí.

Com relação ao georreferenciamento das ortofotos, obteve-se precisão de 0,59 centímetros com o uso do Equipamento Topográfico Trimble Geoexplorer 2008, indicando uma boa precisão para este tipo de estudo, permitindo atividades de planejamento com uma margem de erro muito pequena.

Figura 4 - Área construída em APP

Figura 5 - Foz da bacia do Córrego Diacuí

A partir das imagens obtidas por Drone, é possível ainda identificar detalhes como altura média da vegetação, distância entre as residências e os cursos d'água e áreas propícias ao desenvolvimento de vetores que transmitem doenças, como terrenos baldios, pontos de acúmulo de água e lançamentos de esgoto clandestino. Dessa forma, apresentam-se como ferramentas

extraordinárias para auxiliar o poder público em atividades de monitoramento e gestão destes ambientes em áreas urbanas.

4. Considerações finais.

A pesquisa, desenvolvida em caráter experimental para avaliar a viabilidade de uso de ferramentas destinadas ao uso civil em atividades de monitoramento e gestão ambiental, apresentou resultados satisfatórios. Com a realização de três sobrevoos e duas horas de campo para coleta de coordenadas para georreferenciamento foi possível traçar um panorama do ambiente, indicando as principais áreas de conflito ambiental representadas por construções de residências e pontos comerciais em Área de Preservação Permanente, áreas de solo descoberto ou cobertas por gramíneas e espécies invasoras. Além disso, é possível vislumbrar uma área promissora que se abre para a atuação do Geógrafo no mercado de trabalho.

Entre os pontos negativos, destacam-se a duração das baterias das aeronaves, que em média é de 25 minutos, conferindo baixa autonomia de trabalho e restrição nas dimensões das áreas estudadas, além da necessidade de aquisição de suprimentos extra e as sucessivas restrições para uso destes equipamentos em áreas urbanas, sobretudo em proximidades de aeroportos e prédios, indicando que o Brasil precisa avançar bastante no sentido de regulamentar e controlar o uso de Aeronaves Remotamente Pilotadas em atividades de monitoramento, planejamento e gestão territorial.

5. Agradecimentos

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de Auxílio Financeiro ao projeto “ESTUDO DE VIABILIDADE DO USO DE DRONES PARA LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS: Aplicações em planejamento urbano, regularização fundiária e monitoramento agrícola e ambiental” aprovado no edital universal 2018 e a Universidade Federal de Goiás – Regional Jataí, principalmente à UAE de Estudos Geográficos pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

6. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL - ANAC. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94**. Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor: Norma cria condições para operações mais seguras**. Brasília, 2017. Disponível em: < https://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em 23 nov. 2018.

BRASIL. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**. Brasília, 25 maio 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 17 dez. 2018.

FONTES, J. C, POZZETTI, V. C. **O uso dos veículos não tripulados no monitoramento ambiental na Amazônia**. Revista de Direito e Sustentabilidade, Curitiba, v. 2 n. 2, Jul/Dez. 2016. Disponível em: <http://indexlaw.org/index.php/revistards/article/view/1257>. Acesso em: 17 dez. 2018.

LUPPI, A. S. L, SANTOS A. R, EUGENIO F. C, FEITOSA L. S. **Utilização de Geotecnologia para o Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no Município de João Neiva, ES**. Floresta e Ambiente, Alegre-ES, v. 22, n. 1, Jan/Mar. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.0027>. Acesso em: 12 jan. 2019.

MARTINS, A. P.; OLIVEIRA, R. M.. **Atlas Ambiental das microbacias urbanas de Jataí/GO [material cartográfico]**. Universidade Federal de Goiás/Campus Jataí: Poligráfica Indústria e Comércio, 2013.

ROSS, J. L. S. **Analises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, v. 9, 1995. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rdg/article/download/53692/57655>. Acesso em: 17 dez. 2018.

SIMÕES, P. R. **O uso de drones em desastres ambientais**. DronEng Drones e Engenharia. [S.I.] 2016. Disponivel em: <https://blog.fastformat.co/como-fazer-citacao-de-artigos-online-e-sites-da-internet/>. Acesso em: 16 de dezembro de 2018.

ANÁLISE COMBINATÓRIA COM BASE EM CRITÉRIOS GEOMORFOLÓGICOS NA INDICAÇÃO DE ÁREAS POTENCIAIS PARA OCUPAÇÃO URBANA: MUNICÍPIO DE ITABIRITO - MG

Paula Márcia Brasil Garcia [(a)], Cristina Helena Ribeiro Rocha Augustin [(b)], Pedro Benedito Casagrande[(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação de Geografia e Análise Ambiental – Departamento de Geografia do Instituto de Geociências UFMG. E-mail: paulabrasilgarcia@yahoo.com.br
[(b)] Professora Titular do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências - UFMG.
E-mail: cristinaaugustin@gmail.com
(c) Doutorando em Geologia – Departamento de Geologia do Instituto de Geociências – UFMG
E-mail: pedrobcasagrande@gmail.com

Eixo:
Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Uma das consequências do rápido e intenso crescimento urbano tem sido a expansão das cidades sem planejamento adequado, causando vários problemas, entre os quais a ação de processos geomorfológicos tais como, enchentes, movimentos de massa e erosão acelerada. A utilização da geomorfologia como base para a análise integrada do meio ambiente pode ser usada não apenas na etapa de planejamento das cidades, como também da sua gestão, uma vez que as dinâmicas da superfície e subsuperfície constituem o fundamento das transformações pelas quais o município passa, tornando-se uma ferramenta de fundamental importância para o estabelecimento de planos de ação envolvendo o desenvolvimento sustentável dessas áreas. O objetivo do presente trabalho é o de apresentar o método de Análise Combinatória, a partir da adoção de variáveis geomorfológicas, na indicação de áreas potenciais para ocupação urbana no município de Itabirito, Minas Gerais.

Palavras chave: Geomorfologia, Planejamento Urbano, Análise Combinatória

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Barthelos (2007), cerca de 70% da população mundial vive hoje em cidades, enquanto no Brasil, segundo o IBGE (2017), esse percentual chega a 84,4%. O processo de urbanização em função da sua intensidade trouxe em seu bojo, impactos ambientais que afetaram não somente os ecossistemas naturais, como também a população humana, mesmo que o grau, extensão e diversidade destes impactos tenham sido distintos em diferentes regiões e países (BARTHELOS, 2007). Eles são em parte decorrentes do desaparecimento da cobertura vegetal e aumento da impermeabilização da superfície das vertentes, com efeitos sobre o aumento da frequência e intensidade das inundações nos centros urbanos.

A ocupação da terra em áreas potencialmente de risco a movimentos de massa e a erosão acelerada presentes em porções consideráveis de áreas urbanas do mundo

subdesenvolvido e em desenvolvimento, é indício de que a questão ambiental, não somente no Brasil, não recebe a devida atenção nos vários tipos de planejamentos territoriais. Levando em consideração essas questões, é fundamental que o planejamento territorial contenha elementos analíticos que induzam e facilitem a avaliação do potencial de uso e ocupação da terra, de maneira a prevenir e mitigar os problemas ambientais decorrentes da ocupação desordenada ou inadequada da terra. O presente artigo objetiva apresentar metodologia em Análise de Multicritérios na indicação de áreas mais adequadas para ocupação urbana no município de Itabirito, Minas Gerais, a partir de variáveis geomorfológicas, como método de abordagem para o planejamento urbano. A Análise de Multicritérios se fundamenta na álgebra de mapas, uma vez que as variáveis selecionadas para representar a realidade, as representam de forma numérica para depois serem integradas. No presente artigo, a técnica de Multicritérios utilizada foi a Análise Combinatória, com vistas a demonstrar quais áreas são mais adequadas para ocupação, a partir de critérios geomorfológicos no município de Itabirito, MG. As variáveis consideradas foram: Geologia/Geotecnia, Índice de Hack, Índice de Concentração da Rugosidade, e Processos Erosivos Acelerados (voçorocamento) e Unidades Geomorfológicas.

2. Características gerais e problemas ambientais da área de estudo

O município de Itabirito (figura 1), que possui a população de 50.816 habitantes (IBGE, 2017), dista 55 km de Belo Horizonte e é formado pelos distritos: Sede, Acuruí, São Gonçalo do Bação e São Gonçalo do Monte. Como parte da província mineral denominada Quadrilátero Ferrífero, Itabirito tem historicamente a atividade mineraria como um dos motores de sua economia. A partir do século XX, esta atividade tem crescido em toda a região, apresentando grandes áreas exploradas e suas cavas. Parte dos impactos no município é também resultante da falta de gestão no controle da dinâmica de ocupação, o que gera problemas de expansão desordenada, aumento de áreas de risco, comprometimento de áreas de proteção ambiental e uso inadequado dos recursos naturais.

Figura 1 – Mapa de localização do município de Itabirito – MG (Fonte IBGE, 2010).

3. Métodos e técnicas

O método empregado na Análise de Multicritérios, destinado a representar quais as melhores áreas a serem ocupadas sob o ponto de vista geomorfológico no município de Itabirito foi a Análise Combinatória. Para isto, foram utilizadas cinco variáveis: Unidades Geomorfológicas, Índice de Concentração da Rugosidade, Índice de Hack, Geologia/Geotecnia, Processos Erosivos Acelerados (voçorocamento). Estas são descritas e foram obtidas da seguinte maneira: **1) Geomorfologia**, que foi elaborada a partir da interpretação do relevo, tendo como instrumentos de apoio os mapas de hipsometria, de declividade e a confecção e interpretação de perfis longitudinais da área de estudo, bem como a caracterização das áreas a partir de dados secundários existentes na literatura. Foram identificadas cinco grandes estruturas da paisagem física – *landscapes* – sendo elas: Superfície Residual Elevada, Nível Intermediário de Topo Achatado, Nível Residual Dissecado, Superfície Dissecada Rebaixada e Vale Fluvial Preenchido; **2) O Índice de Concentração da Rugosidade (ICR)** consiste em uma metodologia proposta por Sampaio & Augustin (2014) que objetiva quantificar e classificar as unidades de relevo, a partir da distribuição espacial da declividade. Este processe se dá através da compartimentação e quantificação do relevo tendo como base a avaliação dos padrões de distribuição espacial da declividade; **3) O Índice de Hack** é uma variável quantitativa cujo objetivo é o de identificar a potência dos rios para carrear material de dada granulometria (competência dos fluxos) e as características dos canais. Para a elaboração do índice, foram utilizadas:

a) as ferramentas *Knickpoint Finder* desenvolvidas por Salamuni, et al. (2013), que acoplado ao software *Arcgis,* buscam pontos que sinalizam rupturas no terreno; b) o algoritmo *River Merge* também desenvolvido por Salamuni et al. (2013) para unificar segmentos de drenagem; c) o software *Arcgis* 10.5 para o sistema de unificação das informações e plataforma de funcionamento do *Knickpoint Finder*; d) imagens SRTM *(Shutlle Radar Topography Mission*) NASA, apresentando resolução espacial de 30 metros; **4) Geologia/Geotecnia**, que indica a resistência das rochas a partir da sua litologia, elaborado por Parizzi (2011); **5) Processos Erosivos Acelerados (voçorocamentos)** que consistiu na identificação dos processos erosivos acelerados por imagens de satélite, via Google Earth (2018) e vetorização manual dos mesmos no software *Arcgis* 10.5.

3.1. Análise de Multicritérios: Análise Combinatória

A Análise de Multicritérios por Análise Combinatória consiste em realizar julgamentos "par a par" das variáveis consideradas na análise. Conforme ROCHA et.al.(2018), este método permite o pesquisador o controle do significado da presença de cada variável e o estudo sobre o impacto da combinação com outras variáveis nos resultados parciais. Este processo, segundo Rocha, et.al. (2018), ocorre de forma sucessiva à medida que se acrescentam variáveis à análise, até que se atinja a análise final que resulta da combinação com a última variável (Figura 2).

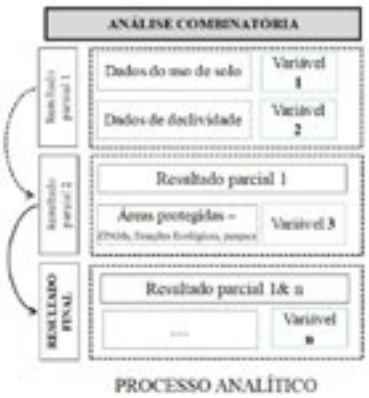


Figura 2 – Esquema metodológico da Análise Combinatória cujo processo ocorre por etapas de análise "par a par", gerando resultados parciais, sucessivamente caso seja acrescentado mais varáveis (*n* variáveis) até a última análise que será o resultado final (ROCHA, et.al, 2018).

3.3. Caracterização das Variáveis Consideradas

As variáveis utilizadas nas duas técnicas de Análise de Multicritérios e descritas a seguir, Unidades Geomorfológicas, Índice de Concentração da Rugosidade (ICR), Índice de Hack Geologia/Geotecnia, e Processos Erosivos Acelerados (voçorocamentos), expressam características relativas ao modelado do relevo, suas principais propriedades e potenciais de uso na área de estudo.

A variável: Unidades Geomorfológicas: busca atender à proposição de uma visão mais integrada e contextualizada dos aspectos biofísicos da área de estudo, expressando a estruturação das suas formas do relevo, uma vez que estas se encontram intrinsecamente associadas aos processos que nelas atuaram e ainda atuam, e aos seus materiais de composição, sejam eles rocha ou geocoberturas, incluindo o solo. Como mostra a figura 3**,** foram identificadas cinco Unidades componentes da paisagem, descritos a seguir:

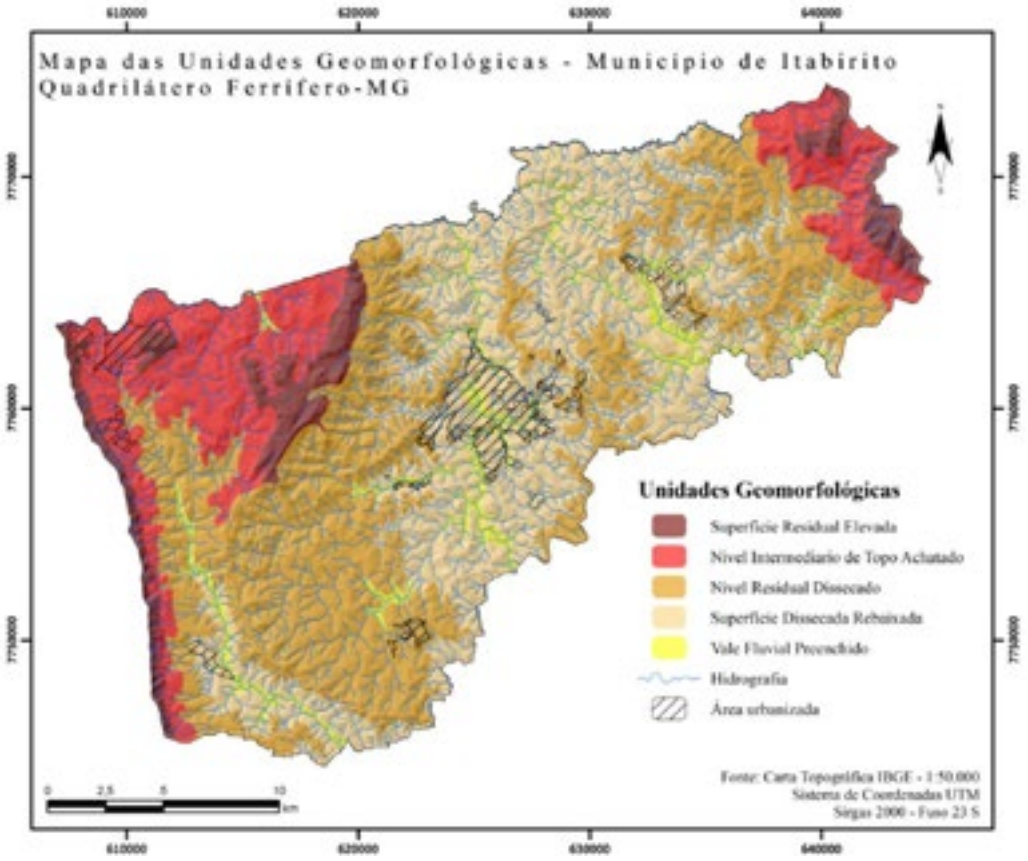


Figura 3 – Mapa das Unidades Geomorfológicas do Município de Itabirito - MG

a)Superfície Residual Elevada, formada pelos topos das cadeias dobradas de rochas de itabiritos da Formação Cauê do Grupo Itabira, e quartzitos da Formação Moeda do Grupo Caraça, encontram-se localizadas nas bordas leste e oeste do município, e são representadas respectivamente pelo Sinclinal Gandarela e pela Serra de Itabirito. Essas serras, com altitudes entre 1620 e 1740m são, sinclinais alçados, remanescentes de

estruturas antigas geológicas submetidas à inversão de relevo. Apresenta baixas taxas de denudação geoquímica em relação às demais unidades devido à extensa presença de lateritas *lato sensu* (l.s), nos termos propostos Augustin, et al. (2013), o que contribui para a manutenção das porções mais elevadas do relevo. A presença das cangas, ou lateritas (l.s), e a relativa convexidade dos mesmos influenciam nas baixas taxas de infiltração da água de chuva. Em função da resistência dessas coberturas e ainda dos quartzitos ao processo de intemperismo químico, mesmo em condições quentes e úmidas na maior parte do ano, apresentam relevo com vários afloramentos, em especial no domínio quartzítico; **b) Nível Intermediário de Topo Achatado** ocupa os extremos noroeste e nordeste do município, com altitudes intermediárias entre 1373 e 1618m, formando níveis topográficos mais baixos do que os do domínio anterior. São áreas nas quais se destacam os patamares erosivos mais elevados do vale do ribeirão do Silva que foram e continuam sendo modeladas pela incisão da drenagem e reafeiçoamento das encostas, embora apresentem menor densidade de drenagem do que as demais Unidades. Por se encontrarem em espaço contíguo aos dos topos dos sinclinais, contam com declividades acentuadas nos fundos de vale, embora seus topos sejam largos e achatados, indicando a possibilidade de que sejam relevos residuais de antigos pedimentos preservados em função da dificuldade de incisão da drenagem. São áreas, que do ponto de vista geotécnico, têm potencial de uso para ocupação por construções, mas que do ponto de vista do conjunto de fatores em análise, deveriam ser preservadas. Além disso, são áreas de nascentes, que deveriam ser preservadas como potencial futuro para fornecimento de água potável. Em função da declividade menos acentuada dos topos, da litologia e das características estruturais da região, submetida a expressivas deformações, há tendência de maior infiltração da água de escoamento superficial, transformando essas áreas em bons retentores de água que alimentam as nascentes de córregos e ribeirões da área estudada. São áreas de reservas hídricas apresentando, portanto, potencial de uso de recursos naturais para abastecimento de água para a área urbana; **c) Nível Residual Dissecado** apresenta altitudes entre 940 e 1460m, e constitui patamares topograficamente mais baixos da Unidade II (Nível Intermediário de Topo Achatado), já erodidos e dissecados devido à alta concentração da drenagem. Constitui a segunda maior Unidade em termos de área e ocupa todas as porções do platô interno da Serra da Moeda e da bacia do rio das Velhas. Os processos geomorfológicos mais frequentes, em parte decorrentes da cobertura vegetal mais aberta e da declividade

acentuada em vertentes de vales encaixados, são: a erosão dispersa, provocada pelo escoamento superficial da água de chuva e, em algumas vertentes, o voçorocamento; **d) Superfície Dissecada Rebaixada**, unidade caracterizada por relevo de colinas arredondadas e vales encaixados, localizados em patamares topograficamente mais baixos das bacias dos rios do Peixe e ribeirão Mata Porcos, posteriormente denominado de rio Itabirito, estão entre as altitudes de 760 e 1120 m. Ocupando as posições topográficas intermediárias entre os fundos de vale e Nível Residual Dissecado essa Unidade tem, por vezes, vales encaixados, de paredes abruptas, indicando retomada erosiva recente. Também é uma Unidade na qual ocorrem as voçorocas, associadas às atividades de mineração no passado e mesmo às agrícolas. A presença de voçorocas compromete o uso e ocupação da terra, bem como contribui para o assoreamento dos fluxos de água da área; **e) Vale Fluvial Preenchido** situada entre as cotas 840 e 980m, é uma unidade caracterizada pelos processos fluviais sazonais de erosão, deposição, apresentando elevada carga sedimentar, em parte resultante do material erodido proveniente da densificação de voçorocas, em grande parte causada por ações antrópicas, entre elas, uso e ocupação inadequado de áreas para a construção, aberturas de estradas vicinais, mudanças nos cursos dos rios, ribeirões e córregos, mineração entre outros, apesar de sua ocorrência ter também forte condicionamento das litologias cristalinas do Complexo do Bação.

As Unidades Geológicas/Geotécnicas: são importantes indicadores das condições para ocupação da área por construções e obras civis (figura 4). Indica também, segundo classificação de Parizzi (2011), o predomínio de rochas graníticas do Cristalino nas porções centrais, topograficamente mais baixas do município. Essas rochas, quando submetidas às condições climáticas úmida com temperaturas elevadas sofrem intenso processo de intemperismo químico e também mecânico, levando à formação de espessas geocoberturas que favorecem a atuação de processos erosivos e de movimentos de massa, em especial em vertentes íngremes, sem, ou com pouca cobertura vegetal (YOUNG, 1972). O substrato rochoso que ocupa toda a porção central do município é formado por migmatitos, gnaisses de composição granítica, tonalítica e granodiorítica do Complexo Bação, que apresenta aspecto dômico e características de cisalhamento nas bordas (DORR, 1969). O segundo domínio é formado por rochas do Supergrupo Rio das Velhas, intensamente metamorfisadas, que inclui rochas verdes, lavas riolíticas e rochas sedimentares intercaladas, sendo que o itabirito ocorre nas unidades

metassedimentares nas quais são encontradas Formações Ferríferas Bandadas (BIF) (ROSIÈRE, C. A. & CHEMALE, F. Jr., 1991). O terceiro domínio é constituído por rochas do Supergrupo Minas, que é uma sequência metassedimentar, formada por quatro grupos, sobreposta em desconformidade ao Supergrupo Rio das Velhas.

O Índice de Hack (IH) traduz, em síntese, a energia das bacias de drenagem (FONSECA & AUGUSTIN, 2011), constituindo um importante atributo da análise geomorfológica, uma vez que a energia das bacias é um dos componentes morfométricos mais amplamente utilizado para a compreensão da dinâmica da superfície continental da Terra. Os valores intermediários do IH ocorrem em regiões de cabeceiras, onde se espera encontrar maior energia de dissecação, em função da declividade, que tende a ser mais elevada nestas áreas. Os menores valores dos IH, correspondem às áreas nas quais a dissecação é dificultada pela presença de canga, ou nas porções mais baixas da bacia do rio das Velhas, áreas que apresentam também uma menor quantidade de *knickpoints*.

O Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) indica a presença de valores mais elevados coincidentes, em geral, com o contato entre as rochas de diferentes resistências. No entanto, as áreas com maiores valores de ICR correspondem aos relevos das áreas de nascentes e entalhes mais efetivos das encostas, o que favorece o desenvolvimento de relevo mais acidentado e íngreme. Os maiores índices de ICR são encontrados acompanhando as bordas internas da Serra do Itabirito voltadas para o vale do Rio das Velhas e na porção nordeste do município, e nos domínios do Sinclinal Gandarela. Outra observação refere-se aos valores mais baixos do ICR, que correspondem às porções mais baixas do vale do rio das Velhas. Também são observados valores menos elevados do ICR na região onde se concentram as voçorocas em vertentes com declividades mais suaves, submetidas ao intenso uso da terra, com possíveis efeitos nos níveis de base dos rios e na perda da cobertura vegetal, levando à intensificação desse tipo de erosão acelerada.

A variável: Processos Erosivos Acelerados (voçorocamento) foi considerada devido à alta concentração deste processo geomorfológico no município, sobretudo na porção sul, próximo ao distrito de São Gonçalo do Bação. Silva (2007) atribui essa aglomeração à presença de um ambiente morfologicamente instável, com diferentes tamanhos e formatos, nos terrenos sustentados por granito-gnaisse. Na região de estudo,

esta área possui ocupações esparsas, mas se encontra em processo de expansão, que caso não houver uma intervenção por parte do poder público no manejo de uso e ocupação destas áreas, as edificações já instaladas estão suscetíveis a riscos.

4. Discussão dos resultados

O esquema lógico foi elaborado através da soma dos valores atribuídos a cada variável, conforme pode ser observado nas tabelas 1, 2 e 3. Foram integradas as variáveis Índice de Hack com Índice de Concentração da Rugosidade (Tabela I) e Geomorfologia com Geologia/Geotecnia (Tabela II). Salienta-se que os valores indicados nas tabelas 1 e 2 não possuem relação, ou seja, não são quantitativos, nem possuem valor de julgamento, e sim valores atribuídos apenas para permitirem a separação dos componentes de legenda das respectivas variáveis, tendo a função de as tornarem seletivas ou nominais. Como exemplo, para os componentes de legenda do Índice de Hack que varia de muito baixo para muito alto, foram atribuídos valores que possuem a função apenas de tornar cada um seletivo; assim como para os componentes de legenda do Índice de Rugosidade, Geomorfologia e Geologia/Geotecnia.

Tabela I – Integração das variáveis: Índice de Concentração da Rugosidade e Índice de Hack.

			Índice de Concentração da Rugosidade				
			Muito baixo 615	Baixo 622	Médio 629	Alto 636	Muito Alto 742
Índice de Hack	Muito baixo	310	925	932	939	946	1052
	Baixo	320	935	942	949	956	1062
	Médio	330	945	952	959	966	1072
	Alto	340	955	962	969	976	1082
	Muito Alto	350	965	972	979	986	1092

Legenda: vermelho=muito ruim; laranja=ruim; amarelo=médio; verde claro=bom; verde escuro=muito bom.

Tabela II – Integração das variáveis: Geomorfologia e Geologia/Geotecnia

			Geomorfologia				
			Muito baixo 201	Baixo 202	Médio 203	Alto 204	Muito Alto 205
Geologia/Geotecnia	Muito baixo	35	236	237	238	239	240
	Baixo	45	246	247	248	249	250
	Médio	55	256	257	258	259	260
	Alto	65	266	267	268	269	270
	Muito Alto	75	276	277	278	279	280

Legenda: vermelho=muito ruim; laranja=ruim; amarelo=médio; verde claro=bom; verde escuro=muito bom.

Através das duas primeiras integrações: Índice de Hack com Índice de Concentração da Rugosidade (Tabela 1) e Geomorfologia com Geologia/Geotecnia (Tabela 2) foram obtidos os primeiros resultados da análise, que serviram de base para o resultado final. A partir do produto das duas integrações foi realizada uma nova integração, dessa vez com a variável Processos de Erosão Acelerada (voçorocamento). Esta foi considerada separadamente, devido à grande concentração deste processo no município. O resultado final pode ser analisado na figura 7. No mapa gerado por essa técnica (Figura 6), os melhores locais correspondem a unidade geológica Complexo do Bação (que ocupa a área central do município), embora na porção sul, onde se concentram as voçorocas, alguns locais tenham resultado em baixo potencial devido justamente a ocorrência deste processo.

Dentre as áreas que apresentaram baixo potencial, destacam-se às áreas de serras, mais precisamente o sinclinal Moeda e o sinclinal Gandarela, por serem áreas com alto índice de rugosidade bem como apresentarem grande concentração de nascentes.

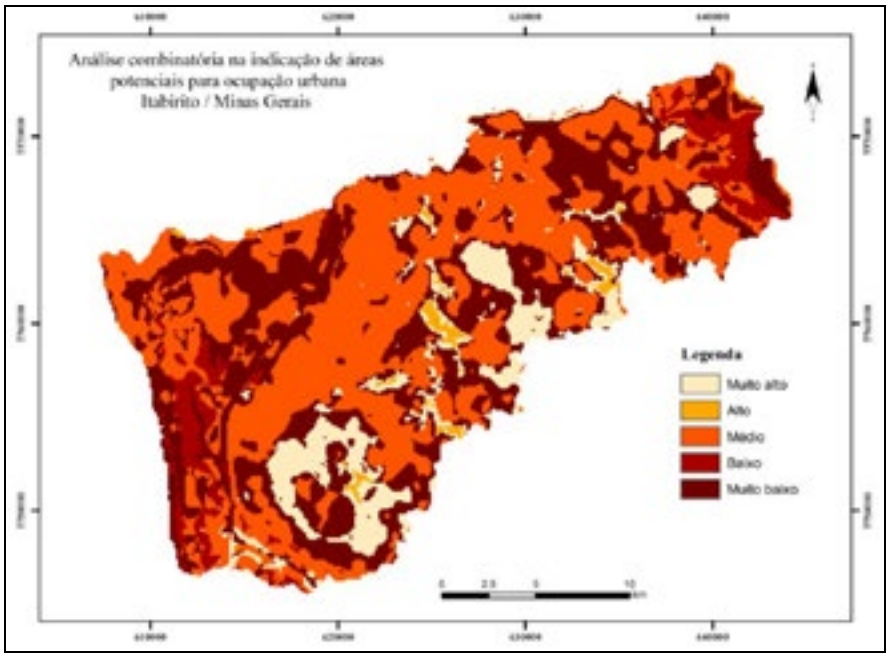


Figura 6 – Mapa resultante da Análise Combinatória na indicação de áreas potenciais para ocupação urbana.

Também com baixos potenciais de uso destaca-se a Unidade Nível Intermediários de Topos achatados, que contam com baixa densidade de drenagem e também são áreas de nascentes. São áreas que podem, em função da localização geomorfológica abaixo Superfícies Residuais Elevadas, serem consideradas de potencial

de risco, em função de deslocamentos de blocos de cangas. Também são áreas com concentração de atividades minerarias inadequadas, portando, para expansão urbana.

5. CONCLUSÃO

O mapa resultante da aplicação da técnica representa de maneira integrada os potencias de usos dos diferentes componentes da paisagem, tendo como base a compreensão de que as formas de relevo congregam em si vários aspectos importantes do meio ambiente, pois influenciam e condicionam:

O escoamento/infiltração da água de chuva com efeitos sobre: o potencial erosivo nas vertentes (BARBOSA & AUGUSTIN, 2000); 2) A estabilidade/instabilidade das encostas e suas respostas sob forma de movimentos de massa, mesmo em maciços rochosos (MORISAWA et al., 1994); 3) O transporte/assoreamento dos canais fluviais, influenciando também na ocorrência de enchentes e inundações; 4) O nível freático, que tende a acompanhar o relevo; 5) O desenvolvimento das geocoberturas, entendidas aqui como todo o material presente na vertente, da superfície à rocha sã, incluindo o solo pedológico e, dessa maneira, na cobertura vegetal, afetando tanto os ecossistemas (QUEIROZ NETO, 1989), como o potencial de ocupação urbana .

O conhecimento das características e da dinâmica do meio ambiente de uma área, ou seja, dos processos e dos agentes modeladores da paisagem, é imprescindível para fundamentar planos que visem ordenar a ocupação da terra, e evitar a ocupação em locais inadequados e potenciais para formação de áreas de risco, que posteriormente se transformam em um desafio para a gestão das cidades, uma vez que se tornam áreas consolidadas.

Através do levantamento de dados e a produção das variáveis utilizadas na técnica de Análise Combinatória pode-se afirmar que no processo de planejamento das cidades, faz-se necessário um conhecimento sobre as variáveis geomorfológicas e ligadas ao meio físico. Este conhecimento permite traçar prognósticos de situações de risco tais como áreas suscetíveis à inundação, escorregamentos, deslizamentos, dentre outros. Desta maneira a necessidade de conhecimento do território é fundamental para que o município possa melhor explorar seu uso e ocupação do solo a fim de gerar melhorias para a população e planejar de forma mais adequada a partir do conhecimento em função do local geográfico a qual está inserido.

6. Referências Bibliográficas

- AUGUSTIN, C.H.R.R.; LOPES, M.R.S.; SILVA, S.M. Lateritas: um conceito ainda em construção. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, vol.14, n.3, 241-257, 2013.
- BATHRELLOS, G.D.I. An overview in urban geology and urban geomorphology. Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXX, In: **Proceedings of the 11th International Congress**, Athens, 2007.
- BRUNSDEN, D.; THORNES, J.B. Landscape sensitivity and change. **Transactions of the Institute of British Geographers***,* NS 4, 463–84, 1979.
- CARVALHO, A.F., CURI, N., SHINZATO, E. Relações solo-paisagem no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.45, n.8, 903-916, 2010.
- FONSECA, B.M; AUGUSTIN, C.H.R.R. Use of GIS to calculate Hack Index as a basis for comparative geomorphologic analysis between two drainage basins: a case study from SE-Brazil. In: International Geographic Union Regional Geographic Conference - UGI 2011, Santiago. **Resumos...** Santiago: Military Geographic Institute of Chile (IGM), vol. 1, 1-12, 2011.
- HACK, J.T. Studies of longitudinal stream profiles in Virginia and Maryland. U.S. **Geol. Survey, Profissional Paper**, 294, 45-97, 1957.
- IBGE: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) 2017. Disponível em: Acesso em: 2018.
- MORISAWA, M. (Eds.). Geomorphology and Natural Hazards. **Proceedings of the 25th Binghamton Symposium in Geomorphology**, Binghamton, USA. Elsevier. 355p. 1994.
- PARIZZI, M.G.; MOURA, A.C.M.; MEMÓRIA, E.; MAGALHÃES, D.M. Mapa de Unidades Geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte. In: **13 Congresso de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 2011, São Paulo 2011.
- QUEIROZ, N.J.P. Vegetação fator de proteção do solo. In: Encontro Nacional de Estudos do Meio Ambiente, 1989, Santa Catarina. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 267 – 277, 1989.
- ROCHA, N.A., CASAGRANDE, P., MOURA, A.C.M. Análise Combinatória e Pesos de Evidencia na produção de Análise de Multicritérios em Modelos de Avaliação. **GeoSIG Revista Geografía y Sistemas de Información Geográfica**, 2018.
- ROSIÈRE, C. A. & CHEMALE, F. Jr. Textural and structural aspects of iron ores from Iron Quadrangle, Brazil. In Pagel, M. & Leroy, J. L. (eds.). **Source, Transport and Deposition of Metals, Amsterdam**, Balkema, 485 – 488, 1991.
- SALAMUNI, S., NASCIMENTO, E. R.; SILVA, P. A. H.; QUEIROZ, G. L.; SILVA; G. da; Knickpoint Finder: ferramenta para busca de geosítios de relevante interesse para o geoturismo. **Boletim Paranaense de Geociências**, v.70, 200-208, 2013.
- SAMPAIO, T.V.M.; AUGUSTIN, C.H.R.R**.** Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.1, 47-60, 2014.
- SILVA, R.F. **A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia.** Dissertação de Mestrado. 2007. 144 f. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Departamento de Geografia, Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- VERSTAPPEN, H.TH. Applied geomorphology: geomorphological surveys for environmental development, Elsevier, Amsterdam, 1983.
- YOUNG, A. Slopes. Clayton, K. (Ed.). London: Longman. 288p. 1972.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA CONTINUIDADE TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DE UBERLÂNDIA/MG, SÉRIE HISTÓRICA DE 1981 A 2015, UTILIZANDO-SE DE TÉCNICA GEOESTATÍSTICA

Luiz Antônio de Oliveira [(a)], Eduardo Petrucci [(b)]

[(a)] Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, luiz_ao@msn.com
[(b)] Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, eduardo11sp@hotmail.com

Eixo 9 - Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Com a geoestatística, pode-se conhecer e mensurar relacões entre dados em pontos contínuos no espaço e no tempo, revelando o grau de dependência ou continuidade entre eles. Assim, alinhando-se a temática proposta, o objetivo deste trabalho é analisar a continuidade temporal da precipitação na cidade de Uberlândia/MG, período de 1981-2015. Foram utilizados dados mensais de precipitação, estação convencional da Universidade Federal de Uberlândia, série histórica 1981–2015. O processamento geoestatístico foi feito no software SGEMs. No variograma, os parâmetros de melhor ajuste aos dados foram: distância h = 2; nugget = 35.000; sill = 23.000; modelo esférico; alcance de 9 anos; média = 1.466; variância = 51.377. Na validação, pelo método da validação cruzada, a média dos dados foi 1.512, variância de 29.916, com mínimo de 1.173 e máximo de 1.864. Os erros variaram de 425 a –727, com média de 7,4, variância de 74.592 e desvio padrão de 273.

Palavras chave: Precipitação; Continuidade Temporal; Uberlândia/MG; Geoestatística; SGEMs.

1. Introdução

A maioria dos fenômenos ambientais, incluindo a precipitação, apresenta certo grau de dependência espacial, desta forma a geoestatística ou teoria das variáveis regionalizadas é uma alternativa na análise amostral, pois permite estimar a distância de dependência entre as amostras. De acordo com Baú et. al. (2006) e Caram (2007), em geoestatística há uma certa similaridade de valores entre os vizinhos mais próximos seja no tempo ou no espaço.

A estatística espacial é uma subárea da estatística que considera o atributo espacial associado ao dado, onde, cada ponto ou dado possui um posicionamento com coordenada x e y definida. Assim, a análise espacial de dados vai mensurar

propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo. As operações matemáticas na análise espacial conduzem a modelos inferenciais que consideram o relacionamento espacial ou temporal do fenômeno.

A partir da análise é possível obter informações que permitem identificar a existência de observações atípicas (por exemplo, dados extremos) e ou padrões na distribuição espacial, permitindo a otimização de parâmetros que melhor descrevem o modelo de ajuste e explicar o fenômeno estudado. De acordo com Câmara et. al. (2002), os tipos de dados em análise espacial representam superfícies contínuas que são estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, que podem estar regularmente ou irregularmente distribuídas. Sobre a mesma temática, Yamamoto e Landim (2013) descrevem que a aplicação da Geoestatística visa à caracterização espacial de uma variável de interesse por meio do estudo de sua distribuição e variabilidade espaciais, com determinação das incertezas associadas.

Em modelos estatísticos, cada posição desprovida de valor ou teor na superfície, os valores pontuais podem ser estimados a partir de técnicas de interpolação entre as amostras mais próximas, utilizando um estimador estatístico (MATHERON, 1963; 1971) como a krigagem, por exemplo. Praticamente qualquer questão que envolva a distribuição de alguma variável em uma, duas ou três dimensões, pode ser resolvida utilizando a krigagem (CLARK, 1979). Ainda de acordo com a autora, a principal vantagem deste interpolador estatístico em relação aos demais métodos interpoladores, é a de produzir o menor erro na estimativa do valor desconhecido de qualquer ponto em um espaço com dimensões x, y, z. Esta técnica de geoestatística pode ser usada sempre que uma medida contínua é feita em uma amostra variável no tempo ou no espaço, ou seja, onde se espera que o valor da amostra seja afetado por relações de posição e de vizinhança.

Mesmo diante da viabilidade da técnica do método, vale lembrar que para êxito na análise, o pesquisador tem que ter conhecimento do fenômeno analisado e, assim,

decidir se o resultado matemático da modelagem condiz com o comportamento em campo do que está sendo analisado. Diante disso, é objetivado analisar a continuidade temporal da precipitação na cidade de Uberlândia/MG, no período de 1981 a 2015, por meio de software SGEMs, utilizando o método geoestatístico Krigagem para a construção da modelagem espacial do fenômeno.

2. Materiais e Métodos

Foram utilizados dados mensais de precipitação, provenientes do Banco de Dados Metrológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação convencional Uberlândia/MG (código 83527), período de 1981 a 2015. Salienta-se que devido à ocorrência de falhas de dados na série histórica, foram excluídos os anos de 1984, 1986, 1987, 1988, 1989 e 1990. A organização e tabulação dos dados foram feitas em planilha eletrônica do Microsoft Excel, a estatística descritiva foi feita no Software IBM-SPSS statistics e, o tratamento geoestatístico (variogramas, krigagem e validação de modelos) foi realizado no Software de Modelagem Geoestatística da Universidade de Stanford - SGEMs.

Quando do tratamento geoestatístico, para a avaliação da continuidade espacial do fenômeno foi utilizada a ferramenta do variograma experimental, ajuste dos modelos. Em relação à análise de validação dos modelos gerados, foi utilizado o método de validação cruzada. Na técnica de validação cruzada, o sistema remove individualmente cada valor observado de amostra (um por vez) da grade e o calcula novamente a partir dos valores remanescentes, sendo adotada a média dos vizinhos mais próximos. Vale ressaltar que as técnicas de validação de modelo aqui utilizadas permitem apenas uma análise qualitativa, com significância apenas na comparação dos resultados dos modelos.

A base de processamento variográfico considera as distâncias (espacial ou temporal) entre as amostras e, no caso específico da dimensão espacial, ainda se considera a orientação. A diferença do atributo entre duas amostras é definida por h,

em termos estatísticos a distribuição das diferenças necessita-se apenas de *h*. Então é descrita a diferença média de determinada variável como *m (h)* e a variância destas diferenças como *2 γ(h)*. Deste modo, contendo um conjunto de pares de amostradas para determinado *h*, calcula-se um valor experimental para *m (h)* (CLARK, 1979), ver equação 1:

$$m^*(h) = \frac{1}{n}\sum[g(x) - g(x+h)] \qquad \text{(Equação 1)}$$

Em que: $m^*(h)$ é a diferença média da variável; g determina a variável; x indica a posição de uma amostra no par; $x + h$ define a posição da outra amostra; e n é o número de pares que temos.

Quando se representa o gráfico de *γ(h)* inversamente ao valor de h, denomina-se como semivariograma, encontrando a estimativa do valor da variância para os diferentes pares amostrais, sendo assim possível analisar o grau de dependência espacial da variável analisada além de definir os parâmetros necessários para estimar suas características em locais não amostrados. Considerando que o m*(h) representa a diferença média da variável entre um par de amostras, tem-se que se m*(h) for zero, indica que não haverá diferenças entre a variável e as distâncias, sendo assim, não se deve encontrar tendências dentro área de h. Uma vez descartado o m*(h), deve-se retornar para a variação das diferenças, denominado como 2 γ(h) e conhecido como variograma, sendo que irá variar com a distância e direção de h. Esta hipótese sem tendência é calculada pela equação 2, de acordo com Clark (1979):

$$2\gamma^*(h) = \frac{1}{n}\sum[g(x) - g(x+h)]^2 \qquad \text{(Equação 2)}$$

Em que: $2\gamma^*(h)$ é a função do variograma, nota-se que o "2" denota que o variograma é o dobro da quantidade do semivariograma, e o "*" significa que se trata de um variograma experimental (CLARK, 1979).

Exemplificando, onde o h é igual a zero, sabe-se que duas amostras localizadas na mesma posição, a diferença entre os valores das mesmas deve ser igual a zero, sendo que γ e γ^* devem obrigatoriamente passar pela origem do gráfico, e conforme estas amostras se afastem, espera-se certa diferença entre os valores que aumenta a proporção que as amostras se distanciem. Ainda exemplificando, quando de uma distância muito grande, os valores da amostra tornar-se-iam independentes entre elas, demonstrando a forma ideal do semivariograma e, está condiz com a distribuição normal para a estatística.

A semivariância cresce conforme a distância entre as amostras aumenta, atingindo o patamar (*sill)*, se estabilizando, sendo este patamar obrigatoriamente igual à variância amostral. A distância em que o semivariograma alcança o patamar é denominado como alcance (*range)*, representando o grau de dependência da variável. Dentro desta perspectiva existem três modelos principais de semivariogramas com patamar: esférico, exponencial e gaussiano. Para esse trabalho, o modelo esférico foi o que apresentou melhor ajuste variográfico.

No semivariograma esférico, o range de influência de uma amostra ou "*a"* é o ponto a partir do qual as amostras se tornam independes. O valor de γ, em que os níveis do gráfico são representados por C, chama-se de *sill* do semivariograma. Segundo Clark (1979), o modelo esférico é expresso pela equação, de acordo com o valor de h em função de a:

$$\gamma(h) = C\left(\frac{3h}{2a} - \frac{1h^3}{2a^3}\right), \qquad \text{onde } h = a \qquad \text{(Equação 3)}$$

$$\gamma(h) = C, \qquad \text{onde } h \geq a \qquad \text{(Equação 4)}$$

$$\gamma(h) = C_0 + C\left[\frac{3}{2}\left(\frac{h}{a}\right) - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{a}\right)^3\right], \qquad \text{onde } 0 \leq h \leq a \qquad \text{(Equação 5)}$$

3. Resultados e discussões

A cidade de Uberlândia/MG, localizada na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba a sudoeste do estado de Minas Gerais, possui tipo climático Aw, que é característico de climas tropicais, recebe grande quantidade de energia o ano todo, considerados megatérmicos, caracterizando verão com elevadas temperaturas e chuvoso e, inverno com temperaturas amenas e seco (PETRUCCI, 2017). Síntese dos valores médios de temperatura e totais de precipitação para a cidade de Uberlândia/MG pode ser conferido por meio da tabela I e figura I.

Tabela I - Temperatura e precipitação média de Uberlândia-MG de 1981-2015

Médias mensais de Precipitação e Temperatura de Uberlândia/MG (1981-2015)		
Meses	Precip. (mm)	Temp. (°C)
Jan	309	23,7
Fev	187	23,9
Mar	210	23,6
Abr	88	23,1
Mai	41	20,9
Jun	17	19,9
Jul	11	20,0
Ago	10	21,8
Set	43	23,4
Out	105	24,2
Nov	192	23,7
Dez	292	23,5
Média	**1507 mm**	**22,6°C**

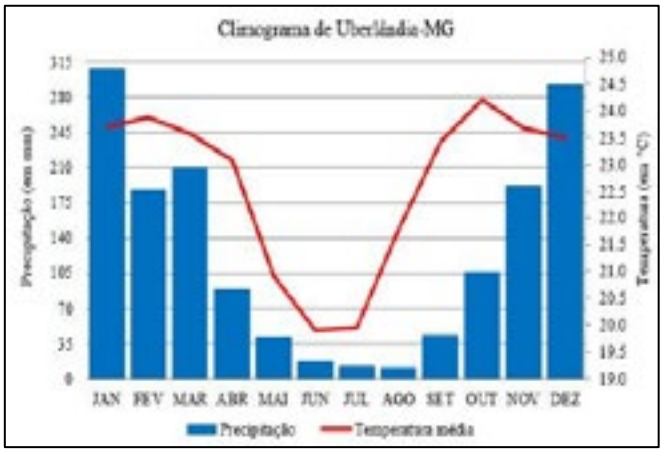


Figura 1 - Climograma da cidade de Uberlândia-MG, série histórica de 1981 a 2015
Fonte: Petrucci (2017)

De acordo com a tabela I e a figura 1, observam-se dois períodos bem pronunciados, o primeiro é o período chuvoso, que a precipitação é concentrada no período de outubro a abril, com pico no mês de janeiro, coincidindo com os maiores valores de temperatura média; e, o segundo é o período de estiagem, que se estende dos meses de maio a setembro, com vale nos meses de julho e agosto, apresentando temperaturas amenas. A precipitação média anual para a cidade de Uberlândia-MG é de 1.507 mm e a temperatura média anual da cidade é de 22,6 °C (PETRUCCI, 2017).

3.1 Estatísticas descritivas

A tabela II apresenta sumário da estatística exploratória dos dados das médias dos totais anuais de precipitação.

Tabela II - Estatística descritiva e percentis dos totais de precipitação anual

Estatísticas sobre a precipitação anual de Uberlândia/MG – 1981 a 2015									
n°	**Mínimo**	**Média**	**Máximo**	**Range**	**Desv. Padrão**	**Mediana**	**Variância**	**Skewness**	**Curtose**
29	910	1505	1959	1049	245	1498	62.006	0,020	0,270
PERCENTIS									
5		**10**		**25**	**50**	**75**		**90**	**95**
1050		1204		1296	1498	1649		1952	1959

A amostra possui 29 dados de precipitação (médias dos totais anuais), onde os valores variam de 910 a 1.959 mm, com média de 1.505 mm, desvio padrão de 245 e variância de 60.006. O coeficiente de Skewness, com valor muito próximo a zero, indica assimetria positiva, porém, muito próximo de uma distribuição normal. A curtose, com valor positivo, leptocúrtica, indica que a forma da distribuição é mais alta e concentrada que a distribuição normal, ver figura 2. O resultado do teste Kolmogorov-Smirnov (d = 0,72, p > 0,05, df = 28) indicam que os dados possuem distribuição normal. A tabela III apresenta sumário da estatística exploratória dos dados totais anuais do período chuvoso.

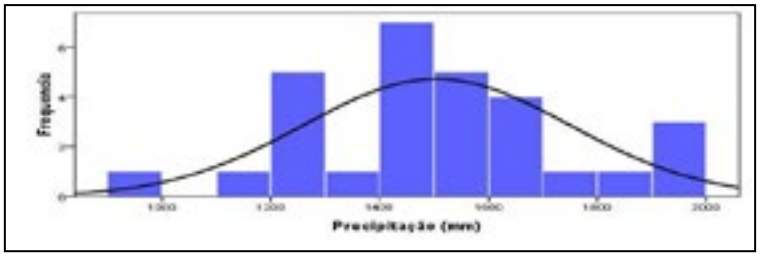


Figura 2 – Histograma dos dados de precipitação (totais anuais – médias)

Tabela III - Estatística descritiva (médias dos totais anuais do período chuvoso)

Estatísticas sobre a precipitação no período chuvoso de Uberlândia/MG – 1981 a 2015									
n°	**Mínimo**	**Média**	**Máximo**	**Range**	**Desv. Padrão**	**Mediana**	**Variância**	**Skewness**	**Curtose**
29	744	1387	1764	1020	249	1402	62.109	-0,479	0,079
PERCENTIS									
5		**10**		**25**	**50**	**75**		**90**	**95**
882		1044		1202	1402	1568		1739	1764

Os valores de precipitação variam de 910 a 1.959 mm, com média de 1.487 mm, desvio padrão de 259 e variância de 62.109. O coeficiente de assimetria de Skewness com valor negativo indica distribuição assimétrica à esquerda com predomínio de valores abaixo da média, enquanto que o valor positivo de curtose, leptocúrtica, indica forma de curva mais alta e afunilada que a distribuição normal, ver figura 3. Teste de confiabilidade da média dos dados, com intervalo de 95% está sumariada na tabela IV. O teste de Kolmogorov-Smirnov com estatística de (d = 0,095, p > 0,05, df = 28) indica distribuição normal.

Tabela IV - Teste de confiabilidade da média dos dados, com intervalo de 95%

Intervalo de confiança de 95% para a média	
Média	1387
Limite inferior	1292
Limite superior	1481

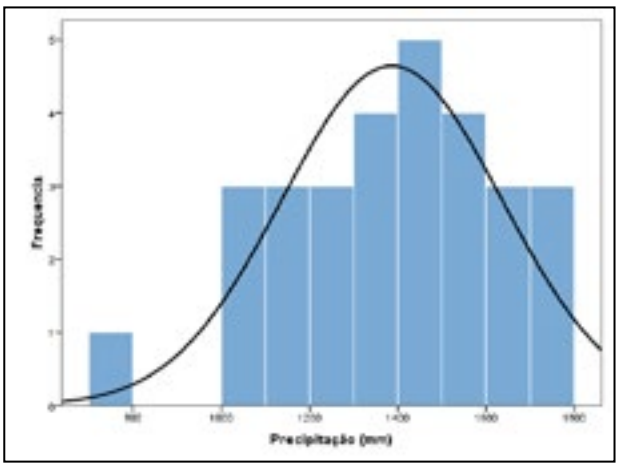


Figura 3 – Histograma dos dados de precipitação total anual

3.3 Geoestatística

3.3.1. Totais anuais de precipitação

O variograma experimental com o melhor ajuste para os dados dos totais anuais de precipitação foi o modelo esférico, configurado com os seguintes parâmetros: h = 2 com tolerância 1; média = 1466; variância = 51.377; nugget = 35.000; sill = 23.000 e alcance do variograma em 9 anos, ver gráfico do variograma experimental otimizado na figura 4.

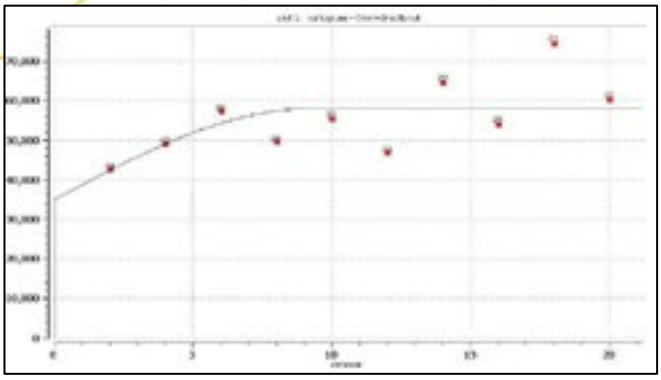


Figura 4 – Ajuste do variograma experimental otimizado para os dados de precipitação total anual (eixo y = variância; eixo x = distância temporal em anos)

Para validação cruzada dos dados, os parâmetros ficaram assim configurados: Krigagem ordinária*;* Elipsoide de busca com um mínimo de 1 e o máximo de 3 amostras; No alcance da busca o tempo foi o de 9 anos, sendo o mesmo do alcance do variograma; Os parâmetros variográficos foram configurados com os mesmos valores otimizados no variograma experimental (nugget = 35000; sill = 23000). Os valores validados, o erro de estimativa correspondente à diferença entre o valor validado e o valor observado, estão sumariado na tabela V.

Tabela V – Síntese contendo o ano, valor observado, valor calculado e o erro de estimativa

Ano	Observado	Validado	Erro	Ano	Observado	Validado	Erro
1981	1504	1864	360	**2002**	1449	1447	-2
1982	1958	1680	-278	**2003**	1654	1417	-237
1983	1952	1690	-262	**2004**	1553	1503	-50
1985	1569	1835	266	**2005**	1410	1682	272
1991	1693	1596	-97	**2006**	1815	1504	-311
1992	1731	1571	-160	**2007**	1498	1655	157
1993	1519	1605	86	**2008**	1643	1566	-77
1994	1464	1609	145	**2009**	1446	1456	10
1995	1600	1411	-189	**2010**	1261	1440	179
1996	1287	1568	281	**2011**	1408	1394	-14
1997	1614	1264	-350	**2012**	1472	1321	-151
1998	1204	1605	401	**2013**	1287	1238	-49
1999	1304	1608	304	**2014**	910	1335	425
2000	1959	1232	-727	**2015**	1279	1173	-106
2001	1190	1581	391				

Os valores validados tiveram média de 1512 mm e variância de 29916, com mínimo de 1173 e máximo de 1864 mm, mediana de 1566 e desvio padrão de 173. Os

erros variaram de 425 a –727, com média de 7,4, variância de 74592 e desvio padrão de 273.

3.3.2 Totais do período chuvoso

O variograma experimental com o melhor ajuste para os dados dos totais do período chuvoso foi configurado com os seguintes parâmetros: $h_{(tempo)}$ = 2 anos com tolerância de 1 ano; modelo esférico; média = 1.349; variância = 58.724; nugget effect = 30.000; sill = 29.000 e alcance do variograma em 6 anos, ver gráfico do variograma experimental otimizado na figura 5.

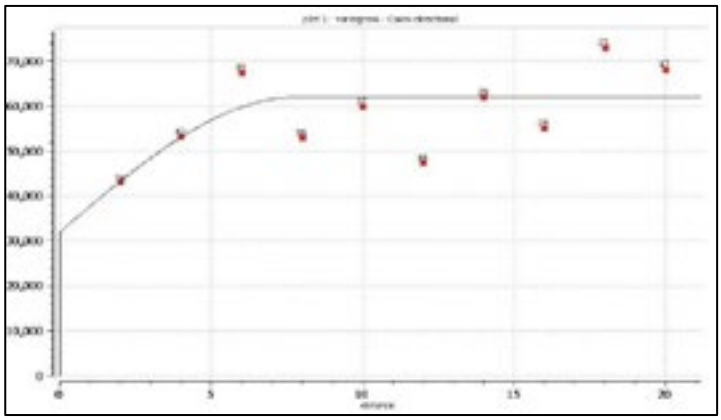


Figura 5 – Ajuste do variograma experimental otimizado para os dados de total período chuvoso (eixo y = variância; eixo x = distância temporal em anos)

Para validação cruzada dos dados, os parâmetros ficaram assim configurados: Krigagem ordinária*;* Elipsoide de busca com um mínimo de 1 e o máximo de 3 amostras; No alcance da busca o tempo foi o de 6 anos, sendo o mesmo do alcance do variograma; Os parâmetros variográficos foram configurados com os mesmos valores otimizados no variograma experimental (nugget = 30000; sill = 29000). Os valores validados encontram-se na tabela VI. O erro de estimativa corresponde à diferença entre o valor validado e o valor observado, cujo resultado encontra-se sumariada na tabela VI.

Tabela VI – Quadro síntese contendo o ano, valor observado, valor calculado e o erro de estimativa

Ano	Validado	Observado	Erro	Ano	Validado	Observado	Erro
1981	1711	1426	285	2002	1421	1371	50
1982	1568	1764	-196	2003	1333	1543	-210
1983	1595	1739	-144	2004	1486	1502	-16
1985	1671	1549	122	2005	1587	1268	319
1991	1507	1693	-186	2006	1395	1687	-292
1992	1533	1600	-67	2007	1538	1398	140
1993	1545	1443	102	2008	1409	1588	-179
1994	1494	1402	92	2009	1379	1239	140
1995	1321	1469	-148	2010	1314	1189	125
1996	1447	1123	324	2011	1260	1386	-126
1997	1181	1457	-276	2012	1214	1334	-120
1998	1454	1044	410	2013	1091	1083	8
1999	1439	1216	223	2014	1184	744	440
2000	1189	1763	-574	2015	984	1173	-189
2001	1573	1020	553	2015	984	1173	-189

Os valores validados tiveram média de 1408 mm e variância de 38149, com mínimo de 984 e máximo de 1711 mm, mediana de 1439 e desvio padrão de 195. Os erros variaram de -574 a 552, com média: 8,15; variância: 65591 e desvio padrão: 256.

3.3.3 Totais do período de estiagem

Os dados do período de estiagem mostraram-se fortemente assimétricos, inviabilizando tratamento geoestatístico, visto que uma das condições para tal tratamento é a estacionariedade dos dados.

3.4 Considerações Finais

De modo comparativo, os dados de precipitação, quando da sua distribuição temporal são mais erráticos que quando de sua variação espacial. Esta característica se expressa quando do tratamento geoestatístico, com erros mais significativos quando da validação do modelo referente a continuidade espacial de chuvas.

Na análise espacial de dados de precipitação, dentro de um mesmo domínio, verifica-se forte correlação entre os dados validados e os dados reais, possibilitando assim, a estimação de valores para pontos ou células desprovidas de dados. De modo

contrário, o mesmo não pode ser aplicado quando da análise temporal, onde há variância significativa devido a alternância anual dos totais pluviométricos.

As características comentadas acima foram verificadas neste trabalho, que apresentou fraca correlação entre os dados reais e os validados e variação dos dados nos erros foi maior de que aquela verificada nos dados validados.

4.5. Referências Bibliográficas

BAÚ, A. L. et. al. Comportamento espacial da precipitação pluvial mensal provável da Mesorregião Oeste do Estado do Paraná. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n .2, p. 150-168, abril-junho, 2006.

CARAM, R. O. **Reconstrução de séries e análise geoestatística da precipitação no Estado de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

CLARK, I. Practical Geoestatistic. **Trans-Atlantic Publications**, Inc. (December 1979). 129 p.

CÂMARA G; MONTEIRO A. M.; FUCKS S. D; CARVALHO M. S. Análise espacial e geoprocessamento. In: Druck S, Câmara G, Carvalho MS, Monteiro AMV, organizadores. **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA Cerrados; 2002. http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/.

MATHERON, G. Principles of geostatistics, **Economic Geology**, 1963, vol. 58, pp. 1246-66.

MATHERON, G. **The Theory of Regionalised Variables and its Applications**, 1971, Cahier No. 5, Centre de Morphologie Mathematique de Fontainebleau, Paris, França, 211 pp.

PETRUCCI, E. **Características do clima de Uberlândia-MG: análise da temperatura, precipitação e umidade relativa**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018, 245 p.

SILVA, A. F.; QUARTEZANI, W. Z.; ZIMBACK, C. R. L.; LANDIM, P. M. B. **Aplicação da geoestatística em Ciências Agrárias**. Botucatu: FEPAF, 2011, 136 p.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. Edição 1, Oficina de Textos: São Paulo, 2013, 215 p.

SIQUEIRA, H.R. de; ALVES, G.F.; GUIMARÃES, E.C. Comportamento da precipitação pluviométrica mensal do Estado de Minas Gerais: análise espacial e temporal. **Horizonte Científico**, v.1, p.1-21, 2007.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DA EXPANSÃO DAS ÁREAS DE EUCALIPTO NO ESTADO DO AMAPÁ

Gabriela Sousa Caric [(a)], Genival Fernandes Rocha[(b)] Eduardo Queiroz de Lima[(c)] Natalia Batista e Silva[(d)]

[(a)] DFCH, Universidade Federal do Amapá-UNIFAP, gabrielascaric@gmail.com

[(b)] DFCH, UNIFAP, genivalrocha@unifap.br

[(C)] DFCH, UNIFAP, eduqlima@unifap.br

[(d)] DFCH, UNIFAP, nataliabatista_silva@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O cultivo de Eucalipto demanda grandes áreas e recursos hídricos. A empresa Amapá Florestal e Celulose S.A (AMCEL), possui a maior área plantada de eucalipto no estado do Amapá, exerce suas atividades a mais de quarenta anos, nas áreas de formações de savanas amapense. Esta pesquisa tem como objetivo quantificar e analisar a expansão das áreas desse cultivo, A metodologia teve como base dados disponibilizadas pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO) no ano 2002 e imagens de sensoriamento remoto (satélite) Landsat (5 e 8) disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), para o processamento utilizou-se os programas Spring 5.5.5 de processamento digital de Imagens (PDI) e QGIS Sistemas de Informações Geográficas (SIG). com os resultados foi possivél delimitar novas áreas de expansão de eucalipto.

Palavras chave: Amapá, Eucalipto, expansão.

1. Introdução

O estado do Amapá, proporcionamente é considerado o mais preservado do Brasil, mantendo intacta quase a totalidade da vegetação natural, sendo que a floresta amazônica, cobre cerca de 90% do território. Localiza-se ao norte do Brasil, no platô das Guianas, e o seu território é de 142.828,521 km², o 18° estado brasileiro.(IBGE, 2018). Foi criado em 1943, elevando-se à categoria de estado federativo em 1988.

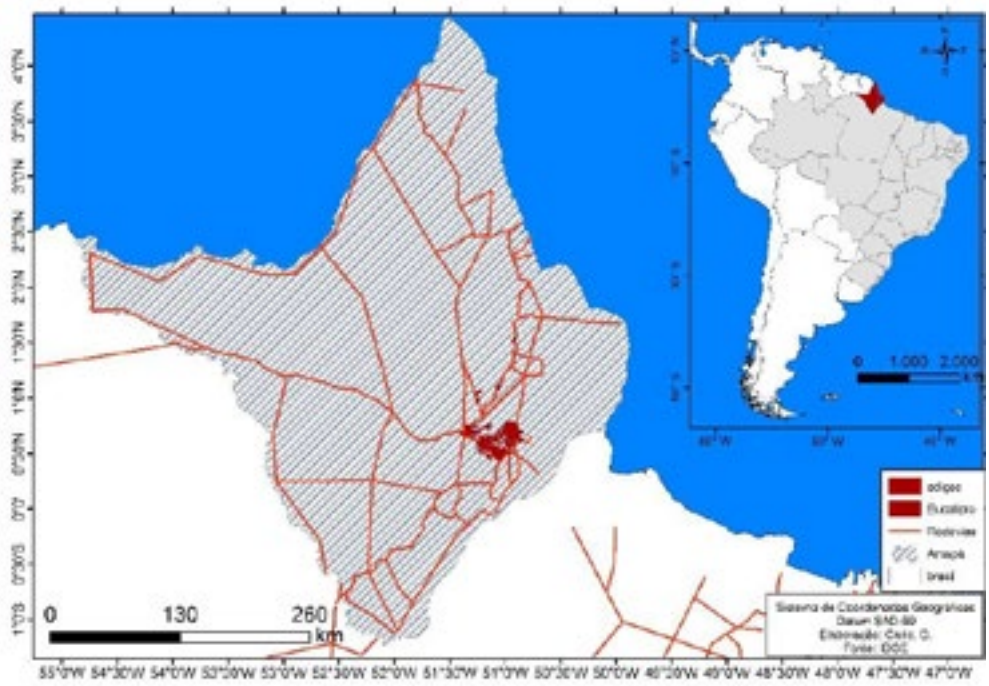


Figura 1. Mapa localização do Amapá

A cultura do eucalipto é praticada no Amapá pela empresa AMCEL- Amapá Florestal e Celulose S.A, desde 1977, empresa brasileira de manejo florestal, cujo objetivo é reflorestar, processar e exportar cavacos de eucaliptos. Atualmente, a empresa exerce suas atividades em sete municípios amapaenses: Santana, Macapá, Porto Grande, Ferreira Gomes, Itaubal do Piririm, Tartarugalzinho e Amapá. Nestes municipios são plantados clones de Eucalyptus grandís e Eucalyptus Urophylla (AMCEL, 2018). Este artigo tem como objetivo analisar as áreas ocupadas pela monocultura do eucalipto, delimitando, quantificando e localizando, através de dados de sensoriamento remoto.

2. Materiais e métodos

A área de estudo que foi delimitada como plantio de eucalipto e abrange cinco municípios do estado; Macapá, Porto grande, Ferreira gomes, Itaubal e Tartarugalzinho. A somatória das áreas destes municípios equivale à 19.227,99 km² (IBGE, 2018).

Esta é parte do ecossistema de savana do Amapá, conhecido regionalmente como Cerrado, sendo um bloco contínuo de vegetação savanítica e ecótonos, que apresenta, em seu interior, subsistemas diferenciados. (OLIVEIRA, 2009).

A região de estudo foi analisada levando em consideração a área de Eucalipto entre os anos de 2002 e 2018. Para este estudo foram usados dados bibliográficos, dados georreferenciados (vetoriais e matriciais) e foram produzidos mapeamentos da área de estudo.

A principal fonte para coleta foi, o site Instituto Nacional de pesquisas Espaciais (INPE), de onde foram adquiridas imagens de Landsat 5 (TM), órbita-ponto: 225-059 e 225-60 ambas do ano 2003, e 226-059 do ano 2004. As imagens foram analisadas na composição R-5, G-4, B-3, através programa Spring submetidas a georreferenciamento e classificação supervisionada. O software QGIS foi usado na etapa de classificação com o apoio da ferramenta Google Earth Pro, utilizada para comparar e validar os dados. Para isso estabelecemos características capazes de identificar as plantações de eucalipto, estas foram: cor da vegetação, forma simétrica do terreno (retangular), rugosidade das vegetações, áreas de plantações geralmente próximas das vias interurbanas que cortam todo o cerrado amapaense e facilitam o escoamento da matéria-prima e as estradas que interligam os lotes de plantação do eucalipto. Os dados obtidos para este resumo foram gerados dentro do laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto-GEOSEN, na universidade Federal do Amapá (UNIFAP).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao delimitar os novos latifúndios de plantios de eucaliptos observamos que o tamanho da área duplicou ao longo destes 15 anos, como é apresentado na figura 2.

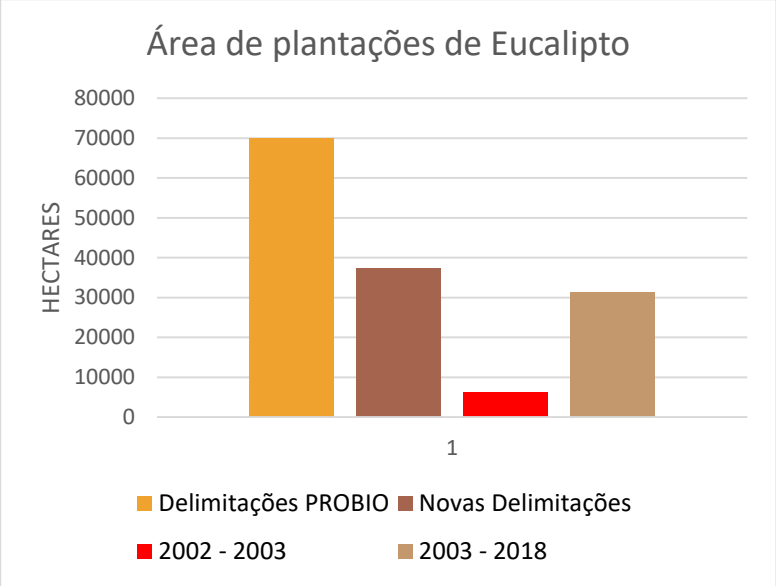


Figura 2 . Valores em hectares das áreas de eucalipto.

Identificamos que a partir de 2002 a AMCEL vem aumentando a produção da monocultura, essa expansão deu-se principalmente depois de 2004 quando a corporação substituiu os lotes plantados de Pinus spp por Eucalyptus spp. Até o ano de 2002 o PROBIO marcou aproximadamente 70 mil hectares de eucalipto no estado, a partir disso conseguimos identificar novas áreas de plantações que equivalem a 37.407,59 mil hectares de eucalipto na região do cerrado amapense. o mapa adiante (figura 3) apresenta estes municipios e os novos polígonos que caracterizam as novas extensões de plantação de eucalipto (área digitalizada em amarelo), em contraste com os dados que o PROBIO já tinha disponiblilizado das áreas de eucalipto.

Figura 3. Mapa da localização da produção de eucalipto.

4. Considerações finais

Dado o exposto, de 2002 até 2003 o crescimento foi equivalente há 6.238,61 mil hectares, de 2003 até 2018 a expansão corresponde a 31.168,90 mil hectares. O total das áreas que produzem eucalipto no Amapá corresponde à 107.508,83 mil hectares, área que se concentra em cinco municipios do estado, Macapá, Ferreira Gomes, Itaubal, Porto Grande, Tartarugalzinho.

Referências bibliográficas

AMCEL- Amapá Florestal e Celulose S.A. disponivel em: www.amcel.com.br; acesso: 01.out.2018.

IBGE. Municipio Amapá. Acesso em:13.out.2018. Disponível em:<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/macapa/panorama>

OLIVEIRA, C.P. Dissertação (mestrado) –Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical. MÉTODO DE AVALIAÇÃO POR MÚLTIPLOS CRITÉRIOS COMO APOIO AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL: APLICAÇÃO EXPERIMENTAL NO CERRADO CENTRAL DO AMAPÁ, BRASIL. Macapa- AP:2009.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DAS VERTENTES COM APOIO DE SIG E DE ÁRVORE DE DECISÃO: ESTUDO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IJUÍ,RS.

Rudimar Schuster Scheren [(a)], Luís Eduardo de Souza Robaina [(b)]

[(a)] POSGEA/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, rudimarscheren@yahoo.com.br

[(b)] POSGEA/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul / Universidade Federal de Santa Maria, lesrobaina@yahoo.com.br

Eixo: 9. Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente estudo realizado na bacia hidrográfica do rio Ijuí, localizada na região norte/noroeste do Rio Grande do Sul, teve o objetivo de classificar as unidades geomorfométricas por meio de técnicas de geoprocessamento associadas à análise digital do relevo, compartimentadas a partir do emprego de atributos topográficos obtidos de um MDE. Para tal classificação utilizou-se uma proposta de mapeamento geomorfométrico automatizado que é realizada através do3 cruzamento de informações e atributos topográficos, gerados por meio de um SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão. Foram empregadas quatro variáveis geomorfométricas: altimetria, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura que resultaram na definição de doze unidades de relevo.

Palavras chave: geomorfometria; atributos topográficos; unidades de relevo; bacia hidrográfica.

1. Introdução

O comportamento natural de uma bacia hidrográfica, está diretamente relacionado às características dos elementos que à compõem, e conforme SUERTEGARAY (2002), o relevo, sendo constituinte da paisagem geográfica, deve ser entendido como um recurso natural imprescindível para uma gestão ambiental adequada. Portanto, as formas de relevo constituem importante parâmetro para ser analisado para compreender o meio físico e planejar as atividades humanas.

Estudos de vertentes a partir de parâmetros morfométricos (baseando-se no comportamento de fluxos superficiais em vertentes) foram desenvolvidos por Troeh (1965) e Huggett(1975). Troeh (1965) apresentou a classificação de quatro principais tipos de vertentes: as coletoras de água, com plano de curvatura convergente e as distribuidoras de água, com plano de curvatura divergente. Sob o aspecto do perfil de curvatura, as vertentes convexas são as que facilitam o desenvolvimento do rastejamento e as côncavas, as que favorecem a lavagem pela água das chuvas. Huggett (1975) estabeleceu a combinação de formas de vertentes relacionando a curvatura vista em perfil e em plano, propondo nove padrões de vertentes. Nessas, os fluxos da água e a sua distribuição promovem diferenças na atuação dos processos superficiais.

O desenvolvimento de métodos de geoprocessamento e Sistema de Informações Geográficas (SIG) torna possível a representação da superfície terrestre na forma de modelos digitais numéricos, denominado também de Modelos Digitais do Terreno (MDT), os quais possibilitam a análise topográfica de uma zona de interesse, assim como o cálculo automatizado de uma série de variáveis relacionadas. Muitos pesquisadores aplicam geomorfometria como parâmetro para estabelecer a compartimentação fisiográfica de determinada área em análise. Para FLORENZANO (2008) a geomorfometria refere-se aos aspectos quantitativos do relevo, como as variáveis: altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura absoluta e relativa, inclinação, declividade, curvatura, orientação, densidade e frequência de suas formas. Nesta perspectiva, emergem os estudos no campo da geomorfometria, que analisa a superfície topográfica de forma quantitativa também conhecida como análise do terreno ou modelagem do terreno descritas de forma contínua por meio de equações e aplicadas aos MDT. (PIKE 2000).

Segundo VASCONCELOS *et al*, 2012, a geomorfometria obteve um desenvolvimento significativo com a profusão do uso de ferramentas como o Modelo Digital de Elevação (MDE) e de suas variáveis geomorfométricas que são usualmente processados em SIG. Neste contexto também são considerados os Elementos do Terrenos (ETs) e as

Formas de Terreno (FTs). As variáveis, que também podemos chamar de atributos de terreno, possuem níveis de generalização e aplicabilidade diferentes, devendo ser utilizados com propósitos específicos na estratificação da paisagem. Os atributos mais utilizados para a classificação consistem na altimetria e dos produtos provenientes de sua derivação, como declividade e as curvaturas.

A base do trabalho são os métodos de mapeamento geomorfométrico adaptado por SILVEIRA & SILVEIRA (2013) a partir da metodologia desenvolvida por IWAHASHI & PIKE (2007). Diversos autores apontam as vantagens da classificação digital do relevo (VALERIANO, 2003; IWAHASHI ; PIKE, 2007; WILSON, 2012; SILVEIRA et al., 2012, GUADAGNIN; TRENTIN, (2014); TRENTIN et al. 2015), sobretudo em função da minimização da subjetividade em relação aos método convencionais qualitativos, facilidade em comparação aos resultados e da redução do tempo de determinação de unidades.

A Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí (Figura 01), com área de 10.703,78 km², situa-se a norte-noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 27º56’37’’ a 29º4’45’’ de latitude Sul e 53º12’46’’ e 55º20’30’’ de longitude Oeste.

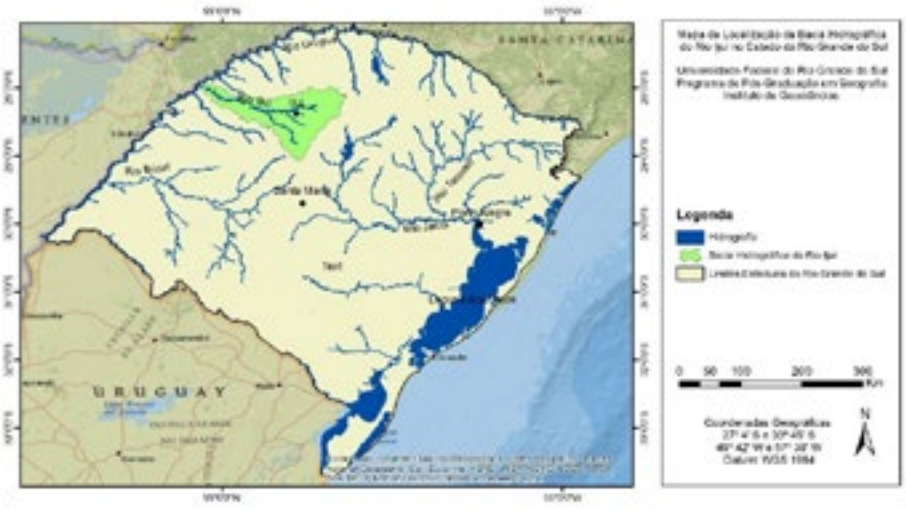


Figura 01- Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ijuí.

2. Metodologia

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foram utilizadas as técnicas de mapeamento geomorfométrico automatizado que aplica o cruzamento de informações e atributos topográficos gerados em SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão, baseada parâmetros pré-definidos.

Como atributos que caracterizam as vertentes foram considerados a altimetria, a declividade, o plano e o perfil de encosta. Estes parâmetros derivam de diferenças presentes nas vertentes que podem significar a inflexão entre o potencial de ocorrência de processos superficiais ou não, bem como o tipo de processo. Os parâmetros utilizados foram a altimetria, maior ou menor que a média da bacia, a declividade maior ou menor que 5%, o plano da encosta entre divergente e convergente e o perfil da encosta definido por côncavo ou convexo. O plano de curvatura da vertente corresponde à variação do gradiente de arqueamento na direção ortogonal da vertente (curvatura da superfície perpendicular à direção da inclinação) e refere-se ao caráter divergente/convergente do terreno, enquanto o perfil de curvatura é a taxa de variação do gradiente de arqueamento na direção de sua orientação (a curvatura da superfície no sentido do declive) e está relacionada ao caráter convexo/côncavo do terreno.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido a partir de imagens SRTM (2000), com 3 arc seconds (90 metros) de resolução, cujas informações são cruzadas aos dados TOPODATA (VALERIANO, 2005, 2008). A resolução foi adotada devido ao fato de a Bacia Hidrográfica do rio Ijuí ser muito ampla e algumas descontinuidades presentes na imagem da mesma fonte com resolução de 1 arc second (30 metros).

O polinômio empregado no cálculo das derivadas direcionais para a declividade foi de Horn (1981) e para o plano e perfil de curvatura foi de Zevenbergen e Thorne (1987). Os

dados foram cruzados utilizando o interpolador ANUDEM (HUTCHINSON 1989, 1996, 2008) do software ARCGIS 10.4 (ESRI, 2015).

As unidades foram diferenciadas e definidas utilizando uma árvore de decisão (Figura 02) cuja função é hierarquizar a partir das variedades geomorfométricas os atributos selecionados em suas diferentes possibilidades de relação mútua

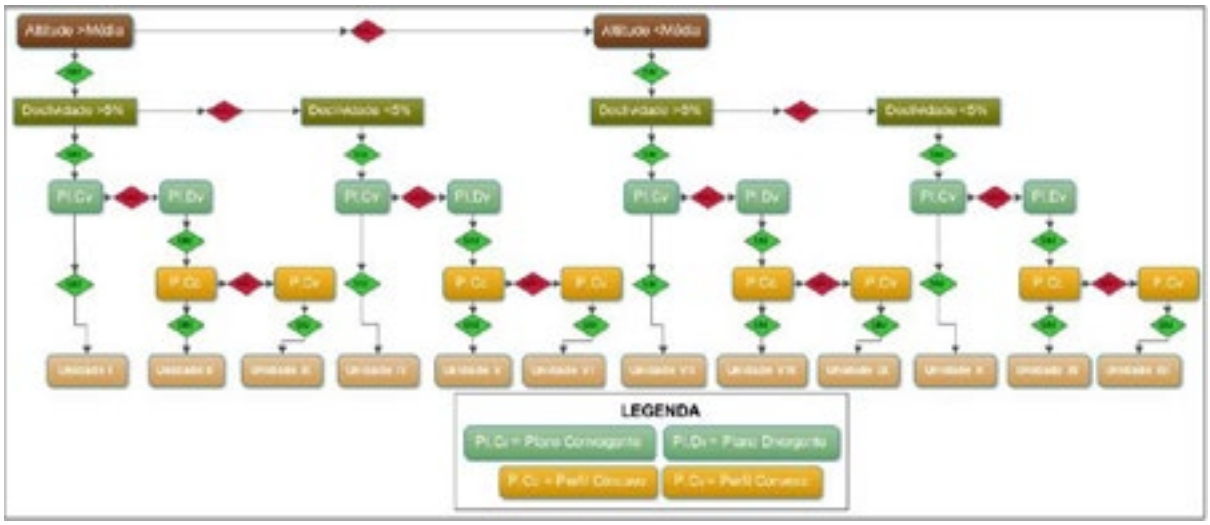


Figura 02: Fluxograma apresentando árvore de decisão utilizado para definição das unidades geomorfométricas.

Resultados

O rio Ijuí tem aproximadamente 300 km de extensão desde as nascentes de seus principais formadores no trecho mais a jusante da bacia, até sua foz no rio Uruguai. O padrão de drenagem é retangular-dendrítico devido ao controle do curso do rio ser dado pelas linhas de falhamentos e fraturas das rochas basálticas, e exorréico, com canal principal de 6ª ordem, em uma área total da bacia de 10.703,78 km². Os principais canais fluviais são os rios Caxambu, Potiribu, Conceição, Ijuizinho e Ijuí. O alto curso é a região concernente entre os divisores de água da bacia e a confluência dos canais de 4ª ordem, arroios Palmeiras e Alegre, que formam o Rio Ijuí. A partir desta confluência o canal principal passa a ser de 5ª ordem, no

trecho que define o médio curso da bacia, após o aporte das águas do rio Ijuizinho, o rio Ijuí se torna um canal de 6ª ordem no trecho correspondente ao baixo curso da bacia (Figura 03).

Figura da bacia hidrográfica

As vertentes da bacia do rio Ijuí foram divididas em 12 unidades, definidas pelos parâmetros de altitude media, declividade de 5% e no perfil e no plano de curvatura. As unidades de I a VI ocorrem no alto curso do rio Ijuí e as unidades VII a XII ocorrem no baixo curso da bacia, com espacialização apresentada nas figuras 04 e 05.

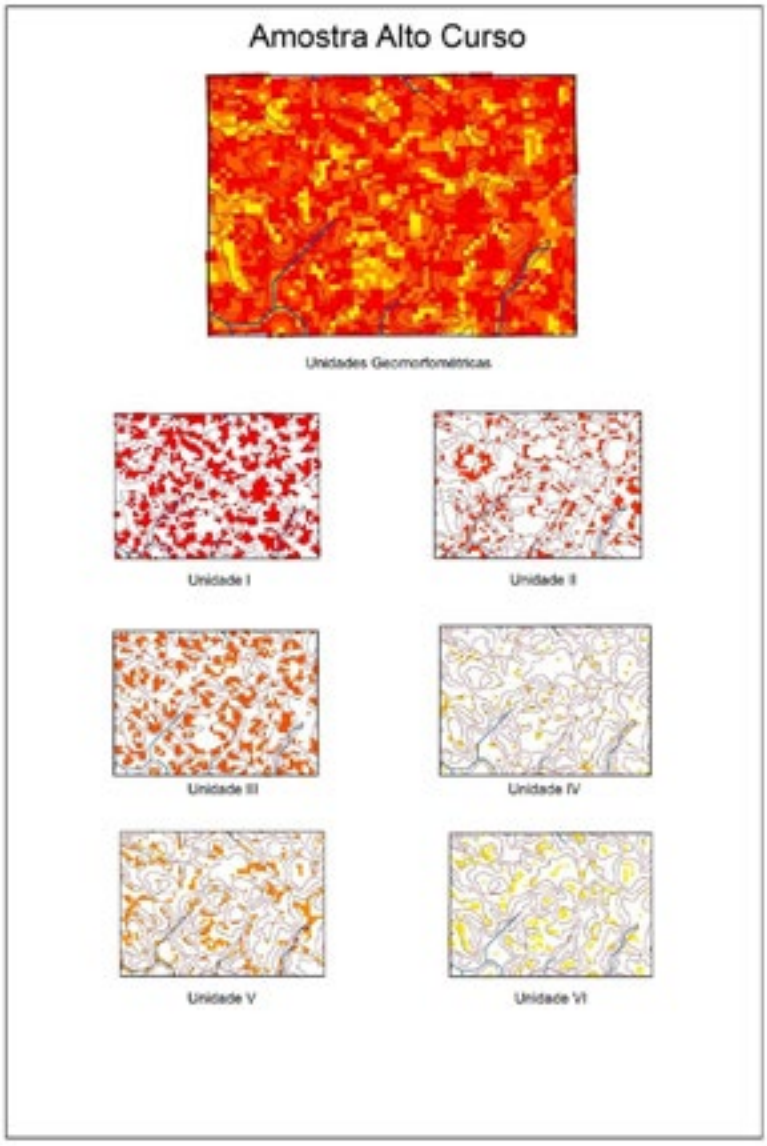


Figura 06: Amostra realizada no alto curso com o detalhe da ocorrência das unidades de I a VI.

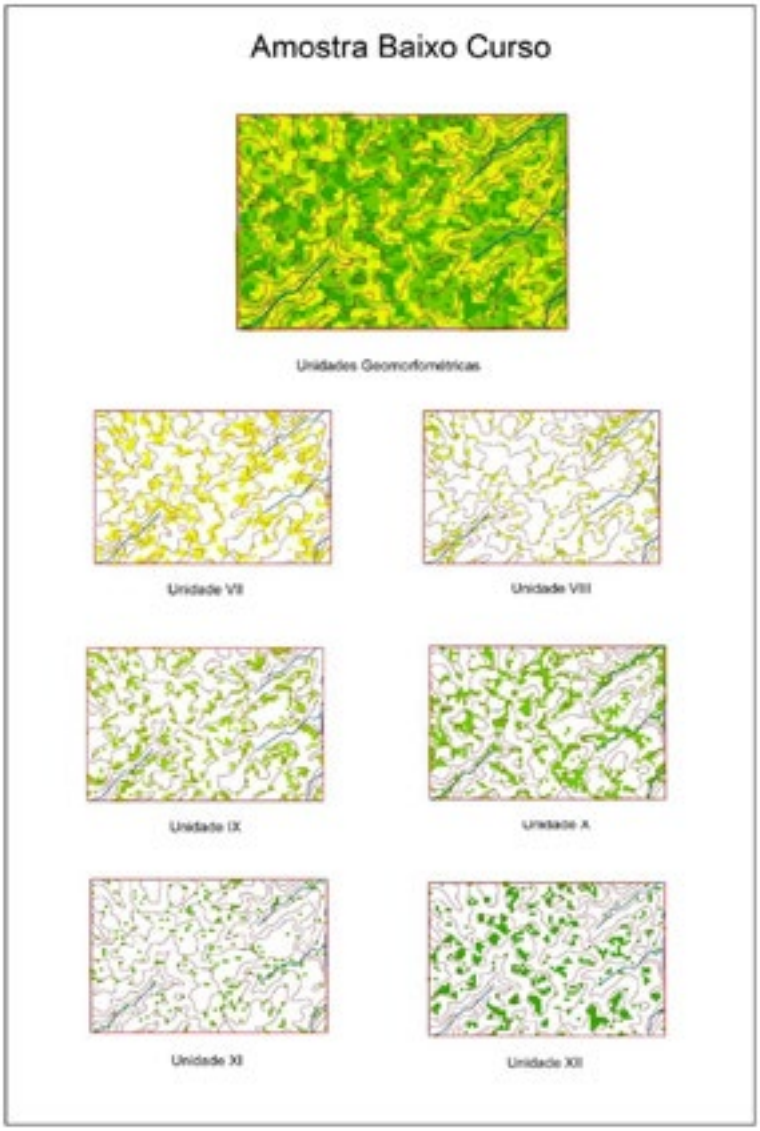


Figura 09: Amostra realizada no baixo curso com o detalhe das unidades de VII a XII.

Unidade 01: Unidade representada por uma altitude maior que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação convergente. Esta unidade abrange 1.441,946 km² da bacia, ocupando aproximadamente 13,4% do total, sendo a maior entre as unidades mapeadas. Ocorre no alto e no médio curso da bacia nas porções de vertentes onde o fluxo é

concentrado, associado a áreas de nascentes dos principais formadores do canal principal e sub-bacias da rede hidrográfica do rio Ijuí.

Unidade 02: Unidade com altitude maior que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação côncavo. Ocorre no alto e médio curso com área de 567,476 km², aproximadamente 5,3% da área da bacia. Essa unidade, ocorre associada a unidade 01, formando porções dissipadoras de fluxo na encosta, associadas às nascentes no alto e médio curso da bacia.

Unidade 03: Unidade com altitude maior que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. Possui 1.213,850 km², aproximadamente 11,3% da bacia, situando-se no alto curso e médio curso. Forma porções de vertente dissipadoras de energia próxima aos topos.

Unidade 04: (unidade 01 nas figuras) Unidade com altitude maior que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação convergente. Unidade que possui 1.159,122 km², ocupando aproximadamente 10,8% da área, no alto e médio curso. Ocorrem associados às porções de topo das vertentes com baixa atividade de processos morfogenéticos e com possibilidade de acumulo de água.

Unidade 05: Unidade com altitude maior que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação côncavo. Possui 333,140 km², aproximadamente 3,1% da área mapeada, e está presente, dominantemente, associadas à unidade 3, nas porções suaves da meia encosta. Nesta unidade os processos pedogenéticos são mais significativos que os morfogeneticos.

Unidade 06: Altitude maior que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. Possui 796,167 km² na área da bacia, aproximadamente 7,4% do total, ocorrendo de forma dissipada no montante da bacia, no alto e médio curso. Forma topos isolados nas encostas onde a pedogênese é potencialmente mais atuante.

Unidade 07: Altitude menor que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação convergente. Possui 1.269,822 km² na área da bacia, aproximadamente 11,8%, estando presente em todo o médio e baixo curso da bacia. Formam porções das vertentes com fluxo concentrado gerando canais de drenagem. É a unidade de maior potencial erosivo no médio curso.

Unidade 08: Altitude menor que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação côncavo. Esta unidade abrange 593,499 km², com percentual aproximado de 5,5% da bacia, no médio e baixo curso da bacia. Ocorre associada à unidade 7 formando as porções divergentes, que dispersa o escoamento superficial. Os processos de lavagem podem ser importantes gerando algum fluxo laminar com acumulo de material na base da vertente.

Unidade 09: Altitude menor que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. Abrange 927,159 km², com aproximadamente 8,6% no médio e baixo curso da bacia. Formam porções de vertente entre canais no relevo de colinas.

Unidade 10: Altitude menor que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação convergente. Possui uma área de 1.364,753, aproximadamente 12,7% da bacia, estando presente no baixo e médio curso, principalmente, ao longo dos canais de drenagem.

Unidade 11: Altitude menor que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação côncavo. Esta unidade que abrange de forma fragmentada uma área de 384,193km², aproximadamente 3,5% da área, no médio e baixo curso da bacia, associadas aos topos das formas de colinas.

Unidade 12: Altitude menor que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. Esta unidade possui 724,607 km², aproximadamente 6,7%, na área da bacia, no médio e baixo curso. Formam porções no topo das formas de colinas associadas à unidade XI.

4. Considerações Finais

A parametrização do relevo a partir da automação com uso do fluxograma ou árvore de decisão permite uma análise rápida e objetiva. Para a bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS, foram classificadas 12 unidades geomorfométricas distintas, descrevendo as condições das vertentes que forma o relevo, quanto à altitude média, declividade, plano e perfil da encosta O trabalho contribui para o conhecimento das características do relevo, constituindo uma análise detalhada das vertentes que pode ser associado ao desenvolvimento de processos morfogenéticos ou pedogenéticos.

5. Referências Bibliográficas

GUADAGNIN, P. & TRENTIN, R. (2014) **COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CAVERÁ - RS** Geo UERJ. Rio de Janeiro - Ano 16, nº. 25, v. 1, 1º semestre de 2014, pp.183-199

HASENACK, Heinrich.; WEBER, Eliseu.(org.) Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). **ISBN 978-85-63483-00-5** (livreto) e **ISBN 978-85-63843-01-2** (DVD).

HORN, Bertold. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n. 69, v. 01, p. 14-47, 1981.

HUGGETT, R. J. Soil Landscape Systems: A model of soil genesis. **Geoderma,** Amsterdan, 1975. vol. 13, p. 1-22.

HUTCHINSON, Michael. **A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits**. Journal of Hydrology, 06, 211-232, 1989.

HUTCHINSON, Michael**. A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models.** In: **International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, National Center for Geographic Information and Analysis**. 3. 1996, Santa Bárbara. Proceedings... Santa Bárbara: University of California, 1996. CD-RON.

IWAHASHI, Junko.; PIKE, Richard. **Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. Geomorphology** 86(3-4): 409-440, 2007.

PIKE, R. J. **Geomorphometry: diversity in quantitative surface analysis**. Progress in Physical Geography 24 (1), 1–20, 2000.

SILVEIRA, C.T.; SILVEIRA, R.M.P. Classificação geomorfométrica de unidades morfológicas do relevo no estado do Paraná obtida de atributos topográficos e árvore de decisão. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**. Vitória/ES. 2013.

SILVEIRA, Claudinei. Taborda OKA-FIORI, Chisato.; SANTOS, Leonardo. José Cordeiro; SIRTOLI, Angelo Evaristo; SILVA, Claudionor. **Pedometria apoiada em atributos topográficos com operações de tabulação cruzada por álgebra de mapas**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v.13, n.2, p.125-137, 2012.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. **Geomorfologia Física e Geomorfologia**: Uma (RE)leitura. Ijuí, Editora Unijuí, 2002, 112 p.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S.; SILVEIRA, C.T. *Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfi ca do Rio Itú/RS Revista Brasileira de Geomorfologia, São Paulo, v.16, n.2, (Abr-Jun) p.219-237, 2015*

TROEH, F. R. Landform Equations Fitted to Contour Maps. **American Journal Science**, 1965, v. 263, pag. 616-627.

VALERIANO, Márcio de Morison.; CARVALHO JÚNIOR, Osmar, Abílio**. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v 4, n.1, p.17-29, 2003.

VASCONCELOS, Vinicius. CARVALHO JÚNIO, Osmar Abilio. **Sistema de Classificação Geomorfométrica Baseado em uma Arquitetura Sequencial em Duas Etapas: Árvore de Decisão e Classificação Espectral, No Parque Nacional da Serra da Canastra**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v 13, n.1, p.171-186, 2012.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. Digital terrain analysis, chapter 1. In: WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (Eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, p.1-27, 2000.

ZEVENBERGEN, L.W.; THORNE, C.R. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.12, p.47-56, 1987.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DE CLASSIFICAÇÕES DE SÉRIES TEMPORAIS REALIZADAS COM MÉTODOS TRADICIONAIS E COM PROCESSOS DE MACHINE LEARNING NA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE, PARA ÁREAS DO MATOPIBA

Natália dos Santos Barros[(a)], Charles Vinícius Gonçalves Tiarini[(a)], Elaine Barbosa da Silva[(a)], Anna Claudia dos Santos[(a)]

[(a)]Universidade Federal de Goiás (UFG), Instituto de Estudos Socioambientais (IESA), Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) - Campus II, Cx. Postal 131, CEP 74001-970, Goiânia (GO), nataliabarrosufg@gmail.com, charles.tiarini@gmail.com, elainesilvaufg@gmail.com, anna.santos.ufrn@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

Estudos relacionados ao uso e cobertura da terra vem se intensificado cada vez mais, isto se deve ao intimidante avanço da agropecuária. A paisagem, antes composta por vastas formações florísticas, agora é ocupada por culturas e por pastagens. O bioma Cerrado por sua vez, tem se tornado o foco de vários estudiosos ambientais, devido a sua atual vulnerabilidade mediante ao uso incongruente por parte dos grandes produtores. Assim sendo, recursos tecnológicos vêm sendo aplicados no mapeamento e monitoramento destas áreas, a exemplo do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento. Com esses recursos tem-se desenvolvido metodologias de classificações de imagens progressivamente mais sofisticadas, para que seja possível análises multi-temporais cada vez mais rápidas e eficazes. Neste contexto, o presente trabalho teve como principal objetivo comparar as classificações multi-temporais realizadas por métodos tradicionais (classificação hibrida) e métodos avançados (classificação automática), realizada em âmbito do Projeto MapBiomas.

Palavras chave: Métodos de classificação, Mapbiomas, Sensoriamento Remoto, Google Earth Engine, Uso e cobertura da terra.

1. Introdução

Com a intensificação das práticas agrícolas e pastoris em diversas áreas do país e em especial no bioma Cerrado, onde localiza-se as principais fronteiras agrícolas do Brasil, vários

trabalhos relacionados às mudanças de uso e ocupação da terra vêm sendo elaborados com o auxílio de informações multiespectrais e temporais, advindas do Sensoriamento Remoto e de tecnologias do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Posto isto, Silva (2013) demonstrou a importância do emprego destas tecnologias em seu trabalho "As Mudanças de uso e cobertura da terra em fronteiras agropecuárias recentes do Cerrado entre 1975 e 2010". Esse trabalho possibilita fazer análise da expansão das áreas de fronteira agrícola do Cerrado.

Na mesma perspectiva, de analisar as mudanças de uso e cobertura das terras em escalas temporais e espaciais diversas, foi desenvolvido o MapBiomas. Este que, consiste em um Projeto de Mapeamento da Cobertura e Uso da terra do Brasil. Baseada na tecnologia do Google Earth Engine. O MapBiomas tem como finalidade gerar e disponibilizar o levantamento de uma série histórica de cobertura e uso da terra do Brasil a partir de 1985 até os dias atuais (MAPBIOMAS, 2018).

Assim, este trabalho teve como objetivo analisar e comparar o método aplicado no trabalho de Silva, o qual foi elaborado com o auxílio de meios convencionais de classificação (classificação supervisionada, por segmentação e de inspeção visual), com a classificação obtida por meio do projeto MapBiomas, em sua terceira coleção. Tal mapeamento consiste em processos de classificação pixel a pixel de imagens satelitárias da série Landsat. Processos os quais são efetuados por meio de extensivos algoritmos de aprendizagem de máquina (*machine learning*), mediante a plataforma Google Earth Engine, a qual denota grande capacidade de processamento na nuvem (PARENTE e FERREIRA, 2018). A área em análise está inserida na mesorregião Extremo Oeste Baiano e também está inserida no Matopiba. Essa região, devido a sua topografia plana, os cultivos, em especial de soja e milho, se integraram fortemente a paisagem da região, estas, antes conhecidas como áreas "vazias" e "marginais" do estado da Bahia (SANO, 2011). A importância desta análise justifica-se pelo grande volume de dados de Sensoriamento Remoto que vem crescendo constantemente e que por sua vez demanda processamentos mais rápidos e eficazes.

2. Materiais e Métodos

Para analisar os resultados dos dois métodos foi quantificada a margem de convergência entre eles, comparando-os com dados satelitários para validação das informações. Para tal, foram executadas os seguintes procedimentos: 1) Levantamento de dados temporais georreferenciados de uso e cobertura da terra do trabalho de Silva, em uma escala de 1:150.000, disponibilizados pela plataforma de base de dados geográficos do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) (http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html); 2) Levantamento de dados do projeto MapBiomas, em uma escala de 1:100.000, adquiridos pelo seguinte script de acesso (https://code.earthengine.google.com/?accept_repo=users/ mapbiomas/user-toolkit); 3) Levantamento de cenas do sensor TM (Thematic Mapper) do satélite Landsat 5 em períodos de junho a setembro, período o qual há pouca incidência de nuvens; 4) Após o levantamento, foram executados pré-processamentos como composição de falsa cor nas bandas 5 (SWIR 1: Shortwave Infrared, 1,55-1,75 µm), 4 (NIR: Near Infrared, 0,76 - 0,9 µm) e 3 (Red 0,63 - 0,69 µm) no software ENVI 5.2, para melhor identificação das feições de uso da terra. Posteriormente, os dados foram delimitados espacialmente pela órbita-ponto 220/68, uma vez que esta cena faz parte da região do Matopiba, que atualmente é a principal fronteira agrícola do bioma Cerrado. Os dados levantados têm como recorte temporal, uma série que vai de 1986 a 2010, intercalando cenas de 8 em 8 anos. 5) Para comparação dos distintos resultados metodológicos, foram sorteados 40 pontos, pela função "*Create Random Points*" do ArcMap para cada um dos anos em questão, totalizando 160 pontos de validação manual. A Figura 1 demostra de forma sintetizada como se deu os procedimentos metodológicos adotados no presente estudo, em especifico para os anos de 2002 e 2010. Ressalta-se que o objetivo deste trabalho não é checar a acurácia dos mapeamentos analisados, por isso não utilizou-se nenhum índice. O método baseou-se especificamente em análise visual das áreas e classes mapeadas nós dois métodos. Para o período de 2002 a 2010 teve-se auxílio de imagens de alta resolução da plataforma Google Earth.

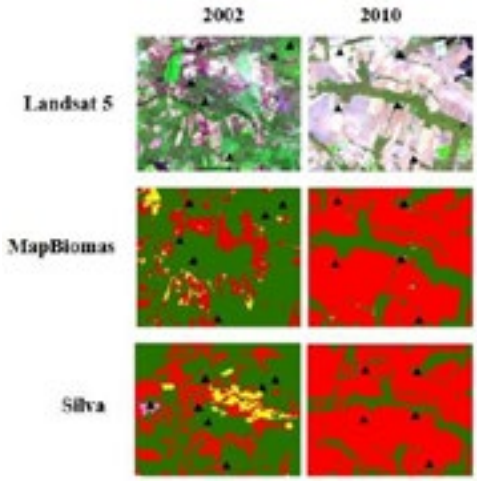


Figura 1 - Exemplo da metodologia aplicada.

3. Resultados e Discussões

Observou-se que ambas as classificações apresentaram um grau de convergência elevado e a pouca parcela de divergência, se deu devido ao nível de equivalência das classes de pastagem e vegetação, que notadamente apresentam feições espectrais semelhantes na região estudada, quando observadas por meio de cenas orbitais.

A Tabela 1 apresenta como se deram as disparidades dos pontos vistoriados em relação ao grau de divergência e convergência de ambos os métodos de classificação analisados, tais informações foram dispostas de forma percentual, para que assim fosse possível se obter uma conclusão acerca de qual método de classificação denota maior confiabilidade em relação aos seus resultados.

Tabela 1 - Percentuais referentes ao grau de divergência e convergência dos dois métodos de classificação analisados no presente trabalho.

Ano	Convergência (Pontos)		Divergência (Pontos)	
	Silva	Mapbiomas	Silva	Mapbiomas
1986	98%	83%	3%	18%
1994	90%	90%	10%	10%
2002	85%	95%	15%	5%
2010	95%	100%	5%	0%

4. Considerações finais

Os resultados obtidos após a inspeção dos pontos, demonstraram como ambas as classificações possuem significativa qualidade. Tanto a de classificação por segmentação adotada por Silva, esta que demanda do usuário um conhecimento prévio da área a ser estudada, conhecimento este obtido por meio de *validações em campo,* para que assim seja permissível se obter um resultado o mais factual possível e ainda, exige do pesquisador uma carga horária extensa. Tão quanto a adotada pelos organizadores do projeto MapBiomas, que atualmente pertence a um novo agregado de geotecnologias que vem sendo cada vez mais exploradas pelo mercado, devido a sua praticidade, qualidade e agilidade. Portanto mesmo que ambas apresentem algumas divergências em relação à "verdade terrestre", as duas exibiram veracidade e qualidade em correspondência aos seus resultados.

5. Referências Bibliográficas

SILVA, E. B da. **As Mudanças na Cobertura e Uso da Terra em Fronteiras Agropecuárias Recentes do Cerrado entre 1975 e 2010**. Goiânia, 2013. p. 48-102. Disponível em: <https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/component /jdownloads/send/8-tese/695-a-dinamica-socioespacial-e- as-mudancas-na-cobertura-e-uso-da-terra-no-bioma- cerrado?Itemid=0>. Acesso em: 09 out. 2018.

MAPBIOMAS. 2018. Disponível em: <http://mapbiomas.org/pages/about/about; http://mapbiomas.org/pages/atbd>. Acesso em: 09 out. 2018.

SANO, E. E. et al. **Fronteira Agrícola do Oeste Baiano: Considerações sobre os aspectos temporais e ambientais**. UNESP, Geociências: São Paulo, 2011. v. 30, n. 3, p. 479- 489. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/ view/7189/6634>. Acesso em: 12 out. 2018.

PARENTE, L. L.; FERREIRA, L. G. "***Assessing the Spatial and Occupation Dynamics of the Brazilian Pasturelands Based on the Automated Classification of MODIS Images from 2000 to 2016***". Remote Sensing, v. 10, n. 4, p. 606, 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS DE NDVI E TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DO SENSOR MODIS NA PLATAFORMA DO GOOGLE EARTH ENGINE

Naíara Mota dos Santos [(a)], Philipe Damasceno Pedreira [(b)], Nerivaldo Afonso Santos [(c)], Ferdnando Mariano Brito Silva [(d),] Washington de Jesus Santanna da Franca Rocha [(e)]

[(a)] Departamento de Ciências Exatas / UEFS, bolsista FAPESB, mota.naiara29@gmail.com
[(b)] Departamento de Ciências Exatas / UEFS, bolsista CAPES, philipe.geo@gmail.com
[(c)] Departamento de Ciências Exatas / UEFS, bolsista CAPES, nerivaldo.geo@gmail.com
[(d)] Departamento de Ciências Exatas / UEFS, bolsista CAPES ferdnando.mbs@gmail.com
[(e)] Departamento de Ciências Exatas / UEFS, wrocha@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e Modelagem aplicada aos Estudos Ambientais

Resumo

O Bioma Caatinga caracteriza-se por diversas feições vegetais, ampla sazonalidade e acentuada pressão antrópica. Este estudo teve como objetivo, analisar a correlação entre séries temporais (2000-2018) de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e temperatura de superfície do Sensor Modis. A área de estudo corresponde ao município de Morro do Chapéu-BA. Os resultados foram obtidos a partir do processamento em nuvem na Plataforma do Google Earth Engine(GEE). Os resultados indicaram correlação inversamente proporcional entre o NDVI e temperatura de superfície, quando o índice de vegetação apresentou valores mais elevados, a temperatura encontra-se com valores mais baixos, demonstrando a importância da vegetação para o conforto térmico.

Palavras chave: Índice de Vegetação; Temperatura de Superfície; MODIS; Processamento em Nuvem.

1. Introdução

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para estudos ambientais contribui de modo expressivo e eficiente para avaliar processos degradativos de vegetação natural (ROSENDO, 2005). A evolução de técnicas de análises espaciais aliadas ao sensoriamento tem revolucionado o ambiente de trabalho de pesquisadores, estudantes e profissionais da área ambiental.

Juntamente ao avanço das geotecnologias, no início da segunda década do século XXI foram criadas diversas plataformas de processamento em nuvem, como a *Amazon Web Services*(AWS), *Microsoft Azure*, *Nebula Cloud Computing Platform* (NCCP) e dentre elas o *Google Earth Engine* (GEE) (MESQUITA, et al. 2017).

O GEE segundo Gorelick et al. (2016) é uma plataforma para análise geoespacial em escala planetária com capacidade computacional desenvolvida para suprir a necessidade de supercomputadores para processamentos em sensoriamento remoto. Esta plataforma conta com um catálogo de dados geoespaciados público, que inclui observações de uma variedade de sistemas sensores, variáveis ambientais, meteorológicas, climáticas, topográficas, temporais, dentre outras.

O processamento em nuvem é caracterizado principalmente pela grande capacidade computacional para o desenvolvimento de análise, exploração e armazenamento de dados. Este modelo de processamento viabiliza automatização dos dados para que estes operem de maneira independente.

Como o espaço geográfico encontra-se em constante mudança em variadas escalas temporais e espaciais é necessário que estas transformações sejam acompanhadas. No entanto, a maioria das análises que envolvem detecção de mudanças, a metodologia utilizada envolve apenas duas imagens, uma num período pretérito e outro mais atual não permitindo monitoramento, análises a longo prazo e/ou de tendências ao longo do tempo.

Uma solução para o problema supracitado é o monitoramento por meio de séries temporais. Segundo Morettin e Toloi (2004), séries temporais é um conjunto de observações organizadas ao longo do tempo. Para os mesmos autores análises em séries temporais permitem verificar a existência de tendências e periodicidade nos dados, assim como predizer valores futuros da série de dados.

Com a disponibilidade de imagens orbitais em larga escala espaço-temporal, uma revolução tem acontecido no âmbito dos estudos ambientais. Diante da alta periodicidade na aquisição de imagens, os satélites permitem monitorar alterações atmosféricas e da cobertura vegetal de forma contínua ao longo do tempo e do espaço. Dessa maneira, a utilização do sensoriamento remoto é considerado de grande valia para para o monitoramento de ecossistemas naturais (BAYMA; SANO, 2015).

Para estudos da vegetação e seu comportamento, diversos índices que evidenciam sazonalidades e refletem os parâmetros estruturais, fenológicos e biofísicos da vegetação (BAYMA; SANO, 2015) foram desenvolvidos ao longo do tempo , como o *Foliar Area Index* (IAF) (Watson, 1947 a, b), *Vegetation Index Soil-Adjusted* (SAVI) (Huete, 1988), *Enhanced Vegetation Index* (EVI) (Huete et al., 2002), *Normalized Difference Fraction Index* (NDFI) (Souza Jr. et al. 2005), e dentre eles o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) desenvolvido por Rouse et al., (1974).

O sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), lançado a bordo da plataforma Terra em 1999 e 2002, combina algumas características dos sensores *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) e dos sensores da série Landsat com melhorias nas correções atmosféricas e geométricas (RISSO et al., 2012). Este sensor apresenta resolução espacial de 250 m nas bandas do vermelho e infravermelho próximo, utilizadas no NDVI, e resolução temporal quase diária para os produtos de temperatura.. Estas características fazem do sensor MODIS uma boa fonte de dados para monitorar a cobertura vegetal e temperatura de superfície em séries temporais na caatinga, a qual apresenta grande sazonalidade.

A Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 844.453 km² (MMA, 2015) na porção nordeste do Brasil. Diante de seu endemismo, estudos voltados para este bioma justifica-se pela sua importância e necessidade de conservação e manutenção de riquezas de espécies presentes no único bioma exclusivamente brasileiro O município de Morro do Chapéu, área teste para o estudo aqui realizado, apresenta grande singularidade em sua biodiversidade vegetal, com diferentes feições fisiográficas, associadas ao clima do tipo tropical alterado pela compartimentação do relevo que inclui floresta secundária, cerrado, caatinga e vegetação rupestre (LOBÃO, 2006; BASTOS; BERG, 2012).

Devido ao acelerado processo e aos impactos ambientais e socioeconômicos acometidos por essas transformações, as questões que envolvem as mudanças dos padrões de cobertura e uso da terra tem despertado grande interesse à comunidade científica. Neste sentido, o estudo aqui apresentado tem como objetivo verificar se é possível identificar transições de cobertura vegetal por meio de séries temporais de NDVI.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

Morro do Chapéu está localizado a 384 km de Salvador, ao Norte da Chapada Diamantina com população estimada de 35.164 habitantes, abrangendo em seu território 5.744 km² (IBGE, 2016), faz parte da Mesorregião do Centro Norte Baiano, da Microrregião Geográfica e Administrativa de Jacobina e da região econômica do Piemonte da Chapada Diamantina (Figura 1).

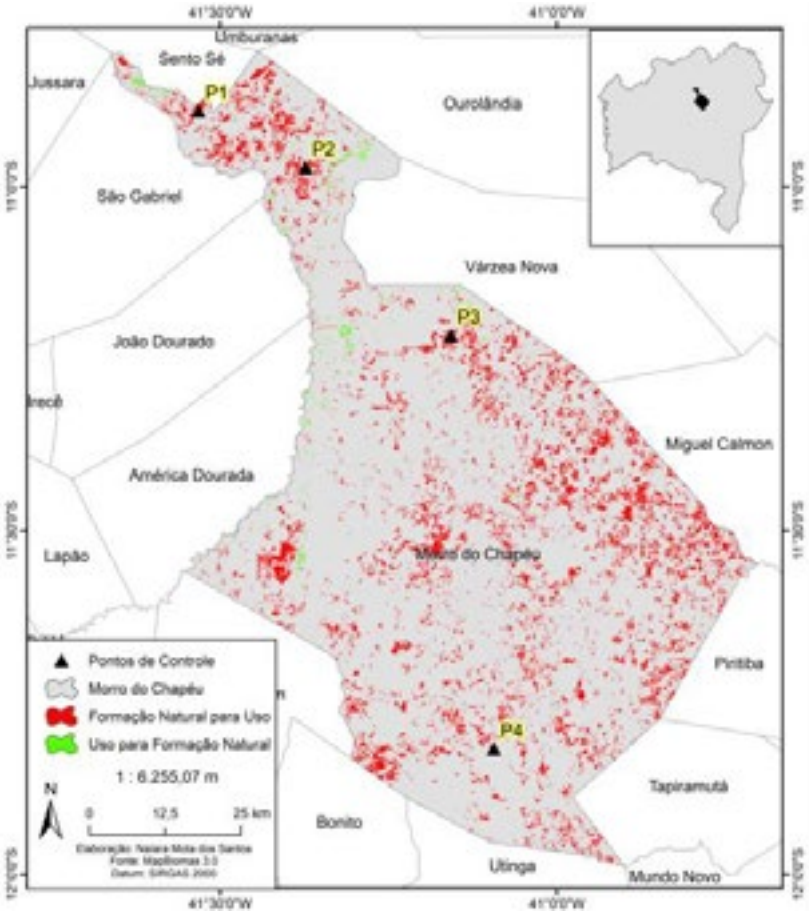


Figura 1 – Localização de Morro do Chapéu e pontos de controle de onde foram extraídos os espectros temporais (1985 a 2017) de NDVI e Temperatura de Superfície

A topografia do município apresenta altitudes que variam entre 480m e 1.293m, está inserido no semiárido baiano e sua posição geográfica lhe atribui características climáticas do tipo tropical com grandes alterações influenciadas pelo relevo (BARBOSA, 1995).

O território deste município faz parte das bacias hidrográficas dos rios Paraguaçu e São Francisco, sendo divisor de águas das bacias dos Rios Jacaré, Salitre, Jacuípe e Utinga. Ao leste do município, em decorrência a orientação do relevo, ocorrem as chuvas orográficas, atribuindo a essa área maior potencialidade para o desenvolvimento de atividades agrícolas, em

função da pluviosidade, nessa região encontra-se cobertura vegetal do tipo florestal predominando a floresta estacional decidual ou semidecidual. Em áreas mais altas dos chapadões centrais podem ser encontrados campos cerrados e caatinga (BARBOSA, 1995).

As atividades econômicas do município envolvem agricultura extensiva, agricultura irrigada, pecuária, caprinocultura, mineração, comércio e turismo ecológico. A agricultura apresenta-se de forma diversificada com culturas temporárias como mandioca, milho, feijão e culturas permanentes com destaque para o café e alguns cultivos de abacate, banana e laranja. (ROCHA; COSTA, 1995).

2.2 Procedimentos Metodológicos

O sensor MODIS é um dos principais instrumentos acoplados a plataforma TERRA e AQUA, do Sistema de Observação da Terra EOS (*Earth Observing System*) da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), sendo que dos cinco sensores a bordo da referida plataforma seus produtos são os que mais têm se difundido entre pesquisadores, por apresentar alta resolução temporal de 1 a 2 dias para dados e composições a cada 8 ou 16 dias, com resolução radiométrica de 12 bits e 36 bandas espectrais, possui resolução espacial de 250m nas duas bandas, 500m em cinco outras bandas e 1000m nas demais 29 bandas e um campo de visada de 2330 km de largura (SOARES et al., 2007).

A rotina iniciou-se pela seleção da coleção de imagens do produto MOD13Q1, trata-se de um produto do sensor MODIS relacionado à vegetação, dentre os pré-processados tem-se o NDVI, objeto de estudo aqui apresentado, o qual é calculado pela razão simples do intervalo de -1 a +1, na equação: NDVI = (ρivp – ρv) / (ρivp + ρv), onde: ρivp é a reflectância no infravermelho próximo; ρv é a reflectância no vermelho (PONZONI; SHIMABUKURO, 2009; BORGES, 2014). Além deste, foi utilizado o sensor MOD11A2 para gerar os dados de temperatura de superfície. Os produtos deste sensor apresenta resolução temporal de 8 dias, e resolução espacial de 1000m.

Na plataforma em nuvem *Google Earth Engine* foi gerada uma coleção de imagens do MOD13Q1 e MOD11A2 datada de 01/01/2000 a 31/12/2018 da área de estudo neste período. Posteriormente utilizou-se como referência o mapa de mudança de uso e cobertura da terra da coleção 3.0 do MapBiomas para selecionar 04 pontos aleatórios em áreas que comprovadamente teve mudança de cobertura entre os anos de 1985 e 2017 (Figura 1), para estes pontos foi criada uma função para gerar um gráfico com redutor por mediana das séries temporais de NDVI e temperatura de superfície, onde a assinatura do pixel escolhido demonstra as mudanças ocorridas na área.

3. Resultados e Discussão

Os gráficos gerados, (Figuras 2, 3, 4 e 5) a partir dos pontos selecionados para a série analisada demonstram as variações dos valores de NDVI e temperatura de superfície. Segundo Ponzoni (2001), a aparência da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais como a dinâmica meteorológica que influencia no comportamento espectral dos alvos. O padrão sazonal observado está diretamente ligado ao tipo climático, a caatinga perde suas folhas no verão e fica mais verde no inverno.

Segundo Santos, et al. (2016) por meio da análise multitemporal de índices de vegetação é possível analisar o comportamento da vegetação na caatinga em razão da quantidade de água presente no sistema ambiental, o que faz influenciar diretamente no resposta espectral do alvo. Assim, o espectro de NDVI denota a sazonalidade de floresta e os baixos valores do índice de vegetação os meses anteriores à estação seca seguido de valores mais elevados que correspondem a estação chuvosa.

Desta mesma forma a variabilidade interanual deve propiciar anomalias nos ciclos de crescimento da vegetação, mostrando num determinado período de anos, ciclos de crescimento com maior ou menor índice da vegetal ou que significa ciclos com maior ou menor absorção e fixação de carbono atmosférico o qual influencia no clima regional. A caatinga é sensível a

diversos fatores, como a sazonalidade climática, se caracteriza por um ambiente em que as precipitações pluviométricas não ocorrem de forma regular. A inexistência de picos de NDVI na escala anual para alguns anos como 2013, 2014 e 2017 (Figura 02 e 04), sugerem a ocorrência de anomalias no desenvolvimento vegetal, possivelmente relacionadas a mudanças no padrão de precipitações.

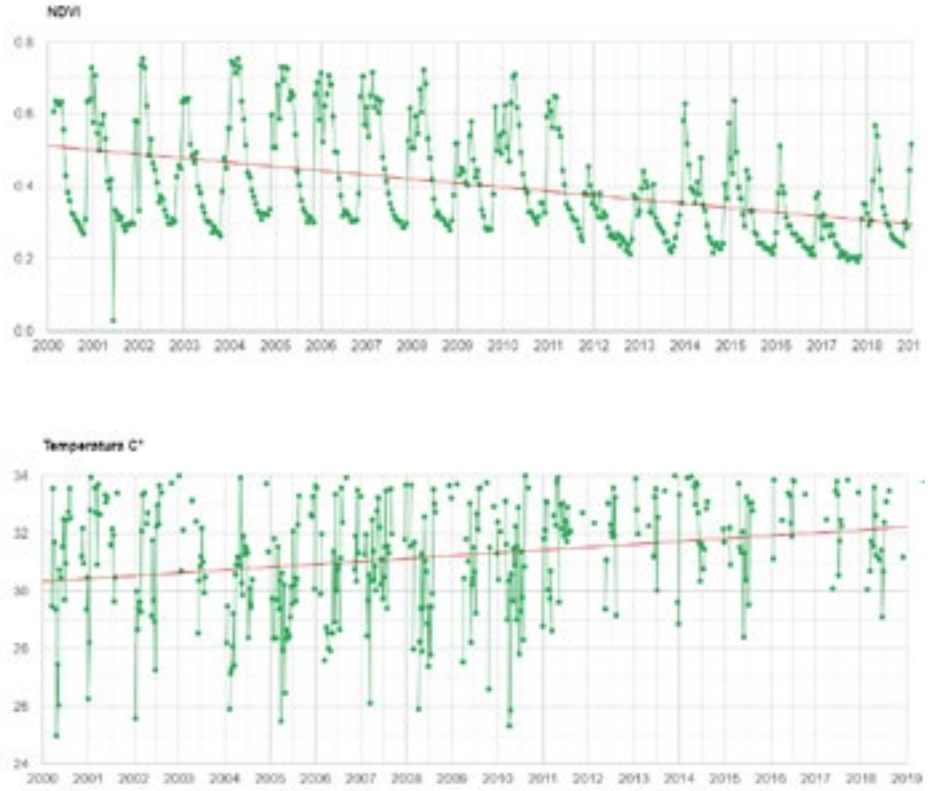


Figura 2: Espectro temporal do NDVI e temperatura de superfície - P1.

Nos períodos em que foram encontradas perturbações nos padrões sazonais esperados para o NDVI, acredita-se que tais mudanças podem estar associadas a troca de uso e/ou cobertura do solo. Segundo Jensen (2009), diante da heterogeneidade da paisagem espera-se diferentes comportamentos termais, visto que, cada tipo de uso ou cobertura da terra reflete

distintas condições ambientais e comportamentos termais durante a troca de energia entre a superfície e atmosfera.

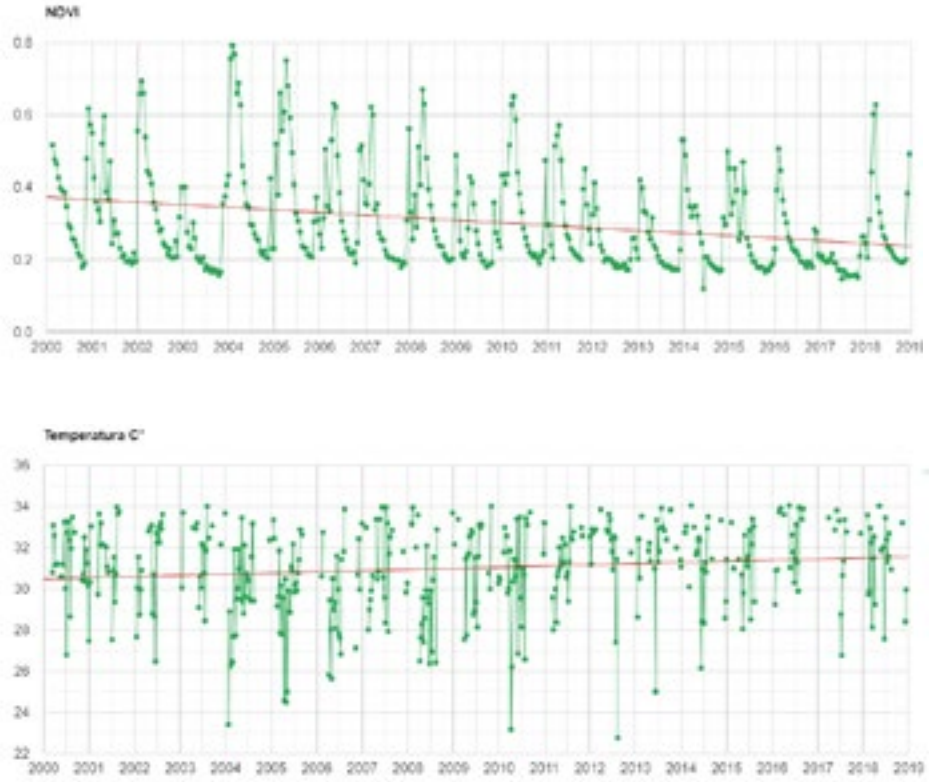


Figura 3: Espectro temporal do NDVI e temperatura de superfície - P2.

Comparando o NDVI aos dados de temperatura de superfície, nota-se que nos períodos em que a vegetação se apresenta com menor atividade fotosintética, é quando a temperatura se encontra com valores mais elevados. Segundo Assis, Sirqueira e Bamberg (2013), a vegetação participa de processos de troca de calor, umidade e gases com a atmosfera, atuando como reguladora do clima.

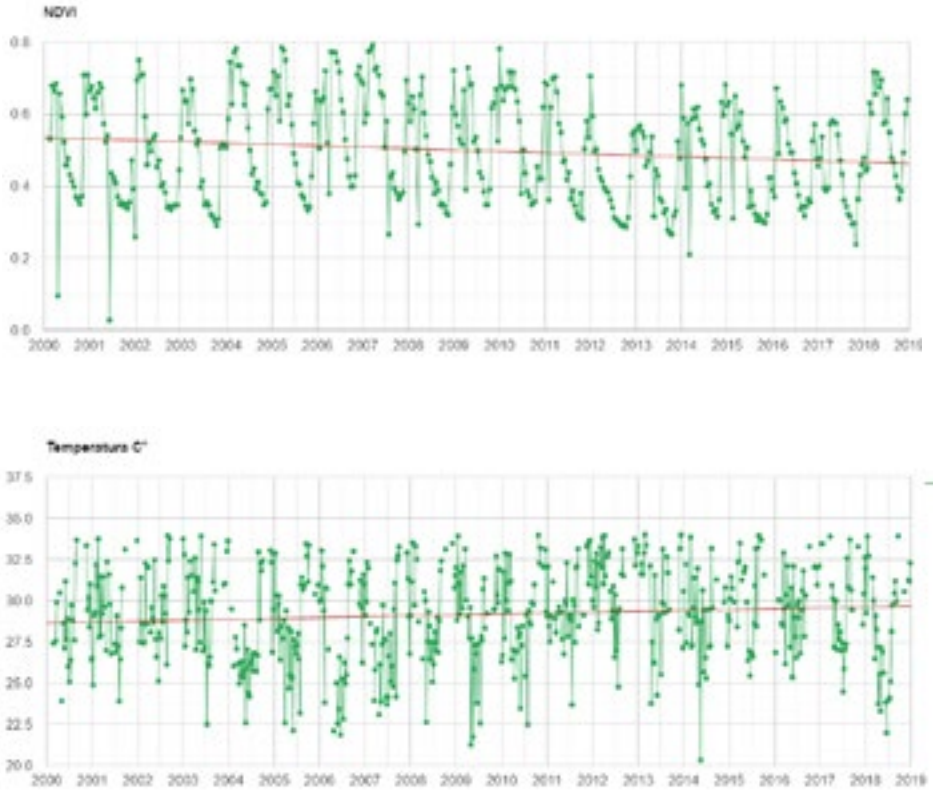


Figura 4: Espectro temporal do NDVI e temperatura de superfície - P3.

A linha de tendência mostra redução da cobertura vegetal ao longo da série temporal e aumento da temperatura em três dos pontos analisados (Figura 02, 03 e 04). O ponto 4 (Figura 05), confirma ainda mais a relação entre temperatura e vegetação, este ponto não apresenta muita variabilidade no NDVI, com exceção da sazonalidade, a temperatura se mantém relativamente constante ao longo do tempo.

Figura 5: Espectro temporal do NDVI e temperatura de superfície - P4.

4. **Conclusão**

A plataforma Google Earth Engine demonstrou-se eficiente para trabalhar com dados em séries temporais, uma vez que não foi necessário grande capacidade de processamento para obtenção dos resultados. Os dados utilizados neste trabalho bem como as análises realizadas permitiram identificar alterações na cobertura vegetal por meio da assinatura temporal registrada nos pixels de NDVI . Foi possível observar a maneira como a vegetação influencia na temperatura da superfície. Análises de séries temporais de NDVI são úteis, uma vez que identifica ciclos intra e interanuais do vigor vegetativo da vegetação e o período em que ocorreu anomalias em seu

comportamento. a maneira como. Sugere-se ainda estudos adicionais para verificar a relação da mudança na cobertura vegetal e temperatura com os usos de cada período.

5. Referências Bibliográficas

ASSIS, E. S. SIRQUEIRA, C. A. BAMBERG, A. M. **Influência da vegetação no microclima em ambiente simulado controlado**. In: Anais Encontro Latinoamericano de Conforto do mbiente Construido. Brasília-DF, 2013.

BARBOSA, M. A. Clima. In: ROCHA, A. J. D.; COSTA, I. V. G. (Orgs.). **Projeto mapas municipais**: município de Morro do Chapéu-Ba. Ministério de Minas e Energia CPRM - Companhia de Pesquisa de recursos Minerais Prefeitura de Morro do Chapéu-Ba. 1995

BASTOS, C. A. BERG. C. V. D. A família Orchidaceare no município de Morro do Chapéu, Bahia. **Roriguésia**, v. 63, n. 4, 2012.

BORGES, E. F. **Discriminação e caracterização fenológica de classes de cobertura vegetal natural e antrópica do Oeste da Bahia a partir de séries temporais do sensor Modis.** 2014. 138 f. Tese (Doutorado em Geociências Aplicadas). Universidade de Brasília. Brasília, 2014.

GORELICK, N; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**,2017, 202: 18–27.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2da Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p.

HUETE A. R. A. Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI). **Remote Sensing of Environment** 1988. 25:295-309

HUETE, A.; DIDAN, K.; MIURA, T.; RODRIGUEZ, E.P.; GAO, X.; FERREIRA, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, p.195-213, 2002

LOBÃO, J. S. B. **Análise Socioambiental do Município de Morro do Chapéu: baseada em Geotecnologias**. Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Geografia Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, 2006.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

MESQUITA, V. V., PARENTE, L. L. ; FERREIRA, L. G. Uso de processamento em nuvem para detecção de áreas edificadas em imagens de sensoriamento remoto. In: **Anis do XXVII Congressso Brasileiro de Cartografia e XXVI Exposicarta**. Rio de Janeiro, 2017. P. 558-562.

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE. Caatinga: iniciativas de conservação 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga.html>. Acesso em: 24 Janeiro 2019.

RISSO, J., RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M.; SHIMABUKURO, Y. E.; FORMAGGIO, A. R.; EPIPHANIO, R. D. V. Índices de vegetação Modis aplicados na discriminação de áreas de soja. In: **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.9, p.1317-1326, set. 2012.

ROCHA, A. J. D.; COSTA, I. V. G. (Orgs.). **Projeto mapas municipais**: município de Morro do Chapéu-Ba. Ministério de Minas e Energia CPRM - Companhia de Pesquisa de recursos Minerais Prefeitura de Morro do Chapéu-Ba. 1995

ROSENDO, J. S., **Ìndices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG.2005

ROUSE, J.W.; HASS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE SYMPOSIUM, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1974. p.309-317.

SOUZA Jr., C.M.; ROBERTS, D.A.; COCHRANE, M.A. Combining spectral and spatial information to map canopy damage from selective logging and forest fires. **Remote Sensing of Environmental**, v. 98, p. 329–343, 2005.

WATSON, D.J. **Comparative physiological studies on the growth of field crops**. I – Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Annals of Botany. London, v.11, n. 44, p.41-76, 1947.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA DA BACIA DA LAGOA DE SAQUAREMA - RJ

Mikaella Pereira dos Santos [(a)], Jéssica Gonçalves Oliveira da Silva [(b),] Evelyn de Castro Porto Costa [(c)], Vinicius da Silva Seabra [(d)]

(a) Departamento de Geografia / Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - pmikaella2@gmail.com
(b) Departamento de Geografia / Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - jessica.oliveira.jsc.g@gmail.com
(c) Departamento de Geografia / Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - evelynportocosta@yahoo.com.br
(d) Departamento de Geografia / Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - vinigeobr@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente estudo tem como proposta a realização de análises de distribuição espacial de usos e coberturas da terra na Bacia da Lagoa de Saquarema, localizada no Litoral Leste do Estado do Rio de Janeiro. O mapeamento de uso e cobertura da terra foi realizado a partir de técnicas de classificação de imagens baseada em objetos (GEOBIA), utilizando-se de imagens do satélite Sentinel 2, sensor MSI. Os resultados do mapeamento apontam a distribuição espacial dos tipos de usos e coberturas existentes na bacia, sendo possível inferir as problemáticas socioambientais inerentes aos usos. O mapeamento pode ser utilizado por órgãos ambientais e fiscalizadores, além de pesquisas científicas que visam compreender a dinâmica ambiental correlacionada aos usos e coberturas presentes na bacia de Saquarema, bem como, servir como subsídios a planejamentos urbanos e ambientais.

Palavras chave: Sentinels 2, GEOBIA, Uso e Cobertura da Terra, Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento.

1. Introdução

O mapeamento de uso e cobertura da terra é uma ferramenta que auxilia no planejamento urbano e ambiental, possibilitando fazer diagnósticos importantes para a gestão ambiental do espaço geográfico. No presente trabalho, a área de estudos compreende a bacia da lagoa de Saquarema, que está situada no Litoral Leste Fluminense, em uma localidade de alta demanda turística, o que justifica a realização de estudos que acompanhem os processos de transformação dessa paisagem.

O presente trabalho tem por objetivo a elaboração e análise do mapeamento do uso e cobertura da terra através de processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto e de ferramentas de Geoprocessamento que, segundo Sausen (2005) permite diagnósticos eficientes, propõe soluções de baixo custo e cria alternativas inteligentes para os desafios enfrentados face às mudanças aceleradas que observamos em nosso território.

Segundo Jensen (2007), o uso da terra é um termo que se refere ao modo como a Terra é usada pelos seres humanos, já a cobertura da Terra refere-se à distribuição dos materiais biofísicos sobre a superfície terrestre. Um parque nacional pode ter um uso de proteção e conservação e ter como cobertura uma floresta Ombrófila (JENSEN,2007). Sendo assim, a cobertura da terra está de modo direto ligada ao uso da terra e seu manuseio.

Estudar como estão dispostos esses usos e essas coberturas na região da bacia de Saquarema possui total importância para a compreensão da dinâmica desenvolvida nesta região. Com isso, torna-se possível obter informações das mudanças ocorridas, das áreas vulneráveis que devem ser preservadas e até mesmo outras que estão sofrendo alterações antrópicas de forma intensa e podem ser indicadores de mudanças.

Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor MSI, do satélite Sentinel 2, para a realização do mapeamento de uso e cobertura da terra. Por ser um satélite recente, ainda há poucos trabalhos que exploram as potencialidades desse sensor, sendo de suma importância investigar a partir dessas imagens, devido suas resoluções (espacial, espectral e radiométrica) e seu caráter gratuito. Tais imagens foram adquiridas através de downloads da Agência Espacial

Europeia (ESA), com resoluções espaciais que se distinguem entre 10, 20 e 60 metros nas suas 13 bandas e resolução radiométrica de 12 bits, o que proporciona mapeamentos em alta-média resolução.

A área de estudos compreende a Bacia da Lagoa de Saquarema (Figura 1), que está situado no município de Saquarema, alocado na porção leste do Estado do Rio de Janeiro. Segundo Santos *et al* (2016), o município de Saquarema integra a conhecida popularmente como Região dos Lagos, que é caracterizada por abranger diversos corpos hídricos, como por exemplo, a Lagoa de Araruama, Lagoa de Saquarema e Lagoa de Maricá. Além disso, a área tem grande característica turística, devido a busca da população da Região Metropolitana e seu entorno por praias e lazer litorâneo nesse litoral.

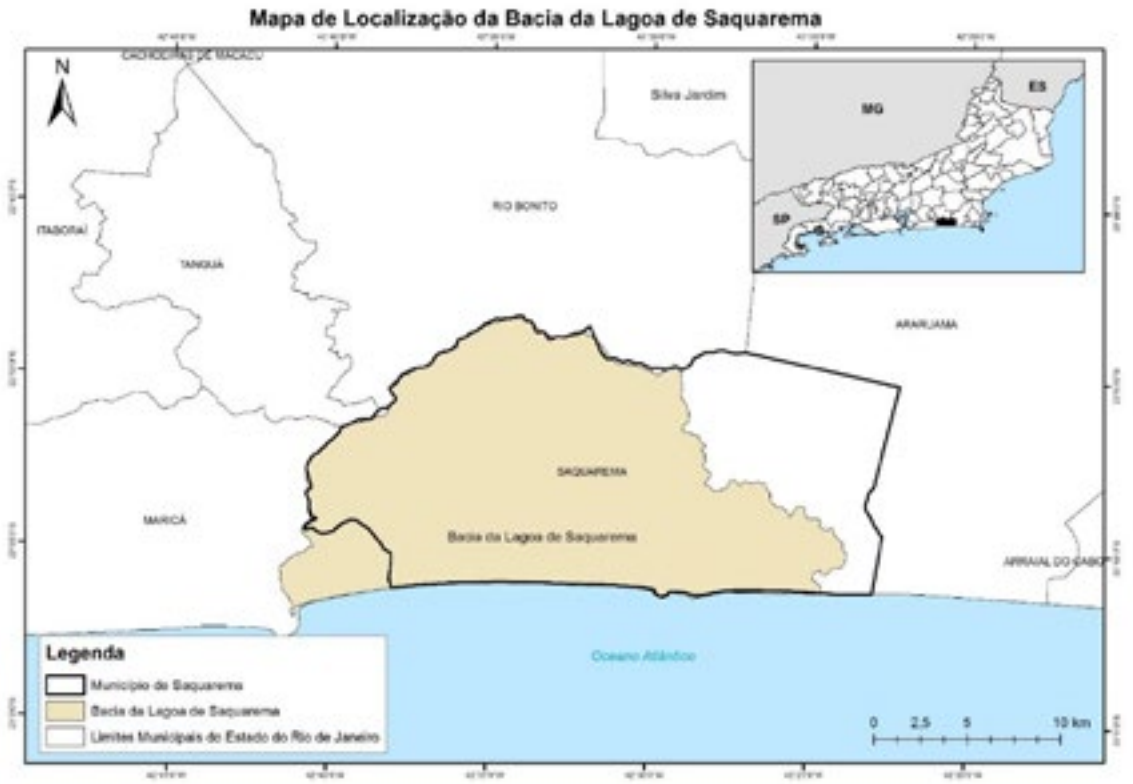


Figura 1. Mapa de localização da Bacia da Lagoa de Saquarema (bacia/ unidades de conservação).

É importante mencionar que o Litoral Leste Fluminense (LLERJ), onde se situa esta bacia, se localiza próximo a dois pontos economicamente estratégicos do Estado do Rio de Janeiro, sendo eles, a Bacia de Campos, e o Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ). A Bacia de Campos é um grande polo de extração petrolífera do território brasileiro, estando localizada a Norte do LLERJ, destacando que essa região é estratégica e altera diretamente na logística urbana do LLERJ, devido a necessidade de demanda populacional para o mercado de trabalho petroleiro.

2. Materiais e Metódos

A metodologia de mapeamento estará fundamentada na classificação de imagem baseada em objetos (GEOBIA), que simula, a partir da modelagem do conhecimento, as técnicas de interpretação visual, possibilitando a identificação de feições, baseando-se ainda na descrição de padrões identificadores, tais como textura, cor, métrica e contexto. Sendo de total importância o conhecimento temático (uso da terra, cobertura vegetal, solos, litologia), e de sensoriamento remoto do interprete (CRUZ et al., 2007).

O GEOBIA ainda se diferencia das demais técnicas, pois considera muitos tipos de descritores, tratando-os como parâmetros caracterizadores dos objetos, tais como: cor, textura, tamanho, forma, padrão, localização, contexto, etc. (DEFINIENS, 2010).

O processo de classificação teve início após a aquisição de imagens de satélite do sensor *Sentinel 2*, datadas de 03 de julho de 2018, através da plataforma do *SentinelHub*, que já disponibiliza as imagens com georreferenciamento e correção radiométrica. Para ser possível avaliar o comportamento espectral das classes de uma forma mais completa, foi realizada a correção atmosférica das bandas da cena 23KQQ, do sensor *MSI Sentinel2.* A correção foi realizada a partir do software *Qgis*, através da metodologia empírica de subtração do valor do pixel mais escuro, sendo esta a metodologia mais simples proposta na literatura (ANTUNES et al., 2012).

Em sequência, as imagens foram inseridas no software *eCognition*, onde foram introduzidas 13 bandas, já com índices radiométricos. No mesmo software, as imagens passaram por um processo de segmentação no parâmetro multiresolution, com pesos iguais para todas as bandas utilizadas, admitindo parâmetro de escala 80, forma 0,1 e compacidade 0,5, que atenderam de forma satisfatória as necessidades iniciais para o mapeamento.

Após, foram determinadas as classes da legenda do mapeamento, em que optou-se por dois níveis hierárquicos, sendo a o primeiro composto pelas classes de "Água" e "Outros". No segundo nível hierárquico, a classe "Outros" foi subdividida em: Área Úmida; Areia; Agropasto; Floresta; Solo Exposto; Restinga; Urbano Rarefeito; e Urbano Moderado.

A partir disto, com exceção das classes editadas manualmente, foi necessária uma coleta de amostras dessas classes, cerca de 10 a 15 amostras por classe, bem como, a modelagem do conhecimento para cada classe, que corresponde ao uso da média das bandas e descritores específicos para as mesmas. Posteriormente, as classes foram modeladas através de parâmetros de acordo com a resposta espectrais das bandas e do uso de índices radiométricos (Figura 2).

Figura 2. Fluxograma metodológico da modelagem do conhecimento.

Após o processo de classificação automática, foi efetuado o procedimento de classificação visual, a fim de melhorar as classificações conflituosas do mapeamento automatizado.

A metodologia abordada para atestar a qualidade do mapeamento é a de validação por amostragem aleatória e estratificada (LANDIM, 2003), fazendo uso das imagens do Google Earth Pro. A geração de pontos aleatórios para validação de mapeamento já foi utilizada por outros autores, como Silva et al. (2011) e Nascimento et al. (2013). Lopes (2009) atestou a fidelidade geométrica das imagens do Google Earth em comparação com bases de dados utilizadas em mapeamentos, estando passíveis de serem utilizadas para validação.

Diante da possibilidade de utilização da base de imagens do Google Earth para validação, o resultado da classificação foi incorporado em formato vetorial ao software ArcGIS, onde os centroides dos polígonos foram extraídos pela ferramenta *polygon to point*, gerando cerca de 1989 pontos. Em seguida, os pontos foram submetidos à função *subset features*, do módulo *Geostatistical Analyst*, onde passaram por uma seleção estatística aleatória de 20% dos pontos de cada classe, restando 398 pontos aleatórios.

Esses pontos, que portam em seus atributos o nome da classe à qual pertencem, foram incorporados no software Google Earth Pro, e sobrepostos a imagens de alta resolução, onde cada um foi validado. Os pontos com usos compatíveis ou incompatíveis por classes a que concernem foram descritos e somados em uma planilha contendo a matriz de confusão.

3. Resultados e Discussões

Através da matriz de confusão gerada pela validação do mapeamento é possível analisar as principais dificuldades e limitações da classificação (tabela 1). Cabe destacar o bom desempenho obtido pelo mapeamento de uso e cobertura da terra. O resultado da validação aponta que as classes com maior dificuldade de classificação foram as de agropasto, floresta e urbano rarefeito, respectivamente.

Isso ocorre devido à maior representatividade de áreas de pastagem e agricultura na área de estudos, e às áreas de florestas, que estão relacionadas as áreas protegidas e de serra ao norte da área de estudos. Já o urbano rarefeito está associado ao crescimento urbano na região, em que as áreas de lotes vazios entre urbanos estão no processo de transição para áreas consolidadas.

O valor do índice Kappa foi 0,87, sendo considerado por Landis & Koch (1977) substancialmente aceitável, correspondendo ao segundo nível mais alto da escala de validação. Cabe destacar os erros de comissão e omissão (tabela 1), que se referem respectivamente ao que foi classificado sem ser de fato aquela classe, superestimando-a; e os erros de omissão, que se referem as classificações que foram omitidas pela modelagem, ou seja, não foram classificadas devidamente, subestimando a classe em discussão.

Tabela 1. Matriz de confusão gerada a partir da validação a partir de pontos aleatórios do Google Earth.

Classes	Agropasto	Água	Área úmida	Floresta	Urbano Moderado	Urbano Rarefeito	Total
Agropasto	162	0	0	13	2	1	178
Água	2	16	1	1	0	0	20
Área úmida	2	0	5	0	0	0	7
Floresta	14	0	0	128	0	0	142
Urb.Moderado	1	0	0	0	9	5	15
Urb.Rarefeito	10	1	0	1	1	23	36
Total	191	17	6	143	12	29	398
Comissão	82,82	94,12	83,33	89,51	75,00	79,31	100
Omissão	91,01	80,00	71,43	90,14	60,00	63,89	100

Além disso, obteve-se 0,92 de aceitação relativa (PO) e 0,40 de taxa hipotética de aceitação (PE), e 0,86 de exatidão global. O que representa um bom desempenho de validação, dando confiabilidade ao uso desse mapa para as diversas finalidades (tabela 2).

Tabela 2. Dados da validação do mapeamento de uso e cobertura da terra

Aceitação Relativa – PO	0,92
Taxa Hipotética de Aceitação – PE	0,40
Kappa	0,87
Exatidão Global	0,86

A partir de uma análise espacial e quantitativa do mapeamento, obteve-se como resultado uma área de 104,90 km² da classe de agropasto, que corresponde as áreas de pastagem e cultivos, representando 35,96% da bacia. Da extensão de floresta, cobertura arbórea típica de mata atlântica, que está distribuída nas áreas ao norte do mapeamento, obteve-se 97,98 km² de áreas florestadas, tendo uma porcentagem de 33,58% (figura 3).

As áreas urbanas que, em sua maioria, estão situadas no litoral da bacia, correspondem a 37,15 km², sendo divididas em 7,87% de urbano rarefeito, que representa áreas urbanas com loteamentos vazios entre as ocupações, e 4,86% urbano moderado, que representa as áreas de ocupação horizontal contínua. A classe de água, que pode ser considerada como lagoas e espelhos d'água, possuem uma área correspondente a 37,33 km², com porcentagem de 12,80%.

A areia, cordões arenosos, possui uma área de 1,62 km², com 0,56%. Área úmida, área de inundação temporária, corresponde a 10,55 km², com 3,61%. O solo exposto possui uma área de 0,20 km², com 0,07%. Por fim, a área de restinga corresponde 2,02km², com 0,69%.

Esses problemas podem ser identificados como: aumento do escoamento de esgoto na região, maior produção de lixo por parte dos habitantes dessas áreas urbanas, assoreamentos de lagoas e vários outros problemas relacionados ao crescimento do quantitativo populacional. Em especial, um desses problemas que podem ser considerado como um gerador de mais loteamentos, o assoreamento. Com esse processo sobre as lagoas e outros corpos hídricos, ocorre a diminuição dos espelhos d'água, quais se tornam propensos a sofrerem sequências de

aterramento para criação de novos lotes, destinados a venda para construções residenciais e também comerciais, para diversos fins.

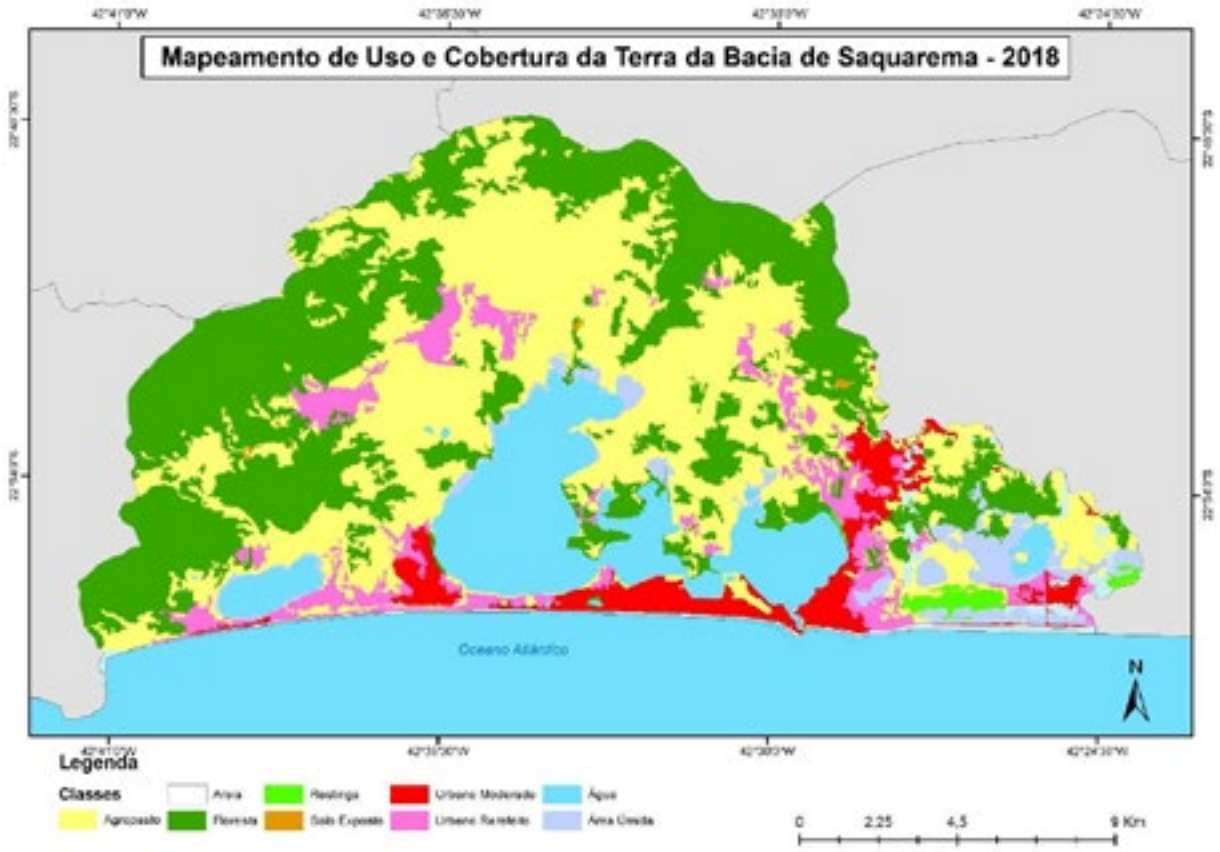


Figura 3. Mapeamento de uso e cobertura da terra.

4. Conclusões

Podemos concluir que a classificação de imagens baseada em objetos (GEOBIA) teve um desempenho bastante assertivo, cumprindo de maneira satisfatória aos objetivos propostos do mapeamento de uso e cobertura da terra. Outro ponto relevante se destina as vantagens relacionado ao uso das imagens de satélite Sentinel 2, que proporcionou maiores possibilidades de classificação, com o uso de diferentes descritores elaborados a partir da composição das

bandas, permitindo uma melhor identificação das classes e auxiliando no processo metodológico.

Por fim, podemos concluir que o mapeamento de uso e cobertura da terra nos deu subsídios para o reconhecimento das atividades distribuídas na região, como a pertencente a classe de Agropasto, onde foi identificada atividades de plantação de grama na bacia para fins econômicos. Essa atividade foi identificada na área Norte do mapeamento com constante crescimento.

Também foi possível notar que a ocupação das áreas urbanas, seja ela rarefeita ou moderada, está ocorrendo com maior intensidade no litoral da bacia, o que pode ser um indício de processo especulativo imobiliário na região, tendo como foco os lotes no litoral, cujo propósito é usado para atividades promovidas pelo turismo na região. As áreas urbanas, bem como outros usos crescentes, tendem a promover uma mudança da paisagem litorânea, alterando ecossistemas costeiros, áreas brejosas e lagunares. Da mesma forma, as atividades agrícolas tendem a fragmentar a floresta e ocasionar riscos aos recursos naturais.

Referências Bibliográficas

ANTUNES, M. A. H.; GLERIANI, J. M. & DEBIASI, P. Atmospheric effects on vegetation indices of TM and ETM+ images from a tropical region using the 6S model. In: Proceedings of the IEEE IGARSS2012, Munich, pp. 6549-6552. 2012.

CRUZ, C.B.M., VICENS, R.S., SEABRA, V.S., REIS, R.B., FABER, O.A., RICHTER, M., ARNAUT, P.K.E., ARAUJO, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica na escala 1:250.000. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Florianópolis: INPE, 2007.

DEFINIENS. The Principles of Definiens Cognition Network Technology. Disponível em: http://earth.definiens.com/learn/technology. Acesso em Janeiro de 2010.

JENSEN, JHON R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphanio (Cor.) et al. São José dos Campos, SP. 2ª Edição. 2007.

LANDIS, J.R.; KOCH, G. G. *The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data.* Biometrics. Vol. 33, No. 1, pp. 159-174. 1977.

LANDIM, P.M.B. Análise Estatística de Dados Geológicos Multivariados. São Paulo: Oficina de Textos, 2003. 208p.

LOPES, E. E. Proposta metodológica para validação de imagens de alta resolução do Mapa de Cultura RJ 2018 – Sambaquis. Disponível em: <http://mapadecultura.rj.gov.br/manchete/museu-do-sambaqui-da-beirada> Acessado em: 04 dez 2018. 2018.

NASCIMENTO, A. F.; RUBIM, I. B.; PEREIRA, E. G. S.; BARROS, R. S.; RICHTER, M.. Classificação da cobertura da terra, utilizando os programas livres: InterImage, WEKA e QuantumGIS. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 2013, Foz do Iguaçu. São José dos Campos: INPE. Artigos, p. 2258-2265. CD-ROM, On-Line. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/>. Acesso em: set. 2016. 2013.

SANTOS, A.B., COSTA, E.C.P.; SOUSA, R.C.S., SEABRA, V.S. Aplicação Ambiental em Geoprocessamento: análise das mudanças de uso e cobertura da terra no município de Saquarema-RJ nos anos de 1984 e 2014. 5º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade, 2016.

SAUSEN, T.M. Sensoriamento Remoto e suas aplicações para cursos naturais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. (http://www.herbario.com.br/) São José dos Campos-SP.2005.

SILVA, D.V.S.; CRUZ, C.B.M. 2018. Tipologias de Caatinga: Uma Revisão em Apoio a Mapeamentos Através de Sensoriamento Remoto Orbital e GEOBIA. Revista do Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo. www.revistas.usp.br/rdg - ISSN 2236 - V.35

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DOS FOCOS DE CALOR NO AMAPÁ

Gabriela Sousa Caric [(a)], Genival Fernandes Rocha[(b)] Eduardo Queiroz de Lima[(c)] Natalia Batista e Silva[(d)]

[(a)] Departamneto de Filosofia e ciências Humanas (DFCH), Universidade Federal do Amapá-UNIFAP, gabrielascaric@gmail.com

[(b)] DFCH, UNIFAP, genivalrocha@unifap.br

[(C)] DFCH, UNIFAP, eduqlima@unifap.br

[(d)] DFCH, UNIFAP, nataliabatista_silva@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Uma área considerada foco de calor é aquela cuja temperatura está acima de 47°C, essa elevada temperatura pode ou não ter relação com um incêndio.Este trabalho tem como objetivo analisar os registros de focos de calor a partir do satélite AQUA durante os anos de 2017 e 2018 no estado do Amapá. Os dados foram coletados a partir do Banco de dados de quimadas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em formato shapefile processados a partir do software Qgis versão 2.14, onde foram criados mapas de densidades de Kernel para uma melhor analise da concentração dos focos. Os registros obtidos foram um total de 1.946 focos de calor captados pelo satélite e para o ano de 2017 e em 2018 os registros totais de focos foram de 1.206.

Palavras chave: Amapá; focos de calor; densidade.

1. Introdução

O monitoramento rotineiro de fogo ativo na Amazônia iniciou-se nos meados de 1980 no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em São José dos Campos, Brasil. Dados de satélite são particularmente úteis para o monitoramento do fogo, uma vez que fornecem informações sistemáticas sobre a atividade de fogo na região Amazônica, inclusive em áreas mais remotas, onde as observações de campo são difíceis. A quantidade de sistemas de satélites

em operação e apropriados para o monitoramento de fogo cresceu substancialmente desde a década passada, o que favoreceu o aumento da capacidade de identificar e delimitar os padrões de distribuição espacial e temporal do fogo na região (SCHROEDER et. al., 2009).

Conforme Batista (2004), os incêndios são uma das mais importantes fontes de danos aos ecossistemas florestais nas regiões em processo de desenvolvimento. Além dos inúmeros danos florestais, os incêndios têm importância ecológica devido a sua influência na poluição atmosférica e mudanças climáticas. Sabe-se que os incêndios florestais podem derivar de dois meios, ou ações antrópicas ou fenômenos naturais. Algumas condições climáticas, como diz Mendonza (2002), são favoráveis também ao aumento das queimadas, os períodos de pouca chuva e baixa umidade do ar contribuem para esta alta, como, por exemplo, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.

Neste contexto, as geotecnologias atuam como importantes ferramentas que auxiliam o monitoramento de focos de calor, mediante a sua utilização, torna-se possível mapear, quantificar e realizar análises espaciais de ocorrência dos focos. Vale salientar que também há o sensoriamento remoto em tempo real, que visa localizar focos de calor, identificando as transformações relevantes do ambiente (SANTOS; SOUZA & SILVA, 2011). Por isso, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais(INPE) tem como responsabilidade monitorar queimadas em todo o Brasil através de satélites, estimando e prevendo os riscos de queima na vegetação (INPE, 2007).

Este trabalho tem como objetivo apresentar e analisar os registros de focos de calor disponibilizados pelo Banco de Dados de Queimadas (BDQueimadas) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para os anos de 2017 e 2018 no estado do Amapá.

2.Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

O estado do Amapá localiza-se ao norte do Brasil e o seu território é de 142.828,521 km², fazendo dele, assim, o décimo oitavo maior estado do País. É um dos entes federativos autônomos mais recentes, deixando de ser Território Federal em 1988. quando a Constituição Federal o elevou a estado da Federação. O Amapá situa-se na zona equatorial e possui clima quente e úmido.

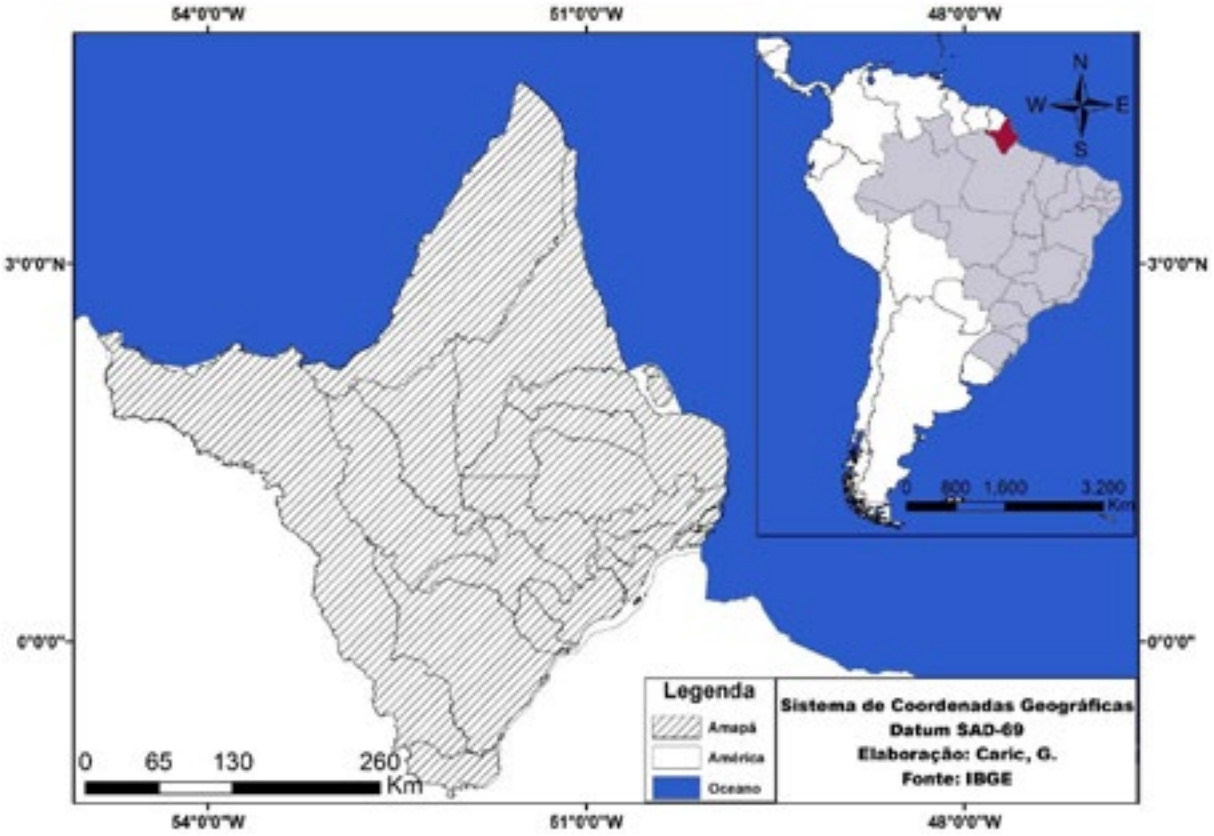


Figura 1. Mapa de localização

Foram utilizados dados vetoriais shapefile do BDQueimadas/INPE para o estado em estudo nos anos de 2017 e 2018. Estes dados resultam da análise dos focos de calor registrados pelo satélite "**Refer.AQUA_M-T"**. O AQUA é um satélite americano e como o próprio nome sugere foi projetado para monitorar vários tipos de fenômenos físicos referentes à circulação da energia e da água na Terra. A missão AQUA faz parte do Earth Observation System (EOS),

leva a bordo seis instrumentos sensores: Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU-A), Humidity Sounder for Brazil (HSB), Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E), Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) e Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES). Tem resolução espacial de 500 a 1000m, seu período de revisita é de 1 a 2 dias (EMBRAPA, 2013). Para a delimitação da área de estudo foi usado a base cartográfica de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados foram processados e espacializados através do software QGIS (versão 2.14) por meio do complemento Mapas de Calor.

Tal complemento torna possível a geração de Mapas de Kernel que utiliza estimador e densidade de Kernel, um método estatístico de estimação de curvas de densidades, em que cada uma das observações é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo. O Mapa de Kernel é uma alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões. No mapa é plotado, por meio métodos de interpolação, a intensidade pontual de determinado fenômeno em toda a região de estudo, utilizado para uma melhor visualização e análise das concentrações excessivas dos pontos de focos de calor (MEDEIROS, 2018).

O mapa foi classificado em 6 níveis de ocorrência dos focos de calor registrados no estado em pauta. Estes foram classificados respectivamente em: Sem Registro de Ocorrência, Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto, onde a cor e tonalidade variam de acordo com os registro de focos.

3. Resultados e Discussões

Os resultados deste estudo foram apresentados em forma de tabela, gráfico e mapa. A tabela apresentada mostra o registro anual dos focos de calor feito pelo INPE para os anos de 2017 e 2018. É possível observar que nos meses de estiagem (Setembro, Outubro e Novembro) registraram as maiores altas.

Tabela I. Número de Focos de Calor registrados no Amapá

Mês	Ano 2017	Ano 2018
	N° Focos	N° Focos
Janeiro	2	14
Fevereiro	0	1
Março	0	0
Abril	3	1
Maio	2	1
Junho	2	3
Julho	3	4
Agosto	28	38
Setembro	88	123
outubro	440	571
Novembro	972	450
Dezembro	406	0
TOTAL	1946	1206

Fonte: INPE

Pode-se observar na figura 2, o registro mensal de focos de calor nos dois anos de análise. O gráfico expressa os valores numéricos registrados pelo INPE. Meses como Fevereiro e Março para o ano de 2017 não tiveram registro de focos de calor, assim como Março e Dezembro no ano de 2018. Já nos outros meses para os dois anos ocorreram pelo menos um registro de foco.

O ano de 2017 teve um total de 1.946 focos de calor captados pelo satélite e para o ano de 2018 os registros totais de focos foram de 1.206.

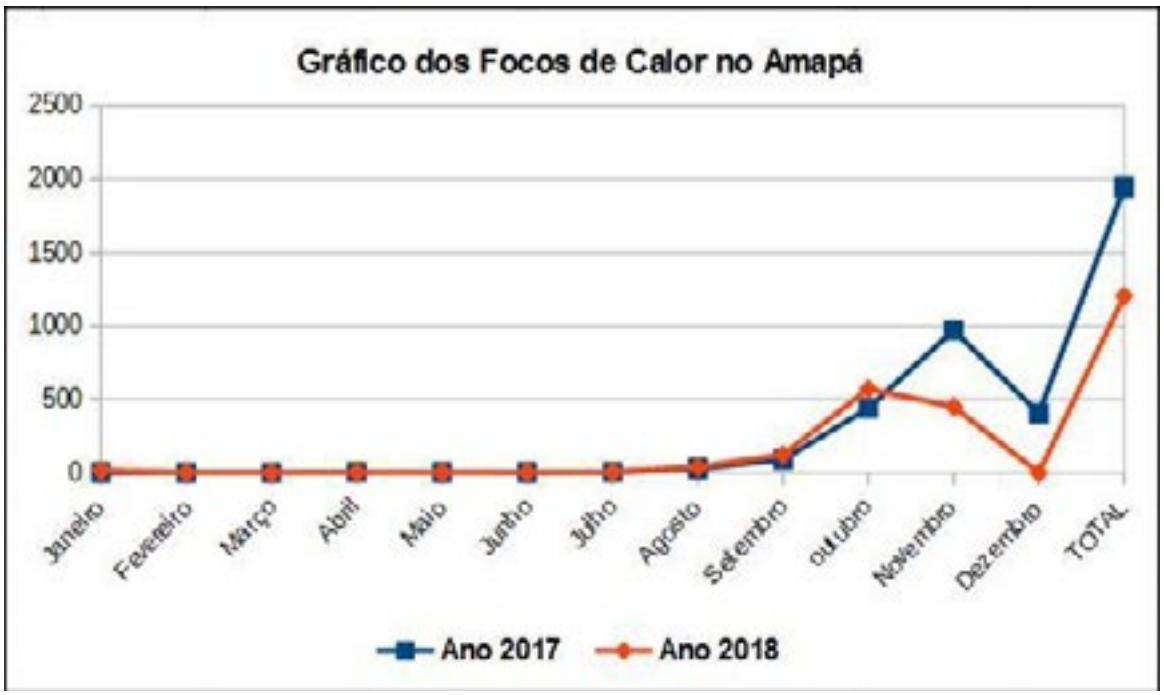


Figura 2. Gráficos dos Focos de calor para os anos de 2017 e 2018.

A figura 3 informa a distribuição de densidade dos focos de calor no estado do Amapá segundo o método de Kernel. Como já exposto, essa distribuição foi caracterizada em seis níveis, variando de acordo com a cor e tonalidade, onde a cor vermelha expressa os locais de maiores concentrações de focos de calor registrados pelo satélite AQUA. Observamos que a maior concentração de focos de calor se distribui ao decorrer das áreas savânicas do Amapá, área que abrange alguns dos municípios mais urbanizados do Amapá ou que concentram as principais atividades econômicas.

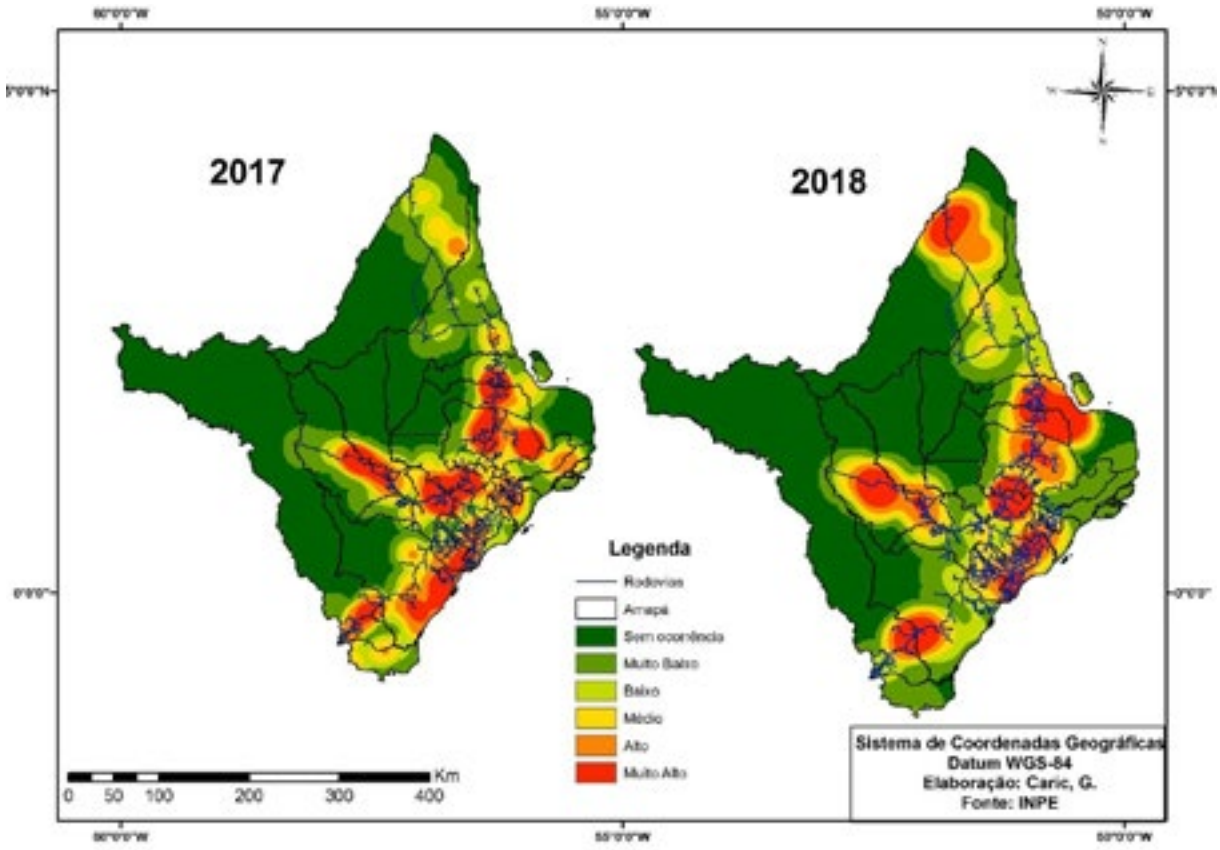


Figura 3. Mapa de Densidade dos focos de calor

4. Considerações finais

Através da coleta pelo satélite AQUA no banco de dados do INPE, percebe-se que o ano de 2017 obteve mais registros de focos de calor ao longo do território amapaense em comparação ao ano de 2018. Através do gráfico consegue-se perceber que os meses de Setembro, Outubro e Novembro foram os meses de maiores ocorrências de focos de calor para ambos os anos. É importante frisar que o mês de Dezembro de 2017 também foi registrado número significativo de ocorrências.

Pode-se levar em consideração que estes meses registraram as maiores altas por consequência do verão da estiagem Amazônia, períodos que registram baixos ou nenhum

índices pluviométricos. A distribuição destes focos de calor, como já dito se dá ao longo das áreas de savana, sobretudo ao longo das maiores rodovias que ligam o estado e que ocasionam maior fluxo de pessoas e mercadorias, consequentemente, há maior intervenção antrópica que influencia os registros de focos de calor.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador Genival Fernandes rocha pelo emprenho dedicado à ajuda na elaboração deste trabalho, ao professor Eduardo Lima pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos. Agradeço a universidade federal do amapá pelo ambiente proporcionado para realizar esta pesquisa. Agradeço a pró-reitoria de extensão e ações comunitárias (PROEAC) e a financiadora de estudos e projetos (FINEP) pelo apoio e financiamento.

Referências bibliográficas

BATISTA, A.C. **DETECÇÃO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS POR SATÉLITES.** FLORESTA 34 (2), Mai/Ago, 2004, 237-241, Curitiba, Pr.

EMBRAPA. **AQUA – Aqua Project Science.** DISPONIVEL EM: < https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_aqua.html> ACESSO EM:23/01/2019.

INPE. **Queimadas Monitoramento de Focos.** Disponível em:< http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/v_antiga/perguntas.html> acesso em: 23/01/2019.

MEDEIROS. A. **Introdução aos Mapas de Kernel.** Disponível em:< http://www.andersonmedeiros.com/mapas-de-kernel-parte-1/> acesso: 23/01/2019

MENDOZA, E. R. H**. Susceptibilidade da floresta primária ao fogo em 1998 e 1999:** estudo de caso no Acre, Amazônia Sul - Ocidental, Brasil. Dissertação (Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre. 2002.

SANTOS, C. A. P. d; SOUZA, U. B. d; SILVA, W. L. **Quantificação dos focos de calor na Meso-região do Extremo Oeste Baiano**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. (SBSR), 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p.7926- 7933. Internet. Disponível:http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.21.17.15/doc/p1541.pdf >. Acesso em: 25/01/2019.

SCHROEDER, W. ALENCAR, A. ARIMA, E. SETZER, **A. A Distribuição Espacial e Variabilidade Interanual do Fogo na Amazônia**. Amazônia e Mudança Global Série 186 de Monografias Geofísicasda American Geophysical Union. 2009.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE DOS PADRÕES ESPACIAIS DE PARÂMETROS GEOMORFOMÉTRICOS SUBMETIDOS AO ÍNDICE DE DIVERSIDADE DE *SHANNON*

Julio Manoel França da Silva [(a)], Claudinei Taborda da Silveira[(b),] Anderson Luiz Godinho Belem[(c)]

[(a)] Departamento de Geografia/Universidade Estadual do Centro-Oeste, jmsilva@unicentro.br
[(b)] Departamento de Geografia/Universidade Federal do Paraná, claudinei.ufpr@yahoo.com.br
[(c)] Colégio Militar de Curitiba, andebelem@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho apresenta o resultado da submissão de parâmetros geomorfométricos ao Índice de Diversidade de *Shannon*, objetivando analisar o padrão espacial de classes de diversidade a partir de análise preliminar dos seus graus de associação, avaliando o potencial de determinadas variáveis para possível constituição de um índice de diversidade geomorfológica.

Palavras chave: Geomorfometria, Análise Digital do Relevo, Geodiversidade.

1. Introdução

O desenvolvimento progressivo das técnicas de análise espacial em Sistema de Informações Geográficas (SIG), associando-se à disponibilização crescente de fontes de dados, propicia a sistematização de procedimentos voltados à quantificação dos aspectos topográficos e geomorfológicos do meio abiótico, possibilitando, hodiernamente, significativo aperfeiçoamento técnico e metodológico, inclusive podendo englobar a avaliação da acurácia dos dados e dos produtos cartográficos gerados, legitimando diferentes elementos espaciais conforme ênfase de pesquisa; que no caso do presente trabalho adota como recorte espacial o setor norte da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra da

Esperança (PR), concernente aos municípios de Guarapuava (mesorregião centro-sul) e Prudentópolis (mesorregião sudeste), inseridos entre as latitudes 25º02'36" e 25º31'15" Sul; e longitudes 51º04'04" e 51º20'13" Oeste. Possui área de 727,5 km^2, o que corresponde a 33,7% da totalidade desta unidade de conservação de uso sustentável (2.065,55 km^2), cujo acesso é viabilizado pelas rodovias BR-277, entre Curitiba e Foz do Iguaçu; e PR-353, a partir de Ponta Grossa.

De modo conjectural, a configuração dos componentes abióticos da área de pesquisa é determinada, mais destacadamente, pelo condicionamento exercido pelos fatores geomorfológicos da paisagem, os quais podem ser analisados, potencialmente, pelo arcabouço teórico-metodológico oferecido pela *Geomorfometria* – ciência que objetiva, mediante múltiplos atributos e parâmetros, quantificar e classificar a superfície topográfica, considerando os variados componentes do meio físico que, direta ou indiretamente, estão a ela associados (PIKE, 2000); destacando-se como ciência interdisciplinar aplicável em diversificados campos do conhecimento (TOBLER, 2000; PIKE *et. al*., 2009).

Sendo assim, em consonância às particularidades locais, considera-se que estudos amparados pela geomorfometria oferecem recursos analíticos mais eficazes para avaliação da variabilidade geomorfológica, bem como, potencialmente, de suas funções sistêmicas. Para tanto, sua modelagem, parametrização e inferência, devem ser capazes de demonstrar, espacialmente, que a diversidade do relevo possui relações intrínsecas com a complexidade topográfica da área de pesquisa, as quais podem ser legitimadas através da integração de variáveis, amparando-se em análise espacial em ambiente SIG.

Nesta perspectiva, o objetivo geral da pesquisa refere-se ao estabelecimento de índices quantitativos para indicar a *Riqueza* (número de elementos) e *Equabilidade* (proporção espacial) de diferentes parâmetros geomorfométricos, considerando os apontamentos de Panizza (2009) e Thomas (2011; 2012) acerca da quantificação da diversidade de atributos topográficos e geomorfológicos da geodiversidade.

2. Métodos e procedimentos

A Tabela 1 apresenta, suscintamente, as características dos parâmetros geomorfométricos gerados a partir de Modelo Digital do Terreno (MDT) de 30 metros de resolução; os critérios para seu cálculo (eq. 1 a 9) e sua categorização em intervalos de classes.

Tabela I – Parâmetros geomorfométricos

Parâmetro	Modelo teórico	Processamento em SIG	Algoritmos (1 a 9)		Intervalos de classes
Declividade	Horn (1981)	Diferença entre as distâncias vertical e horizontal entre dois pontos	$fx = \frac{[(Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7)]}{8L}$ $fy = \frac{[(Z_1 + 2Z_6 + Z_3) - (Z_7 + 2Z_8 + Z_9)]}{8L}$	(Eq. 1) (Eq. 2)	<3%; 3-8%; 8-20%; 20-45%; 45-75%; >75%
Orientação de vertentes	Horn (1981)	Ângulo de direção do declive, identificando a variação no valor de cada célula com seus vizinhos	*Orient = 57,29578 * atan2 ([dz/dy], - [dz/dx])*	(Eq. 3)	0-22.5º; 22.5-67.5º; 67.5-112.5º; 112.5-157.5º; 157.5-202.5º; 202.5-247.5º; 247.5-292.5º; 295.5-337.5º; 337.5-360º
Curvatura vertical	Zevenbergen & Thorne (1987)	Formato convexo/ côncavo do terreno (perfil de curvatura)	$-2\left(\frac{H^2D - GHF + G^2E}{G^2 + H^2}\right)$	(Eq. 4)	< - 0.01 (Convexa); - 0.01 a 0.01 (Retilínea); > 0.01 (Côncava)
Curvatura horizontal	Zevenbergen & Thorne (1987)	Caráter divergente/ convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno (plano de curvatura)	$-2\left(\frac{G^2D - GHF + H^2E}{G^2 + H^2}\right)$	(Eq. 5)	< - 0.01 (Convergente); - 0.01 a 0.01 (Planar); > 0.01 (Divergente)
Índice de Rugosidade do Terreno (IRT)	Riley, Degloria & Elliot (1999)	Dispersão das elevações de cada célula central para suas oito vizinhas, considerando, valores positivos e negativos de inclinação	$IRT_{r,c} = \sqrt{\sum_{i=r-1}^{r+1}\sum_{j=c-1}^{c+1}(e_{i,j} - e_{r,c})^2}$	(Eq. 6)	< 1.9 (Plano); 1.91 a 3.9 (Quase Plano); 3.91 a 5.9 (Baixa); 5.91 a 8.4 (Intermediária); 8.41 a 11.4 (Moderada); 11.41 a 15.6 (Elevada); 15.61 a 36.9 (Extrema)
Índice Topográfico de Umidade (ITU)	Tarboton (1997)	Logaritmo natural da razão entre área de contribuição e a tangente da declividade em graus	$ln\left(\frac{A_c}{tan\beta}\right)$	(Eq. 7)	5.4 a 7.8 (Muito bem drenado); 7.81 a 9.3 (Bem drenado); 9.31 to 11.7 (Moderadamente drenado); 11.71 a 15.5 (Mal drenado); 15.5 a 21.4 (Muito mal drenado)
Índice de Posição Topográfica (IPT)	Weiss (2001)	Diferenças entre valores de um ponto central e os valores médios do seu entorno a partir de raio pré-definido	$IPT = Z_0 - \overline{Z}$	(Eq. 8)	> 1 std (Topos e Morros); > 0.5 e ≤ 1 std (Vertentes superiores); > - 0.5, < - 0.5 std, decliv. <5º (Vertentes intermediárias); ≥ - 0.5 e ≤ - 0.5 std, decliv ≥5º (Areas planas); ≥ -1 e < 0.5 std (Vertentes rebaixadas); < -1 std (Vales e Canyons)
	Wilson & Gallant (2000)	Dimensão de raio de vizinhança	$\overline{Z} = \frac{1}{n}\sum i\ E\ R^Z\ i$	(Eq. 9)	

A quantificação da diversidade geomorfológica da área de estudo perpassou a análise de arquivos *raster* e vetoriais; todos configurados em dados de entrada (*inputs*) e de saída (*outputs*),

analisados em SIG com base em: Matriz de mensuração (2.910 células de 500 x 500 metros), Índice de Diversidade de *Shannon*, Álgebra de Mapas e Índice de *Moran* Bivariado.

O Índice de Diversidade de *Shannon* (SHDI), derivado da Teoria da Informação (SHANNON, 1948; 1949), foi utilizado para mensurar, nas células de 500 x 500 metros mencionadas, o número de ocorrências das classes e suas respectivas proporções (Eq. 10):

$$SHDI = -\sum_{i=1}^{s} pi = \frac{n_i}{N} * Ln\ pi \quad \text{(Eq. 10)}$$

Onde: ni refere-se ao número de células relativas à cada classe, N o número total de classes da amostra (Riqueza) e pi à proporção das mesmas (Equabilidade) em relação à área, expressa em Logaritmo Natural (Ln).

Para a classificação dos índices de diversidade derivados dos parâmetros geomorfométricos, o SHDI foi adotado para definição de cinco classes de diversidade: 1) *Muito Baixa*, 2) *Baixa*, 3) *Média*, 4) *Alta*, e 5) *Muita Alta*; pautando-se no algoritmo *Natural Breaks – Jenks* do ArcGIS 10.1, onde os intervalos refletem, simultaneamente, o agrupamento natural de dados com valores similares e a maximização da diferença entre classes (ESRI, 2010).

3. Resultados

A análise digital dos parâmetros geomorfométricos (Fig. 1), bem como do conjunto de planos de informação, possibilitou a aferição de um conjunto de elementos espaciais, cuja avaliação, em termos de diversidade geomorfológica, é argumentada com base no quadro comparativo entre os padrões espaciais (Fig. 2) dos intervalos de classes dos índices de diversidade individuais.

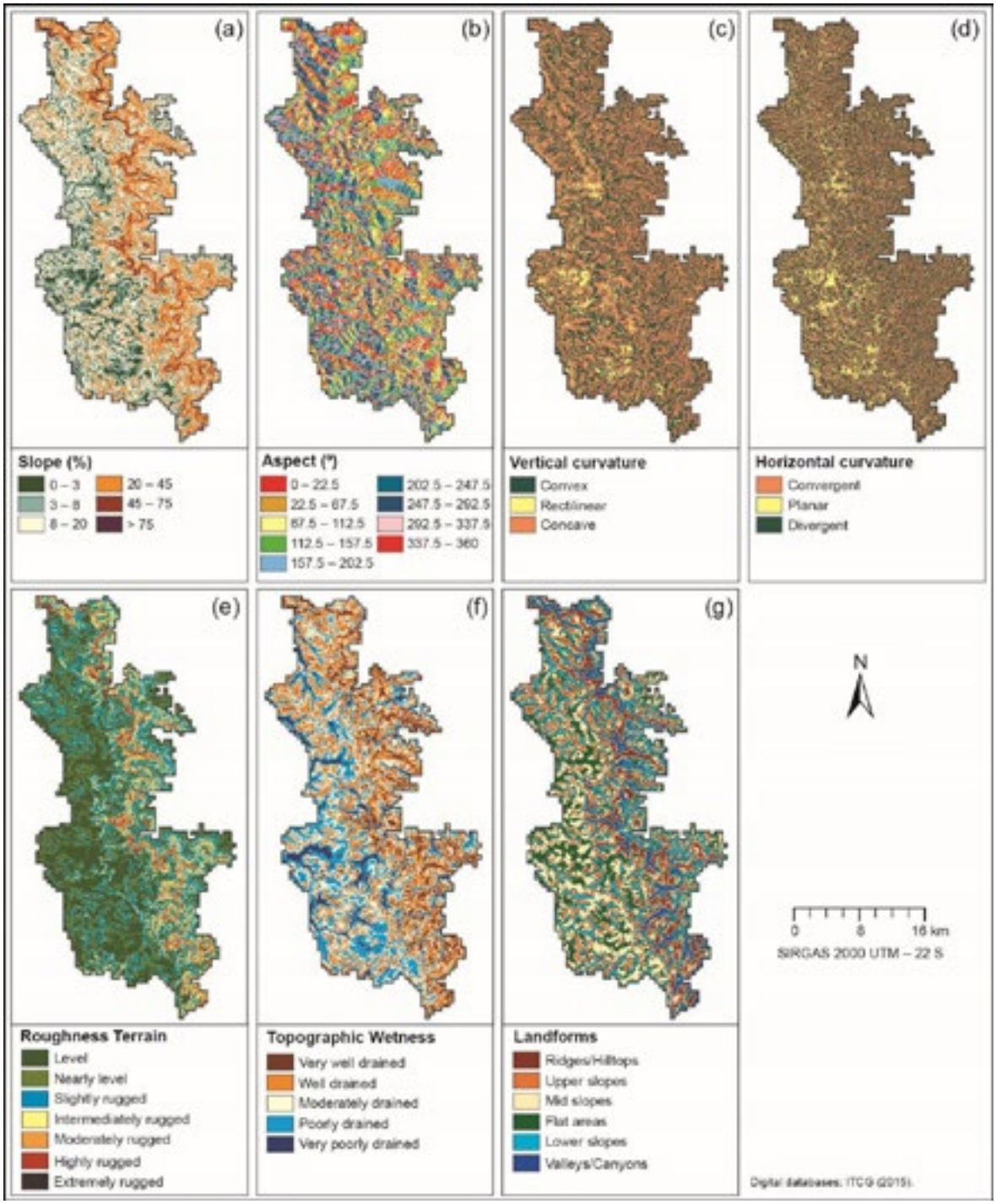


Fig. 1 – Parâmetros Geomorfométricos: Declividade (a), Orientação (b), Curvatura vertical (c), Curvatura horizontal (d), IRT (e), ITU (f) e IPT (g)

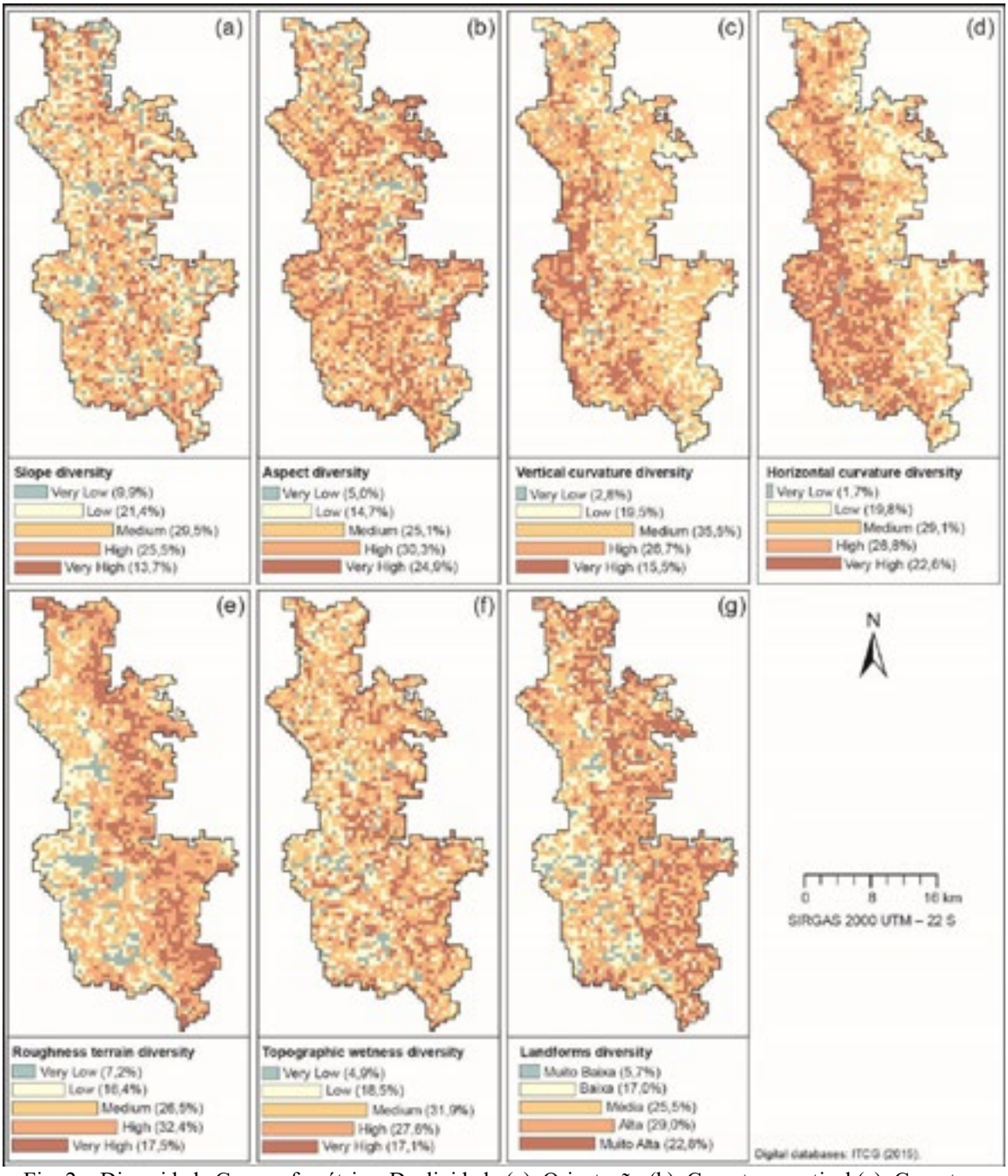


Fig. 2 – Diversidade Geomorfométrica: Declividade (a), Orientação (b), Curvatura vertical (c), Curvatura horizontal (d), IRT (e), ITU (f) e IPT (g)

Conforme mencionado, os elementos espaciais referentes à diversidade de classes dos parâmetros geomorfométricos foram mensurados pelo Índice de Diversidade de Shannon (SHDI), em células de 500 x 500 m.

A classe *Muito Baixa* possui menor percentagem em todos os índices específicos, apresentando representatividade espacial mais evidente no *grid* de diversidade de declividade, ocupando 9,9% da área; sendo amplamente reduzido, por outro lado, nos *grids* relativos à curvatura vertical e curvatura horizontal, onde ocupa, respectivamente, 2,8% e 1,7% da área total.

Em relação ao padrão espacial esta classe aparece significativamente esparsa nos índices de declividade, orientação de vertentes, curvatura vertical e curvatura horizontal; apresentando manchas mais discerníveis espacialmente nos índices de rugosidade do terreno, umidade topográfica e formas de relevo.

A diversidade *Média* é predominante nos índices de declividade (29,5%), curvatura vertical (35,5%), curvatura horizontal (29,1%) e umidade topográfica (31,9%); apresentando, ainda, amplo percentual em área nos índices de orientação de vertentes (25,1%), rugosidade do terreno (26,5%) e formas de relevo (25,5%).

No entanto, constata-se uma distribuição consideravelmente difusa desta classe, especialmente nos índices de declividade e orientação de vertentes. Avalia-se que esta categoria possui função preponderante no nivelamento das demais classes, delimitando o aumento progressivo tanto das que indicam a menor diversidade (*Muito Baixa* / *Baixa*) quanto daquelas que indicam a maior diversidade (*Muito Alta* / *Alta*) – premissa válida para cada parâmetro geomorfométrico.

As classes que denotam a maior diversidade (*Alta* e *Muito Alta*) possuem relevância espacial em todos os parâmetros geomorfométricos, e seu nivelamento gráfico é melhor constatado nos seguintes índices: orientação de vertentes (30,3% e 24,9%), curvatura horizontal (26,8% e 22,6%) e formas de relevo (29% e 22,8%). Destacando classes *Alta* e *Muito Alta* no contexto de distintas configurações espaciais, os seguintes predicados puderam ser evidenciados:

1) Apresentam padrão difuso nos índices de diversidade de declividade e de orientação de vertentes;
2) Se concentram à oeste da área de estudo nos índices de curvatura horizontal e de curvatura vertical;

3) Apresentam correlação com relevos situados em amplitudes altimétricas mais significativas quando são analisados nos *grids* de diversidade de IRT, ITU e IPT;
4) Evidenciam relações espaciais inversas entre as classes de diversidade definidas sobre parâmetros geomorfométricos primários (declividade, orientação de vertentes, curvatura vertical e curvatura horizontal) em comparação àqueles resultantes de parâmetros geomorfométricos secundários (IRT, ITU e IPT).

4. Conclusões

Enfatizando a fonte de dados processada em ambiente SIG, destaca-se que a definição da resolução do Modelo Digital do Terreno (MDT) em 30 metros (dimensão de cada *pixel*) repercutiu na minimização de artefatos e ruídos nos parâmetros geomorfométricos, comparativamente a outras medidas, possibilitando, satisfatoriamente, o cálculo de um conjunto de variáveis para serem testadas de acordo com os objetivos estipulados para o trabalho.

Após serem submetidos ao Índice de *Shannon* (SHDI), os parâmetros derivados do MDT passaram a ser avaliados de acordo com a Riqueza e Equabilidade de classes, sendo categorizados em cinco intervalos de classes.

Mediante análise de correlação espacial, se constatou que há uma relação inversa entre os índices estabelecidos sobre os parâmetros primários (declividade, orientação de vertentes, curvatura vertical e curvatura horizontal) em comparativo aos oriundos dos parâmetros secundários (IPT – Índice de Posição Topográfica; IRT – Índice de Rugosidade do Terreno; e ITU – Índice Topográfico de Umidade).

Sendo assim, torna-se necessário a adoção de indicadores de associação espacial para definição da correlação entre variáveis para viabilizar a definição de um índice de diversidade geomorfométrica resultante da integração dos parâmetros geomorfométricos imprescindíveis.

Em que pese a disponibilidade de múltiplos recursos geomorfométricos e estatísticos, considera-se que a avaliação quantitativa da diversidade perpassa a necessidade de amplo reconhecimento das particularidades de determinada área de interesse, pautando-se na definição do nível analítico requerido (global, regional ou local) e estabelecimento de objetivos bem delineados.

Por outro lado, reitera-se a viabilidade da geomorfometria para aquisição de um conjunto de informações topográficas, sendo potencialmente aplicáveis para o teste de hipóteses relacionadas a geodiversidade, considerando variáveis derivadas de uma mesma fonte de dados. Ainda, como os parâmetros geomorfométricos são dotados de conectividade e contiguidade espacial, podem auxiliar a resolver problemáticas correlacionadas as faixas de transição fisiográfica – comumente constatadas em estudos envolvendo a variabilidade abiótica.

3. Referências Bibliográficas

ESRI – Environmental Systems Research Institute**. ArcGis, Spatial Analyst, 3D Analyst**. Version 10.1., 2010.

HORN, B.K.P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n.69, v.1, p.14-47, 1981.

PANIZZA, M. The Geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): A Keyof Geoheritage Assessment. **Geoheritage**, n.1, p.33-42, 2009.

PIKE, R.J. Geomorphometry – diversity in quantitative surface analysis. **Progress in Physical Geography,** n.24:1, p.1-20, 2000.

PIKE, R.J.; EVANS, I., HENGL, T. Geomorphometry: a brief guide. In: HENGL, T.; REUTER, H.I. (eds.) **Geomorphometry – Concepts, Software, Applications**, Series Developments in Soil Science, v.33, Amsterdam: Elsevier, p.3-30, 2009.

RILEY, S.J.; DEGLORIA, S.D.; ELLIOT, R. A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. **Intermountain Journal of Sciences**, v.5, n.1-4, p.23-27, 1999.

SHANNON, C.E. A Mathematical Theory of Communication. **The Bell System Technical Journal** (reprinted). v.27, n.623-656, p.379-423, 1948.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1949.

TARBOTON, D.G. A new method for the determination of flow directions and contributing areas in grid Digital Elevation Models. **Water Resources Research**, n.33 (2), p.309-319, 1997.

THOMAS, M.F.A. Sources of Geomorphological Diversity in the Tropics. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p. 47-60, 2011.

THOMAS, M.F.A Geomorphological Approach to Geodiversity – its applications to Geoconservation and Geotourism. **Quaestiones Geographicae**, v.31, n.1, p.81-89, 2012.

TOBLER, W.R. The development of analytical cartography – a personal note. **Cartography and Geographic Information Science**, n.27 (3), p.189-194, 2000.

WEISS, A. Topographic Position and Landforms Analysis – Poster presentation. **ESRI User Conference**, San Diego, CA, 2001.

WILSON, J.P.; GALLANT, J.C. (Eds.). **Terrain Analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, p.1-27, 2000.

ZEVENBERGEN, L.W.; THORNE, C.R. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.12, p.47-56, 1987.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE ESPACIAL DA REPRESENTATIVIDADE E DO CRESCIMENTO DE ÁREAS AGRÍCOLAS EM MUNICÍPIOS SELECIONADOS NO ESTADO DO PARÁ

Lianne Borja Pimenta [(a)], Norma Ely Santos Beltrão [(b)], Monique Cravo Helen Soares Farias[(c).]

(a) Universidade do Estado do Pará, lianneborja@yahoo.com.br;

(b) Universidade do Estado do Pará, normaelybeltrao@gmail.com;

(c) Universidade do Estado do Pará, monique.adv@hotmail.com.

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O trabalho identificou, através de análise espacial utilizando os dados do projeto Terraclass/INPE, os municípios paraenses que mais cresceram em áreas dedicadas à agricultura no período de 2008 a 2014, analisando suas contribuições para o desenvolvimento e expansão da fronteira agrícola no estado. Foram utilizadas técnicas de geoprocessamento que possibilitaram desagregar os dados secundários disponibilizados para o período em estudo, e com isso compreender a dinâmica de áreas identificadas como de uso agrícola. Após o rankeamento dos municípios de acordo com as áreas totais, selecionou-se 14 municípios, tabulando-se os quantitativos de áreas identificadas como uso agrícola. Com os dados quantitativos e de localização, foi possível identificar possíveis relações ambientais e econômicas. Fatores como melhorias na infraestrutura para o escoamento da produção, portos e rodovias federais e estaduais, disponibilidade de acesso a corpos hídricos, e valorização das commodities, podem ter influenciado no aumento nas áreas destinadas à agricultura nos municípios analisados.

Palavras chave: Fronteira Agrícola, TerraClass, Meio Ambiente.

1. Introdução

Áreas ocupadas pela agricultura e pecuária, especialmente as de culturas extensivas, tendem a aumentar a pressão sobre as áreas de florestas nativas quando estas são transformadas em insumos produtivos rentáveis dentro do sistema econômico que os cercam (SOLER et al., 2014; PIENIZ, 2016; TOLEDO, 2017). Tal contexto pode propiciar o aumento do desmatamento em algumas áreas, o abandono em outras, e a mudança no uso, quando se troca uma cultura por outra (ROSAN e ALCÂNTARA, 2016; SIMÕES, 2018), fazendo com que o desenvolvimento econômico da região Amazônica e a consequentemente expansão de suas atividades produtivas sejam apontados como os principais indutores do desflorestamento na região (ALVES et al., 2016; CARVALHO et al., 2016; SCHIELEIN e BÖRNER, 2018).

No caso do estado do Pará, dada à evolução de sua economia, há uma demanda crescente por produtos e terras que contribuem para a consolidação e expansão da fronteira agrícola (ADAMI et al., 2015). Segundo dados do PRODES - Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (2018), o estado do Pará é o que mais tem contribuído para as elevadas taxas registradas nos últimos anos, saindo de 1.887 km² no ano de 2014 para 2.433 km², aproximadamente 35% da área total desmatada no ano de 2017.

Para o ano de 2018 tem-se ainda que, dos aproximadamente 7.900 km^2 desmatados na Amazônia Legal, cerca de 2.840 km^2 (35,9%) foram no estado do Pará, representando um incremento de 407 km^2 com relação aos valores de 2017 (PRODES, 2019). Este cenário de aumento de áreas desmatadas no Estado, sugere que a mudança no uso e também na ocupação da terra pode estar sofrendo forte influência de atividades de caráter e finalidade extensivas.

Uma forma de observar esse fenômeno é através do projeto TerraClass do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), o qual tem apresentado o mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal. O TerraClass tem como base os dados do projeto PRODES que, em conjunto com classes de uso da terra pré-definidas, busca identificar o destino de áreas desflorestadas em anos anteriores e seu uso atual, tornando possível avaliar a dinâmica do uso e ocupação das áreas desflorestadas.

Para contribuir na elucidação deste processo, este trabalho tem como objetivo identificar e quantificar espacialmente os municípios paraenses que mais cresceram em áreas dedicadas à agricultura no período de 2008 a 2014, e contribuíram para o desenvolvimento e expansão da fronteira agrícola no Estado do Pará, analisando suas possíveis relações ambientais e econômicas.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O estado do Pará é detentor da segunda maior extensão territorial do país (1.248.042,515 km²), e está localizado no centro da região norte, margeado pelo oceano Atlântico a nordeste, com o estado do Maranhão a leste, Mato Grosso ao sul, e o Amazonas a oeste (PARÁ, 2017). Dos estados que compõe a região Norte, o Estado do Pará é o mais populoso e segundo estimativas do IBGE (2019) apontam para aproximadamente 8,5 milhões de habitantes distribuídos em 145 municípios, com cerca de 1,48 milhões habitantes morando na capital (Belém).

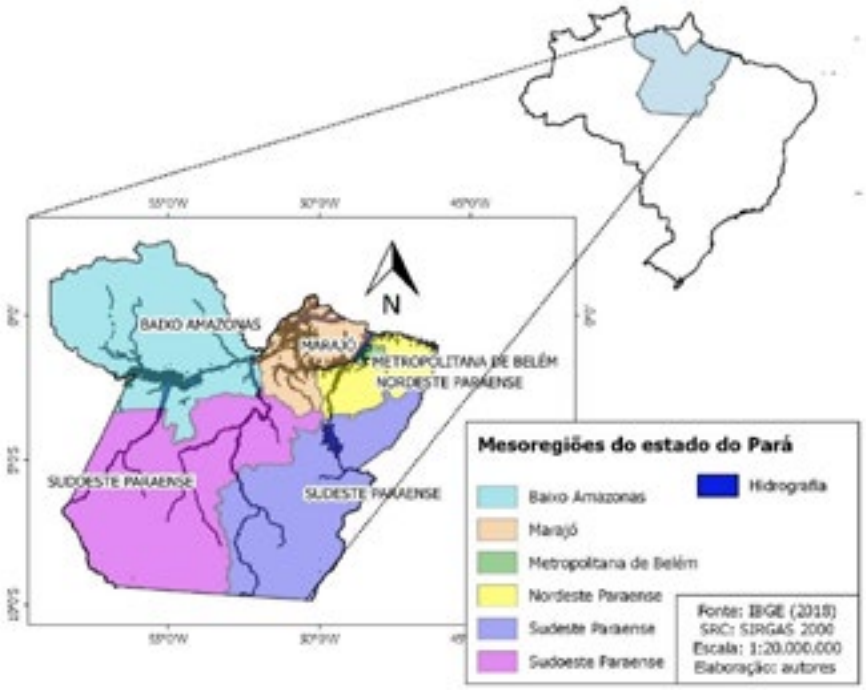


FIGURA 1 - Mapa de localização e mesorregiões do estado do Pará.

2. 2 Coleta e análise de dados

Para o desenvolvimento deste estudo, foram utilizadas as fontes de dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística); INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) com o levantamento dos dados disponibilizados pelos projetos PRODES (Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite) e TerraClass; Portal do Governo do Estado do Pará; Portal dos Territórios da Cidadania, além de boletins e artigos científicos pertinentes ao assunto abordado.

Para a análise espacial foi utilizado o software de acesso livre "QGIS" (versão 2.8) que, através de técnicas de geoprocessamento, possibilitou desagregar os dados fornecidos pelos projetos PRODES e Terraclass nos anos analisados e com isso compreender a dinâmica do crescimento das áreas identificadas como de uso agrícola.

Em seguida, foram identificados os municípios que apresentaram maior participação de área destinada à agricultura dentre as classes que compõem a classificação de cobertura e uso da terra do Projeto Terraclass no período de 2008 a 2014. Foram selecionados 14 municípios seguindo dois critérios: área (em km²) que tenha aumentado na classe de Agricultura e o tamanho das áreas dos municípios em questão, avaliando a proporcionalidade, já que alguns municípios reduziram sua área agrícola de um ano para o outro, mas devido à dimensão da área inicial em 2008, optou-se por incluí-los na análise. A partir desse

levantamento, tabelaram-se os dados somando-se as áreas dos anos mapeados pelo TerraClass e tirou-se uma média, onde foram organizados por ordem decrescente.

3. Resultados e Discussões

3.1 Municípios que mais cresceram em áreas ocupadas pela agricultura

Para melhor compreender a dinâmica da fronteira agrícola e as mudanças na paisagem decorrentes desse processo, utilizou-se os dados do projeto TerraClass, o qual analisa o uso e cobertura da terra após o desflorestamento mapeado pelo projeto PRODES com dados disponíveis para os anos de 2008 a 2014. Para este trabalho, a classe de uso da terra analisada é a Agricultura, que representa áreas com predomínio de ciclo anual.

Desta forma, a análise espacial realizada com os dados fornecidos pelo projeto TerraClass revelou os 14 municípios que mais contribuíram na expansão da atividade agrícola do estado, considerando apenas os dados de área ocupada na classe agricultura ao longo dos quatro levantamentos do projeto TerraClass realizados no período de 2008 a 2014. A tabela 1, a seguir, apresenta os municípios identificados e as áreas (km²) correspondentes aos anos citados. Na figura 2 apresenta-se o mapa de localização desses municípios.

TABELA 1: Os municípios com maior ocupação de áreas destinadas a agricultura no estado do Pará no período 2008-2014.

Fonte: Adaptado de Terraclass/INPE (2017)

Municípios	Área total do Município (km²)	Áreas na classe Agricultura (km²)			
		2008	2010	2012	2014
Paragominas	19.342,25	446,29	678,28	829,47	896,75
Santarém	17.898,38	200,42	456,96	482,33	384,90
Ulianópolis	5.088,46	213,47	410,33	471,89	326,42
Dom Eliseu	5.268,81	178,16	376,16	428,65	428,05
Rondon do Pará	8.246,39	18,95	211,90	213,03	153,98
Santana do Araguaia	11.591,45	99,44	76,13	116,91	303,78
Moju	9.094,13	151,99	182,84	123,36	113,46
Belterra	4.398,41	76,77	138,73	157,76	144,65
Acará	4.343,80	139,54	152,01	111,91	98,32
Tailândia	4.430,22	225,44	103,18	27,09	30,31
Nova Esperança do Piriá	2.809,31	19,67	21,15	36,74	63,49
Uruará	10.791,40	19,38	42,39	42,76	20,77
Cumaru do Norte	17.085,00	0	0	1,90	74,38
Ipixuna do Pará	5.215,55	1,44	18,22	21,98	32,48
Total	**125.603,56**	**1.790,96**	**2.868,28**	**3.065,78**	**3.071,74**

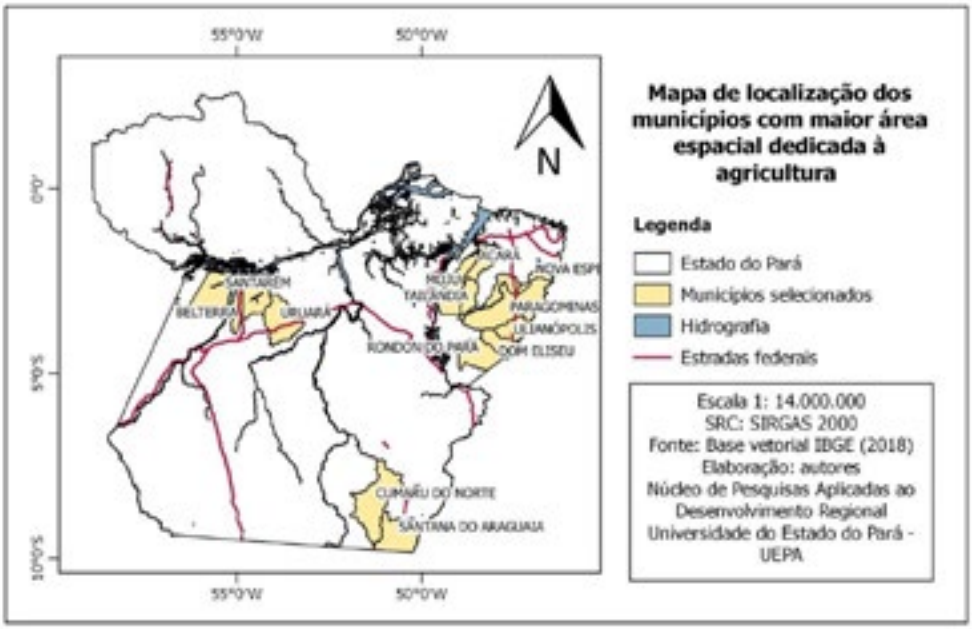


FIGURA 2 - Municípios paraenses onde tem ocorrido a expansão da área destinada à agricultura anual.

Considerando a região nordeste paraense, os municípios de Nova Esperança do Piriá, Ipixuna do Pará, Tailândia, Acará e Moju apresentaram valores mais expressivos relativos ao aumento de áreas voltadas para a classe agricultura no período analisado. O município de Ipixuna saiu de 1,44 km² para 32,48 km², enquanto que Nova Esperança do Piriá teve um aumento registrado de 19,67 km² para 63,49 km² ao longo de seis anos.

Por outro lado, três municípios que em 2008 detinham significativas áreas detectadas como cultivos agrícolas, sofreram redução nas mesmas, são eles: Tailândia, Acará e Moju. Os dados revelam que Tailândia detinha 225,44 km² em 2008 e foi para 30,31 km² no ano de 2014; Acará registrava 139,54 km² também em 2008 e foi para 98,32 km² no ano de 2014; e, em Moju que era registrado 151,99 km² em 2008, foi para 113,46 km² no ano de 2014. Vale ressaltar que esses municípios são atualmente conhecidos como grandes produtores de óleo de palma (na dendeicultura), cuja valorização do preço desta *Commodity* pode ter tido papel influente na substituição de áreas que eram destinadas à agricultura anual e passaram a ser cultivados como cultura permanente, não pertecendo a classe Agricultura dos dados TerraClass.

Já na região do Sudeste Paraense, seis são os municípios que detiveram considerável aumento na área de seus territórios convertidos para a agricultura anual, são eles: Paragominas, Dom Eliseu, Santana do Araguaia, Ulianópolis, Rondon do Pará e Cumarú do Norte. Os que mais se destacaram dentro desta análise foram: Paragominas que registrava uma extensa área já convertida em 2008 com 446,29 km², que pode estar ligada à influência

da BR-010 (Belém-Brasília) que corta o município, e que no ano de 2014 progrediu para 896,75 km²; Dom Eliseu detinha 178,16 km² no ano de 2008 e já registrava 428,05 km² no ano de 2014; e, Santana do Araguaia que em 2008 havia convertido 99,44 km² progrediu no ano de 2014 para 303,78 km². Ulianópolis vem em seguida, também com destaque para o aumento na área convertida, onde em 2008 era de 213,47 km² e foi para 326,42 km² no ano de 2014. Dentre os municípios elencados, Rondon do Pará e Cumarú do Norte também registram valores significativos ao longo dos anos registrados pelo TerraClass, saindo de 18,95 km² e 0 km², no ano de 2008, para 153,98 km² e 74,38 km² no ano de 2014, respectivamente.

A região do Baixo Amazonas tem dois municípios cujos dados também apontam aumento na área convertida para a agricultura: Santarém e Belterra. No ano de 2008, Santarém registrava uma área convertida de 200,42 km² e já em 2014 passou para 384,9 km²; e, em Belterra que registrava uma área 76,77 km² em 2008 e que acabou passando para 144,65 km² em 2014. Tais municípios sofrem a influência da BR-163 (Cuiabá-Santarém), podendo ser mais facilmente observada em Belterra onde o aumento na área convertida foi quase 70 km² - evidenciando assim, significativo aumento na destinação de áreas com finalidades agrícolas com influência na melhoria de infraestrutura, levando em consideração as respectivas extensões territoriais dos municípios analisados.

Ainda, na região do Sudoeste paraense destaca-se Uruará – o qual apresentava no ano de 2008 uma área de apenas 19,38 km² e, seis anos depois, no ano de 2014, registrou apenas 20,77 km², o menor aumento dentre os municípios selecionados, mas que havia registrado quase o dobro dessa área nos levantamentos de 2010 e 2012.

Dentro dos 14 municípios identificados, quatro tiveram crescimento de áreas destinadas à agricultura em todos os anos mapeados, são eles: Paragominas, Santana do Araguaia, Nova esperança do Piriá, Ipixuna do Pará. Elenca-se ainda, o município de Cumaru do Norte, mesmo que tenha obtido dados registrados para os anos de 2012 e 2014, o seu crescimento foi significativo, saindo de valores nulos nos anos de 2008/2010 para 74,38 km² no ano de 2014.

Além do aumento para a classe agricultura nos municípios selecionados, a somatória dessas áreas nos 14 municípios reforçam a mudança do uso da terra para as atividades agrícolas, pois em 2008 totalizavam 1.790,96 km² e em 2014 foram contabilizados 3.071,74 km².

3.2. Fatores que influenciam o uso da terra para agricultura nos municípios destacados

Dos municípios listados na tabela 1, quatro deles (Paragominas, Santana do Araguaia, Ipixuna do Pará e Cumaru do Norte) estão localizados na região Sudeste Paraense, bem como na área denominada de "Arco do desmatamento" – área de franca expansão da fronteira agrícola sobre áreas de floresta, onde são registradas e mapeadas as maiores taxas de desmatamento da Amazônia (BIZZO e FARIAS, 2017). O município de Nova Esperança do

Piriá não pertence ao "Arco", mas devido à proximidade aos que estão, acaba tendo também uma dinâmica ligada à mudança no uso da terra e ao aumento de áreas com finalidade agrícola.

Como observado na Tabela 1, houve um considerável aumento de áreas que foram convertidas para a agricultura e que pode ter sido influenciado pela: presença de infraestrutura rodoviária federal (BR-010, BR-163, BR-230, entre outras), estadual e/ou municipal para viabilizar o escoamento da produção, bem como melhorias nas mesmas (asfaltamento); disponibilidade e facilidade de acesso aos corpos hídricos próximos; e pluviosidade média adequada aos tipos de cultivares escolhidos.

As rodovias estaduais, a presença de portos ou estruturas portuárias como pontos de escoamento produtivo e importação de insumos e a facilidade de acessá-los, podem também influenciar na dinâmica de cobertura e uso da terra desses municípios. Nesse contexto, cita-se os portos de Belém, Miramar, Outeiro, Vila do Conde, Santarém, Altamira e outros. Entre esses destacam-se os portos de Vila do Conde - localizado no município de Barcarena que escoa aproximadamente 70% da produção do estado, e o de Santarém com crescente aumento de estrutura viária (SETRAN PA, 2019).

Adicionalmente, destaca-se o papel da geomorfologia do estado do Pará, em grande parte classificada como relevo "Plano" e "Suave Ondulado" que facilita o acesso de maquinários voltados para a agricultura, além da influência na valorização das commodities cultivadas nos mercados nacionais e internacionais.

Nota-se que, apesar de apresentar características biofísicas favoráveis à expansão da fronteira agrícola, existem fatores que regulam essa dinâmica, pois como pode-se visualizar na figura 3, o estado do Pará possui um grande mosaico de terras especiais legalmente instituídas tais como Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas (TIs), cujos respectivos recursos naturais não podem ser destinados para finalidades agrícolas extensivas.

É natural, portanto, que os municípios que têm aumentado sua produção agrícola e que vêm expandido suas áreas de agricultura, se localizem fora dessas zonas. Da mesma forma, territórios localizados próximos às rodovias federais e estaduais, portos, modais que facilitam o transporte e escoamento da produção, sejam mais atrativas e sofram maiores pressões para conversão em áreas agrícolas.

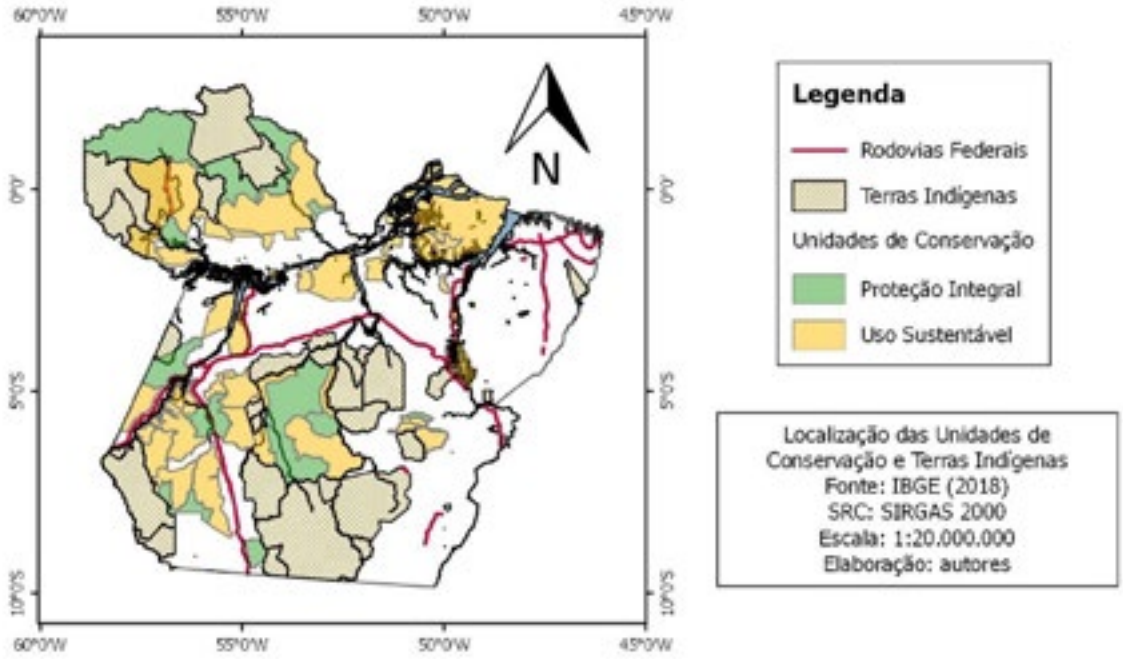


FIGURA 3 – Fatores restritivos a expansão da fronteira agrícola no estado

4. Considerações Finais

O presente trabalho teve como objetivo identificar quais municípios cresceram em áreas destinadas para agricultura anual e como vêm contribuindo para o desenvolvimento e expansão da fronteira agrícola no Estado do Pará. Apesar da limitação de dados disponíveis do projeto TerraClass, que possibilitou levantar apenas o período 2008 a 2014, a análise espacial realizada neste estudo apontou que houve um considerável aumento de áreas que eram destinadas a outros usos, mas que foram convertidas para a agricultura.

A respeito dos resultados da análise espacial, alguns pontos merecem ser assinalados: observou-se que cinco dos municípios identificados se localizam na região nordeste que historicamente vem sendo destinada para atividades agrícolas, possivelmente pela proximidade a importantes canais de escoamento e transporte de produção tais como a BR-010 e a BR-316. Outros seis municípios identificados estão localizados na região Sudeste do estado, destacando-se os municípios de Santana do Araguaia e Cumaru do Norte, que sofreram significativos aumentos de áreas para uso agrícola e podem ser apontados como um avanço da fronteira agrícola proveniente da região Centro-oeste do Brasil. Por fim, destaca-se os municípios de Uruará, Belterra e Santarém, cuja proximidade ao Porto de Santarém e à BR 163, pode ter impulsionado a conversão de áreas para agricultura, especialmente o cultivo da soja.

A partir da análise realizada percebeu-se ainda que, dentre os 14 municípios identificados, cinco deles (Paragominas, Santana do Araguaia, Nova Esperança do Piriá, Cumaru do Norte e Ipixuna do Pará), converteram as maiores áreas para fins agrícolas ao longo do período estudado, contribuindo possivelmente para o avanço e consolidação da fronteira agrícola no Estado. Por fim, observou-se que a presença de Unidades de Conservação (Proteção Integral e Uso Sustentável) e Terras indígenas são fatores restritivos à dinâmica de expansão da fronteira agrícola.

Como recomendação para futuros trabalhos, sugere-se um estudo nos municípios selecionados a fim de identificar quais cultivos agrícolas estão sendo desenvolvidos e que outros fatores favorecem o crescimento de uma ou outra cultura, pois desta forma se auxiliará o desenvolvimento de políticas públicas capazes de promover um desenvolvimento agrícola sustentável.

5. Referências Bibliográficas

ADAMI, M.; GOMES, A. R.; COUTINHO, A. C.; ESQUERDO, J. C. D. M.; VENTURIERI, A. Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 a 2012. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/133115/1/SBSR-Adami.pdf. 2015.

ALVES, R. J. M. et al. Análise do Uso e Ocupação do Solo em Marapanim-Pa a partir de dados do Projeto Terraclass. HOLOS, Ano 34, Vol. 01. 2018. Disponível em: http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2819. DOI 10.15628/holos.2017.

BIZZO, E.; FARIAS, A. L. A. Priorização de municípios para prevenção, monitoramento e controle de desmatamento na Amazônia: uma contribuição à avaliação do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). Desenvolvimento e Meio Ambiente. Vol. 45, dezembro 2017. DOI: 10.5380/dma.v42i0.53542.

CARVALHO, T. S.; MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. Estudos Econômicos, São Paulo, vol. 46, n.2, p. 499-531, abr.-jun. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612016000200499. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/0101-416146288tae.

CÔRTES, J. C.; D'ANTONA, A. O. Fronteira agrícola na Amazônia contemporânea: repensando o paradigma a partir da mobilidade da população de Santarém-PA. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi. Cienc. Hum., Belém, v. 11, n. 2, p. 415-430, maio-ago. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) - @ESTADOS. Pará. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=pa.

PARÁ. Estado do Pará. Disponível em: http://www.pa.gov.br/O_Para/opara.asp

PIENIZ, L. P. O desmatamento no bioma Amazônia brasileira e sua (possível) relação com a expansão dos cultivos de commodities agrícolas. Estudos Sociedade e Agricultura, v. 24, n. 1. 2016.

PRODES Digital. Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal. Desmatamento Municípios. Disponível: http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php.

PRODES. Programa de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal. Taxas anuais de desmatamento na Amazônia Legal Brasileira (AMZ). Disponível: http://www.obt.inpe.br/prodes/dashboard/prodes-rates.html.

ROSAN, T. M.; ALCÂNTARA, E. Detecção de mudanças de uso e cobertura da terra na Amazônia Legal Matogrossense: o estudo de caso do município de Cláudia (MT). Revista Brasileira de Cartografia (2016), No 68/5: 979-990.

SECRETARIA DE TRANSPORTES. PARÁ. (SENTRAN PA). Modal Hidroviário. 2019. Disponível: http://setran.pa.gov.br/site/Conteudo/14.

SCHIELEIN, J.; BÖRNER, J. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. Land Use Policy 76 (2018) 81–94.

SIMÕES, I. O. P. S. Análise da intensificação da pastagem no município de Paragominas-PA entre os anos de 2004 e 2017. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 2018. Disponível: http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/331958.

SOLER, L. S.; VERBURG, P. H.; ALVES, D. S. Evolution of Land Use in the Brazilian Amazon: From Frontier Expansion to Market Chain Dynamics. Land 2014, 3, 981-1014; doi:10.3390/land3030981.

TOLEDO, M. R. Especialização Regional Produtiva e a Atual Organização da Agricultura no Brasil. Geografia (Londrina) v. 26. nº. 2. p. 98 – 115, jul/dez, 2017. Disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/28204. DOI: http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2017v26n2p98.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE MULTICRITÉRIO DA SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÕES NA BACIA DO RIO GRANDE, BAIXADA DE JACAREPAGUÁ (MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO).

Paulo Walter Freire do Nascimento [(a)], Vivian Castilho da Costa[(b).]

[(a)] Mestrando em Geografia, PPGEO/UERJ, paulow-rj@hotmail.com

[(b)] Professora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, vivianuerj@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

RESUMO

Localizada na Baixada de Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro, a bacia hidrográfica do rio Grande é um exemplo de um ambiente natural que vem sendo rapidamente alterado pela urbanização. Desde meados do século XX, esta bacia vem sofrendo alterações ambientais devido à incorporação da Baixada de Jacarepaguá a zona de expansão municipal. Com isso, a remoção da cobertura vegetal e a introdução de novas formas de uso da terra têm gerado impactos negativos, levando a intensificação dos processos naturais e acarretando consequências à sociedade, como o exemplo as inundações urbanas. Este trabalho tem o objetivo de aplicar a análise multicritério do método de Avaliação Ambiental do Vista - SAGA/UFRJ na elaboração do mapeamento e identificação das áreas mais suscetíveis à ocorrência de inundações. Os resultados obtidos podem servir como importantes instrumentos de apoio à tomada de decisão no planejamento e gestão da bacia do rio Grande.

PALAVRAS- CHAVES: Geoprocessamento – Inundações urbanas - Bacia Hidrográfica

1. INTRODUÇÃO

Localizada na Baixada de Jacarepaguá, na cidade do Rio de Janeiro, a bacia hidrográfica do rio Grande é um exemplo de ambiente natural que vem sendo rapidamente alterado pela urbanização. Desde meados do século XX, esta bacia vem sofrendo alterações ambientais devido à incorporação da Baixada de Jacarepaguá a zona de expansão municipal. Com isso, o desmatamento e a urbanização desordenada têm gerado impactos negativos, potencializando processos como deslizamento de encostas, erosão e as inundações, que estão fortemente associados à degradação de áreas suscetíveis.

Na tentativa de garantir a função ambiental e evitar que áreas potenciais, diz-se suscetíveis, se transformem em áreas de risco, a legislação ambiental prevê a existência de áreas de preservação permanente ao longo de rios, lagos e lagoas, em encostas íngremes e

topos de morro, são as chamadas APPs (Área de Preservação Permanente). Essas áreas, naturalmente mais suscetíveis a processos como inundações e escorregamentos, estão protegidas legalmente, inclusive em áreas urbanas. Contudo, é importante lembrar que mesmo com a existência destas APPs, o modelo de ocupação na bacia do rio Grande e a distribuição de renda extremamente desigual produziu espaços segregados totalmente degradados em que parcela significativa da população pobre foi obrigada, por exemplo, a viver em áreas marginais sujeitas a inundações e encostas íngremes sujeitas a deslizamentos (CARVALHO, 2013).

Segundo Cerri (1999), para que exista "uma situação de risco, é necessário que haja a possibilidade de ocorrência de um determinado processo em certo local, bem como que tal ocorrência possa resultar em perdas e danos ao homem". Nas áreas urbanas onde há concentração populacional, a preocupação com riscos ambientais é maior, isso porque a ocupação humana desordenada não só expõe mais a população como também porque essa ocupação intensifica fenômenos até então de caráter somente natural.

Outro conceito que se relaciona ao estudo de riscos é o de suscetibilidade, que é a possibilidade de ocorrência de um evento (fenômeno relacionado a perdas e danos ao ser humano) em determinada área, com relação a determinado fenômeno (ZANELLA e GIRAO, 2018). Neste sentido, a suscetibilidade pode ser definida a partir das características naturais da área, ou ser somada a fatores de ocupação em que a ação humana intensifica a suscetibilidade, pois ao impermeabilizar o solo, por exemplo, o homem pode contribuir significativamente para uma alteração na dinâmica hídrica natural (BRUBACHER, 2013).

A bacia hidrográfica do rio Grande escolhida para o presente estudo justifica-se por estar numa área que apresentou grande crescimento populacional nas últimas décadas, resultante da intensificação do processo de expansão urbana. Por conta deste processo de urbanização no que se refere à inundação, que embora seja um fenômeno natural, ela pode também ocorrer em áreas nunca atingidas pelas águas ou não suscetíveis à inundação, mas que se tornaram sujeitas a sua ocorrência devido à ocupação da bacia (SOUZA, 1996). É importante frisar, que o crescimento urbano na bacia do rio Grande está ocorrendo em direção às áreas extremamente suscetíveis, aferidas a partir de monitorias ambientais realizadas entre

os anos de 2010 e 2016 pelo autor, o que pode potencializar ainda mais as inundações com a ocupação dessas áreas.

Considera-se que o estudo da suscetibilidade na bacia do rio Grande, utilizando geotecnologias para identificação das áreas mais suscetíveis a inundações a partir do método utilizado na presente pesquisa, pode gerar importantes resultados que sirvam no apoio à tomada de decisão ao planejamento e gestão da bacia do rio Grande, na medida em que sua aplicação permite a combinação de vários elementos, como a geomorfologia, uso e cobertura do solo, altitude, solos, declividade, entre outros para entender o fenômeno das inundações. Para compreender as características das inundações faz-se necessário realizar uma análise integrada de vários elementos do meio físico, o que é facilitado com a criação de um modelo digital do ambiente criado a partir de um banco de dados georreferenciados.

Neste sentido, a presente pesquisa por se tratar de um estudo relacionado ao planejamento ambiental (análise da suscetibilidade ambiental), onde se leva em conta uma gama de variáveis, a Análise Multicritério permite comparar diferentes alternativas, fundamentada em vários critérios, com o objetivo de direcionar os tomadores de decisão para uma escolha ponderada, isto é, definir o grau de pertinência de cada variável e suas respectivas classes para a construção de um mapa síntese, utilizando-se fatores de ponderação sempre que necessário (MOURA, 2007). Desse modo, esta técnica é frequentemente desenvolvida em ambiente de SIG (Sistemas de Informações Geográficas), pois este permite a compreensão, análise e gestão de dados cartográficos de ambientes complexos, sendo capazes de integrar os diversos planos de informações do estudo.

Este trabalho, portanto, tem como objetivo aplicar o método de Avaliação Ambiental do Vista - SAGA/UFRJ (LAGEOP, 2018) para o cruzamento das bases, visando a elaboração do mapa de suscetibilidade a inundações para identificar as áreas mais suscetíveis a inundações na bacia do rio Grande.

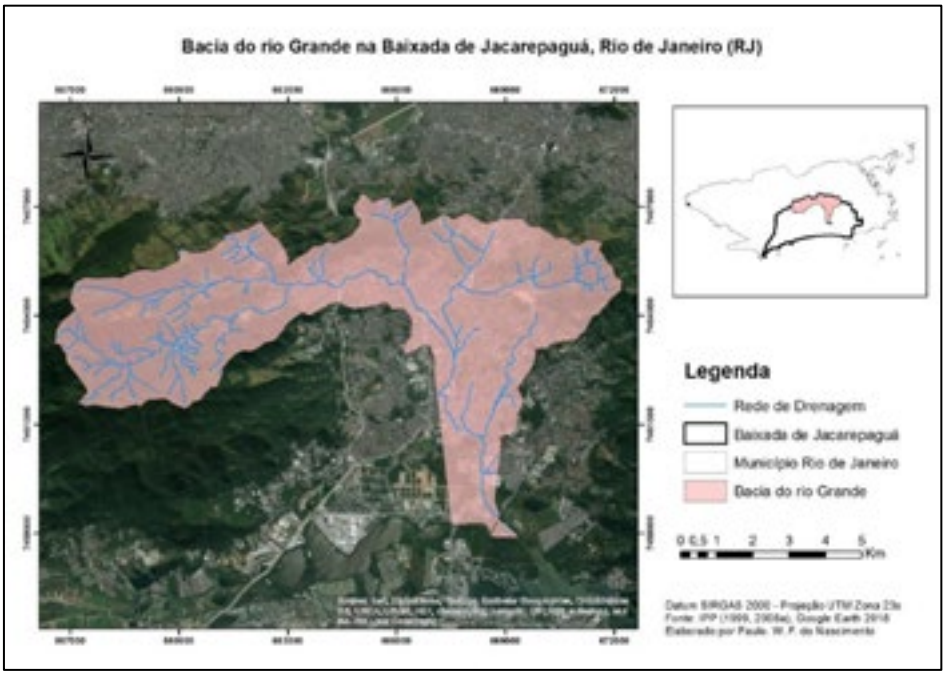


Figura 1: Localização da Área de Estudo

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

Os materiais desta pesquisa referem-se ao levantamento das bases cartográficas nas instituições e aos softwares de SIG utilizados na pesquisa para o processamento dos dados e na obtenção dos resultados, os quais são:

- Mapa de Uso e Cobertura do Solo do Município do Rio de Janeiro de 2016, em escala 1:10.000, do Instituto Pereira Passos (IPP);
- Mapa Pedológico de 2004 do Estado do Rio de Janeiro, em escala 1:25.000, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA);
- Mapa Geomorfológico do Município do Rio de Janeiro de 2017, em escala 1:10.000, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM);
- Mapa de Declividade, em escala 1:10.000 (IPP, 2016), gerado a partir do Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistente (MDT-HC);
- Mapa Hipsométrico, em escala 1: 10.000 (IPP, 2016), gerado a partir do Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistente (MDT-HC);

- Dados de risco à inundação da Fundação Rio-Águas disponíveis no Plano de Saneamento Básico da Cidade do Rio de Janeiro de 2015;
- *Software* de geoprocessamento Vista – SAGA/ UFRJ (2006), Sistema de Análise Geo-Ambiental, disponível para *download* no site do Laboratório de Geoprocessamento da UFRJ (LAGEOP).

2.2. MÉTODO

Nesta etapa da pesquisa os dados cartográficos (arquivos vetoriais e matriciais) foram processados e, dessa forma, padronizados no sistema de coordenadas projetadas UTM (Universal Transversa de Mercator), Zona 23 sul e Datum para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS 2000, conforme estabelecido pela resolução do presidente N° 01/2005 do IBGE.

Após a conversão de *data* dos dados cartográficos, com base no shapefile editado de delimitação da bacia do rio Grande (IPP, 2000) este foi utilizado como máscara para recorte (clipagem) das outras bases cartográficas (variáveis físicas) que comporam a análise multicritério, são elas: pedologia, uso e cobertura do solo, geomorfologia, declividade e hipsometria.

Primeiramente, para produzir o mapa de declividade e hipsometria foi necessário gerar o Modelo Digital de Terreno Hidrologicamente Consistente (MDT-HC) a partir do interpolador *topo to raster* com base nos dados cartográficos de curvas de nível (IPP, 2000), pontos cotados (IPP, 2000), rede de drenagem restituída (IPP, 2008) e limite da bacia do rio Grande (IPP, 2000). Como os shapes foram originados de bases cartográficas na escala de 1:2.000 e 1:10.000, o valor da célula do pixel foi de 2 m. A escolha deste interpolar se deu por ele representar melhor as variações de superfícies menos acidentadas, como é o caso da bacia do rio Grande que apresenta vastas áreas planas.

Para que pudesse fazer uso do módulo de avaliação ambiental do Vista – SAGA, antes foi necessário tratar a base de dados no ArcGIS 10.4 e após isto, aproveitando-se a interoperabilidade possível entre os *softwares*, os *shapes* foram convertidos em raster, no

formato rs2, através dos seguintes passos metodológicos sugeridos na dissertação de Conceição (2008): visualização dos arquivos no formato vetorial *shape* e exportação de feições no formato de figura (*tiff) no ArcGIS 10.4; importação da figura no Vista-SAGA através do módulo componente "CRIAR"; georreferenciamento da imagem, via pontos de controle do ArcGIS 10.4; processo de rasterização, através do reconhecimento automático das cores da figura e nomeação das classes atribuídas às cores do mapa raster. A seguir é apresentado o módulo de Avaliação Ambiental que foi utilizado na elaboração do mapa de suscetibilidade a inundações na bacia do rio Grande:

2.2.1. MÓDULO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL (VISTA – SAGA/ UFRJ):

Antes de realizar as análises multicritérios no módulo de Avaliação Ambiental, alguns procedimentos devem ser realizados conforme foi descrito logo acima (conversão dos mapas temáticos em formato *shape* (ArcGIS 10.4) para o formato próprio do Vista- SAGA). Após isto, os níveis de suscetibilidade a inundações e dos fatores a condicionam, por meio da análise multicritério, foram executadas no Módulo de Avaliação Ambiental.

Para Xavier da Silva e Carvalho Filho (1993), a avaliação ambiental permite com eficiência estimar a importância de cada mapa, para a ocorrência do evento, sendo que para cada situação ambiental são selecionados os principais parâmetros, representados pelos cartogramas digitais básicos da base de dados.

O procedimento para realização das avaliações, conforme Zaidan *et. al* (2007) e Costa (2002), passa necessariamente por uma atribuição de pesos e notas aos diferentes mapas e respectivas legendas envolvidas, conforme o grau de significância com relação à situação analisada. O somatório dos pesos aplicados aos parâmetros não deverá exceder a 100%, de acordo com sua intensidade de participação. Com relação às notas, para as legendas de cada mapa, esses valores variam segundo uma escala ordinal de 0 a 10 (denominada de avaliação não estendida).

Ribeiro (2013) em sua pesquisa fez uso do Módulo de Avaliação Ambiental para gerar o mapeamento de risco a movimentos de massa na Zona de Amortecimento do Parque Estadual da Pedra Branca, especificamente na vertente leste que incorpora parte da bacia do rio Grande, a partir da superposição dos vários planos de informação gerados, realizada por meio do esquema de atribuições de pesos e notas aos vários parâmetros e atributos contidos neles, com base, principalmente, nos resultados das Assinaturas Ambientais.

Para o processamento da avaliação ambiental cada célula do mapa (pixel) corresponde a um somatório do produto de pesos versus notas constitui sua classificação para a finalidade desejada. O algoritmo é representado abaixo pela seguinte fórmula:

$$A_{ij} = \sum_{K=1}^{n} (P_k \times N_k)$$

Onde: Aij = pixel da base georreferenciada sob análise;

n = número de mapas utilizados;

Pk = pontos percentuais atribuídos ao mapa "k", dividido por 100;

Nk = possibilidade (nas escalas de "0 a 10" ou "0 a 100") da ocorrência conjunta da classe "k", com a alteração ambiental sob análise (uma única classe, para cada mapa, pode ocorrer em cada pixel).

A escolha dos pesos e notas, durante a avaliação ambiental, foram levados em conta três principais fatores: o conhecimento teórico das características ambientais que determinavam o que era suscetível ou influenciava no processo de inundação, o conhecimento da realidade local e os locais visitados em campo.

Tabela 1: Critérios para elaboração da suscetibilidade a inundações

	VARIÁVEIS	PESOS	NOTAS
	Geomorfologia	**30%**	Planície de inundação (10), planícies fluviolagunares (9), superfícies aplainadas conservadas (6), superfícies aplainadas degradadas (7), rampas de alúvio-colúvio (5), terraços fluviais (7), colinas (2), morros baixos (1), morros altos (1), domínio serrano (1), morrotes (1) e rampas de colúvio (2).

MÉTODO DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL	**Uso e Cobertura do Solo**	**25%**	Área urbana (10), vegetação arbórea não vegetal (5), reflorestamento (3), floresta ombrófila densa (1), extração mineral (7), vegetação gramíneo-lenhosa (2), solo exposto (7), uso agrícola (5), formação pioneira flúvio-lacustre (9) e formação pioneira flúvio-marinha (9).
	Declividade	**20%**	0 – 3 (10), 3 – 8 (7), 8 – 20 (3), 20 – 45 (2) e > 45 (1).
	Pedologia	**15%**	Argissolo (3), Latossolo (1), Área urbana (10), Neossolo (2), Planossolo (6), Gleissolo (9), Organossolo (8) e Solos Indiscrimanados de Mangue (10).
	Hipsometria	**10%**	0 – 50 (10), 50 – 100 (7), 100 – 300 (4), 300 – 500 (3), 500 – 800 (1) e 800 – 1025 (1).

3. RESULTADOS

A suscetibilidade a inundações, obtida a partir dos cruzamentos das bases, apresenta as áreas com maior probabilidade de ocorrência a inundações.

No agrupamento das categorias/notas de suscetibilidade geradas do mapa final, convencionou-se classificar em cinco classes de suscetibilidade: baixíssima, baixa, média, alta e altíssima. O agrupamento das categorias em cinco classes de suscetibilidade seguiu o relatório com as frequências e combinações das categorias, onde, por exemplo, a combinação das classes com notas mais altas resultou numa categoria de alta a altíssima suscetibilidade, levando-se em conta o peso de cada mapa.

No tocante ao resultado obtido no mapeamento, pode-se observar uma vasta área de altíssima suscetibilidade ao longo da bacia, especificamente, nas áreas mais planas e próximas a drenagem, onde se encontram as planícies de inundação dos rios, combinado com a presença de superfícies densamente ocupadas e impermeabilizadas devido ao processo de urbanização da baixada. Em contraponto, nas altas vertentes, é possível identificar áreas de baixa a baixíssima suscetibilidade, locais de altitudes e declividade mais elevadas, onde há a presença de feições geomorfológicas menos dissecadas e a presença de uma vegetação de grande porte e preservada, principalmente, nos locais dentro dos limites do PEPB (Figura 02).

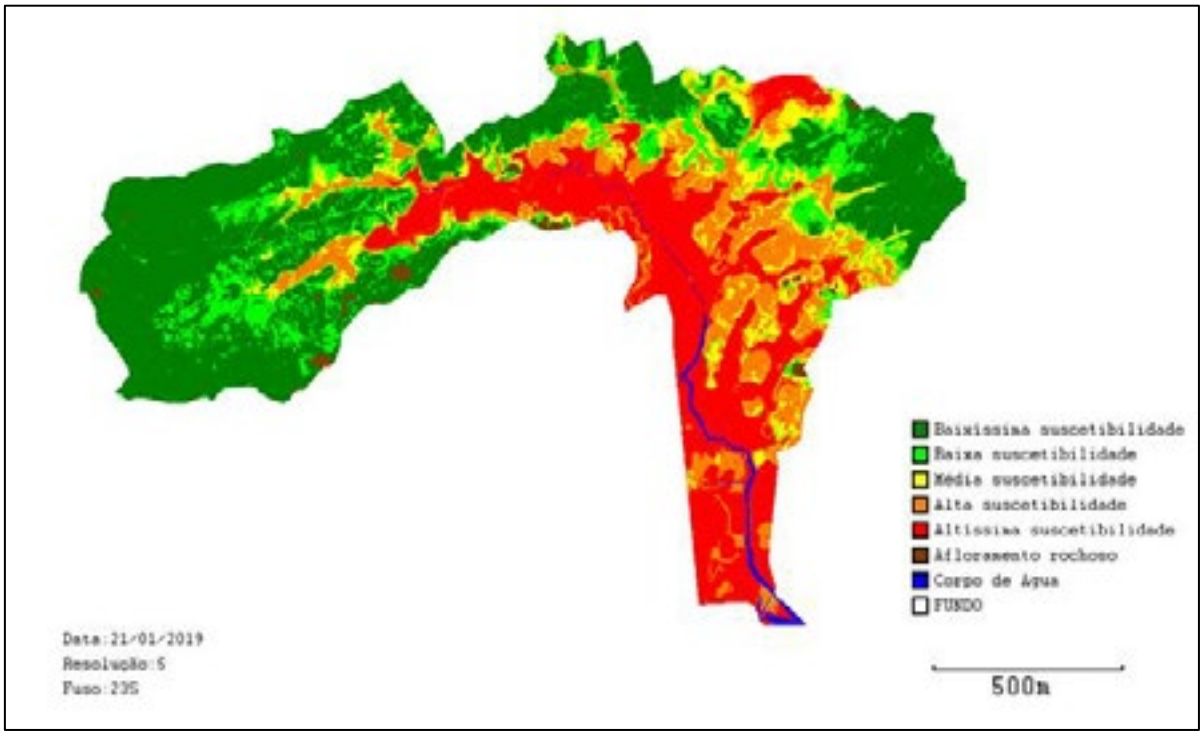


Figura 2: Mapa de Suscetibilidade a inundações da Bacia do Rio Grande com o Método de Avaliação Ambiental (Vista SAGA - UFRJ).

É importante também notar a presença da classe de alta suscetibilidade em locais descontínuos ao longo da bacia. No sul da bacia, a combinação de planícies fluviolagunares e superfícies aplainadas conservadas e degradadas, a presença de solos extremamente mal drenados (organossolos e gleissolos) e baixas declividades fez com que essa classe tivesse destaque. A impermeabilização dessas áreas em um futuro próximo pode agravar ainda mais, aumentando assim seu grau de suscetibilidade.

Essas áreas de alta suscetibilidade podem ser observadas também em áreas mais afastadas da drenagem, fora da planície de inundação, onde a problemática das inundações está bastante associada ao processo de urbanização que modifica a dinâmica hídrica da bacia. Somam-se a isso, as baixas altitudes e declividades que potencializam o processo.

Como forma de validar o método utilizado no presente estudo, cotejou o mapa de suscetibilidade a inundações com os pontos de inundação mapeados pela Rio-Águas e foi realizado trabalho de campo de acordo com esses pontos mapeados (Figura 03).

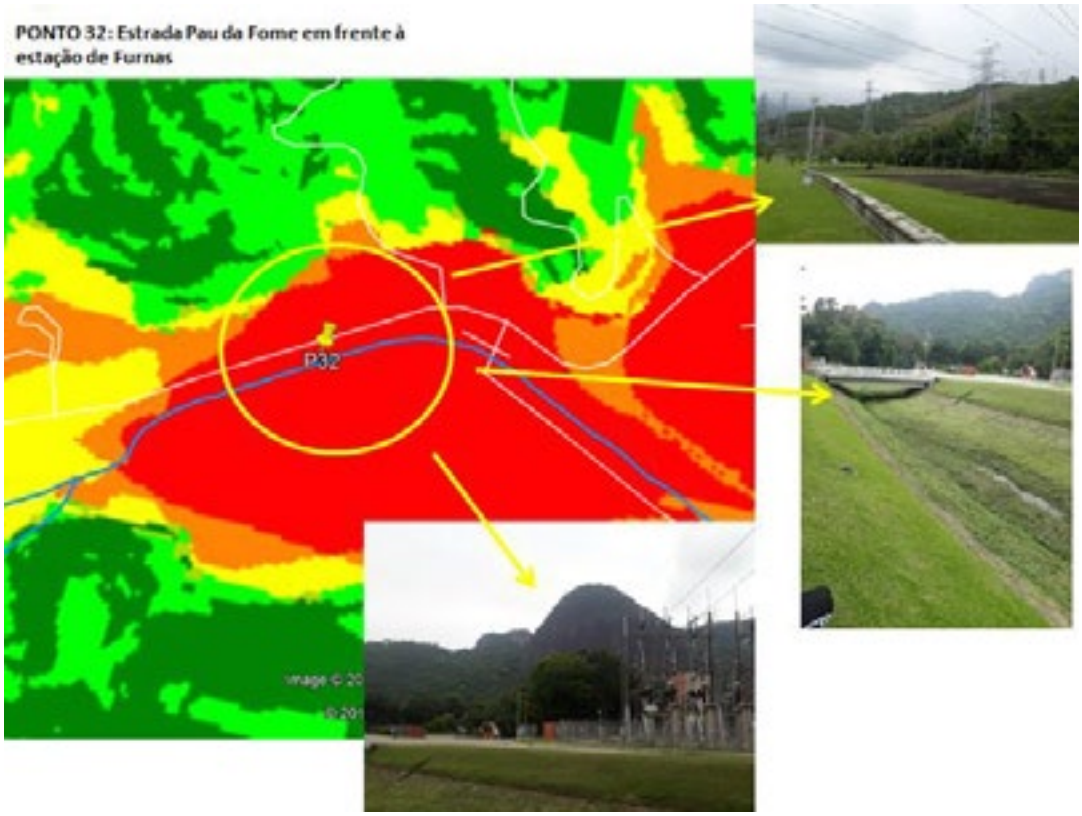


Figura 3: Mapeamento elaborado com o Módulo de Avaliação Ambiental com o ponto de inundação da Fundação Rio-Águas. Fotos do autor tiradas em 26/10/2018.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme as análises realizadas para identificar as áreas mais suscetíveis a inundações na bacia do rio Grande, a pesquisa concluiu que o método proposto atingiu seu objetivo. Isso se verificou pelas cinco classes de suscetibilidade que classificaram áreas com características distintas quanto às variáveis analisadas, compondo assim a identificação de locais que apresentam combinações específicas entre as variáveis físicas selecionadas.

Neste sentido, o método se mostrou eficiente no mapeamento, pois se obteve um resultado consistente, considerando as diferentes influências exercidas por cada variável física ao processo de inundação na bacia do rio Grande. Cabe destacar que o Módulo de Avaliação

Ambiental gera um relatório completo com as combinações das classes que resultaram em determinada categoria de suscetibilidade, facilitando o entendimento das relações existentes entres as classes de cada mapa.

Para estudos ambientais, o método apresentou desempenho favorável uma vez que congrega dentro de uma única análise um grande número de variáveis. A relação de pesos e notas propostas entre as variáveis e suas respectivas classes, mostrou satisfatória, pois demonstrou correlações com o mapeamento realizado pela Fundação Rio-Águas e, principalmente, pelo trabalho de campo realizado na bacia, no qual foi possível constatar a realidade ambiental do fenômeno investigado e do mapeamento produzido em laboratório.

Referências bibliográficas:

CARVALHO, R. P. B. Ocupação dos solos em terrenos marginais às lagoas costeiras: mudanças e perspectivas ambientais frente à expansão urbana – O caso da lagoa de Jacarepaguá (Rio de Janeiro). 2013. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

CERRI, L.E. S. Riscos Geológicos Urbanos. In: CAMPOS, H.; CHASSOT, A (Org.). Ciências da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter)ações no Planeta. São Leopoldo (RS): Unisinos, 1999.

CONCEIÇÃO, R. S. Aplicação da Metodologia GEO Cidades nas Áreas de Planejamento 2 e 5 da Cidade do Rio de Janeiro, com suporte do geoprocessamento. 2008. 163 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

CUNHA, S. B.; FERREIRA, F. P. Enchentes no Rio de Janeiro: efeitos da urbanização no Rio Grande (Arroio Fundo)- Jacarepaguá. Anuário do Instituto de Geociências/UFRJ, Rio de Janeiro, v. 19, p. 79-93, 1996.

COSTA, N. M. C. Análise Ambiental do Parque Estadual da Pedra Branca, por Geoprocessamento: Uma contribuição ao seu Plano de Manejo. Tese de Doutorado –

Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2002. 317 p.

LAGEOP. Sistema de Análise Geo-Ambiental. Disponível em: http://www.viconsaga.com.br/lageop/. Acesso em: 11/01/2019

MOURA, A. C. M. 2007. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análise multicritério. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p.2899-2906.

RIBEIRO, M. F. Análise ambiental aplicada à definição da zona de amortecimento no Parque Estadual da Pedra Branca (Município do Rio de Janeiro, RJ), com base em geoprocessamento. 407f. Tese de Doutorado COPPE/UFRJ, 2014.

SOUZA, C. R. de G. Cartografia de risco à inundação no Litoral Paulista: o exemplo do município de São Sebastião. Departamento de Geotecnia (USP), departamento de Geologia Aplicada (Unesp), 1996.

XAVIER DA SILVA, J.; CARVALHO FILHO, L. M. Sistema de Informação Geográfica: uma proposta metodológica. IV Conferência Latinoamericana sobre Sistemas de Informação Geográfica e II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. São Paulo: EDUSP, 1993. 609-628 p. (IV Conferência Latinoamericana sobre Sistemas de Informação Geográfica e II Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento)

ZAIDAN, R.T; XAVIER DA SILVA, J, GOES, M.H. de B, ROCHA, G.C. Aplicação do geoprocessamento para criação de Zoneamentos de Potencial Turístico em Unidades de Conservação: o caso do Parque Estadual do Ibitipoca- MG. Virtú (UFJF), v6, p.2, 2007.

ZANELLA, M. E; MEIRELES, A. J. A.; OLÍMPIO, J. L. S. Riscos Socioambientais, vulnerabilidades e suscetibilidades no meio ambiente no contexto da sub-bacia hidrográfica do rio Pirapora / CE. 2018. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará.

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA VARIAÇÃO DO ESPELHO D'ÁGUA DO AÇUDE MALCOZINHADO (CASCAVEL, CE), ATRAVÉS DE IMAGENS DE SATÉLITE

Francisca Joice Pereira Mesquita[(a)] , Francisco Oricélio da Silva Brindeiro [(b)] , Francisco José Maciel de Moura [(c)]

[(a)] Graduanda, Universidade Estadual do Ceará, joice.mesquita@aluno.uece.br

[(b)] Doutorando, Universidade Estadual do Ceará, brindeiro.lgco@gmail.com

[(c)] Professor Doutor, Universidade Estadual do Ceará, maciel.moura@uece.br

EIXO: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

No semiárido nordestino as chuvas são distribuídas irregularmente no tempo e no espaço. O açude Malcozinhado, localizado no município de Cascavel-CE tem capacidade para armazenar 37.840.000 m³, sendo de grande relevância para a população local. O objetivo deste trabalho foi analisar a variação do espelho d'água entre os anos 2002 a 2017 através de técnicas de processamento digital de imagens de satélite. A metodologia para execução deste trabalho ocorreu em três etapas: 1) Levantamento bibliográfico, cartográfico e aquisição de dados pluviométricos; 2) Processamento digital de imagens de satélite e 3) Análise de dados e interpretação dos dados obtidos. O espelho d'água do açude teve sua área mais expressiva em 2009 com aproximadamente 885, 47 hectares e a menos expressiva em 2017 com 268, 44 hectares. Concluímos que a variabilidade possui relação com a irregularidade no total de precipitação ao longo dos anos.

Palavras chave: Imagens de satélite. Açude. Pluviometria.

1. Introdução

O uso sustentável dos recursos hídricos é essencial para garantir a demanda hídrica da sociedade. A escassez de água para a área semiárida do Nordeste é uma característica resultado da interação entre o clima e o substrato geológico da região. O primeiro é marcado por altos níveis de insolação, temperatura e de evapotranspiração e o segundo é associado à presença de solos rasos desenvolvidos sobre rochas cristalinas, o que condiciona um baixo abastecimento de água subterrânea e um escoamento superficial de rios e riachos temporários (ZANELLA, 2014; MOLION, 2010; SOUZA, 2000).

Neste contexto, políticas públicas foram impulsionadas como medidas para minimizar o problema da distribuição hídrica na região. A Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE foi essencial para a implantação de açudes no semiárido, preocupando-se principalmente com o abastecimento e irrigação. Além desses reservatórios, destacam-se também a perfuração de poços, cisternas rurais, barragens subterrâneas, transporte de água a longa distância por adutoras e canais e dessalinização de água salobra (ZANELLA, 2014; PEREIRA NETO, 2017).

Sousa e Oliveira (2015), apontam que o Ceará foi um dos primeiros a serem contemplados com estas políticas, tendo em Quixadá a construção do açude do Cedro, o qual representa um dos três primeiros açudes construídos no Nordeste. As primeiras construções de açudes se iniciaram no século XIX, e atualmente o Ceará é o Estado que possui a maior quantidade destes reservatórios (ROCHA et al, 2011).

O açude Malcozinhado foi construído no ano de 2002 a partir do barramento do rio homônimo, possuindo uma capacidade de 37.840.000 m³. Atualmente abastece principalmente os municípios de Cascavel e Pindoretama, na região metropolitana de Fortaleza (SRH, 2015).

O objetivo deste trabalho é analisar a variabilidade do espelho d'água do açude Malcozinhado, entre os anos de 2002 a 2017 através de técnicas de processamento digital de imagens de sensores passivos, comparando com os dados pluviométricos nesse intervalo de anos. O açude se localiza na sub-bacia do rio Malcozinhado que compõe o conjunto de bacias hidrográficas metropolitanas (figura 1).

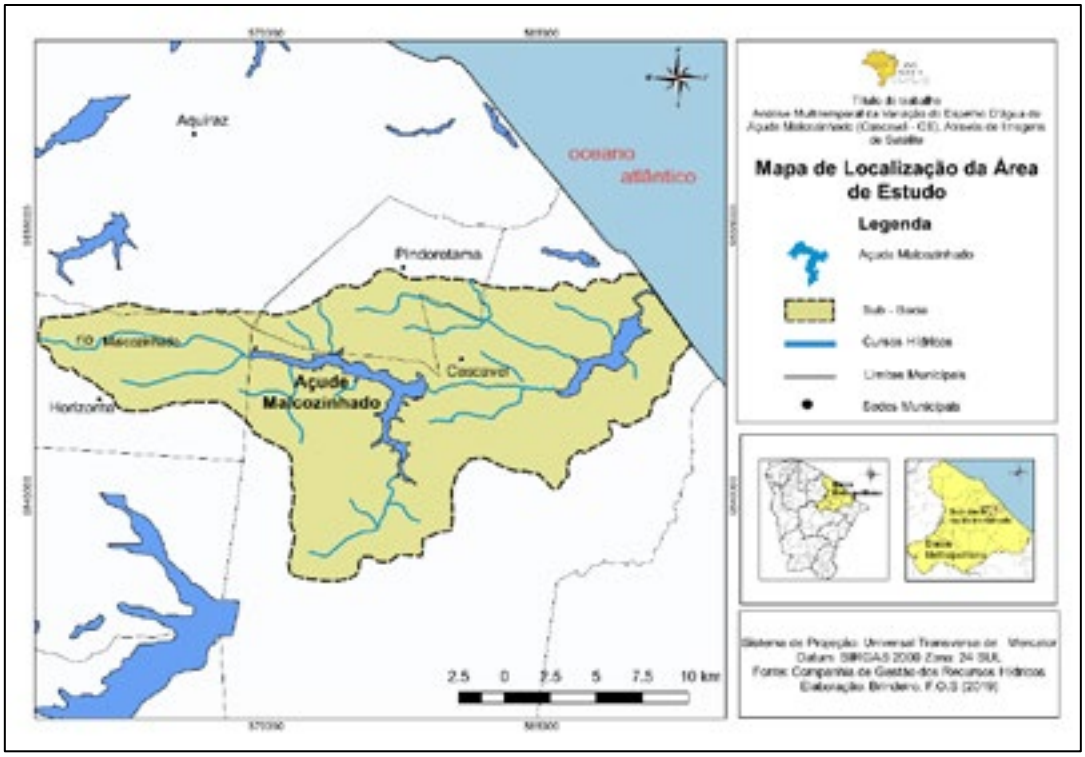


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo

2. Materiais e métodos

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico que consistiu de um levantamento de publicações acerca da temática do presente trabalho e da área de estudo, tais como: geoprocessamento, cartografia e reservatórios hídricos. No *site* do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) foram adquiridas imagens de satélite orbitais com 30m de resolução do sensor Landsat 5, ano 2002; Landsat 7, ano 2009 e Landsat 8, anos 2013 e 2017.

Essas imagens datam dos meses de julho (2009) e agosto (2002, 2013 e 2017), sendo priorizadas as que apresentaram a menor incidência de nuvens.

Os dados pluviométricos foram obtidos no site da Fundação Cearense de Meteorologia – FUNCEME que são adquiridos a partir de uma estação pluviométrica localizada em Cascavel. A maior parte da sub-bacia do rio Malcozinhado, onde está inserido o açude homônimo, localiza-se neste município(SRH, 2015) e dentre os demais que também são drenados por está sub-bacia (parte dos municípios de Pindoretama e Horizonte) este foi o único em que a estação pluviométrica apresentou dados de precipitação regulares entre o ano de construção da barragem (2002) e 2017. Posteriormente foi elaborado um gráfico expondo a distribuição da precipitação pluviométrica.

O processamento digital de imagens foi realizado no software Qgis 2.18. Neste programa as bandas de cada imagem foram combinadas em um sistema de cores *Red-Green-Blue* (RGB) que permitiram uma melhor visualização do açude e da área ao entorno. Após esta etapa, o espelho d'água foi vetorizado e a quantificação da sua área foi realizada através da ferramenta calculadora raster do software. Posteriormente, a variação do espelho d'água assim obtida foi correlacionada com os dados pluviométricos.

3. Resultados e discussões

O processo de vetorização e quantificação (em hectares – ha) apontou aumentos e diminuição do espelho d'água entre 2002 e 2017 (figura 2). Os dados confirmaram a correlação entre a variabilidade do tamanho do espelho d'água e da pluviometria ao longo dos anos.

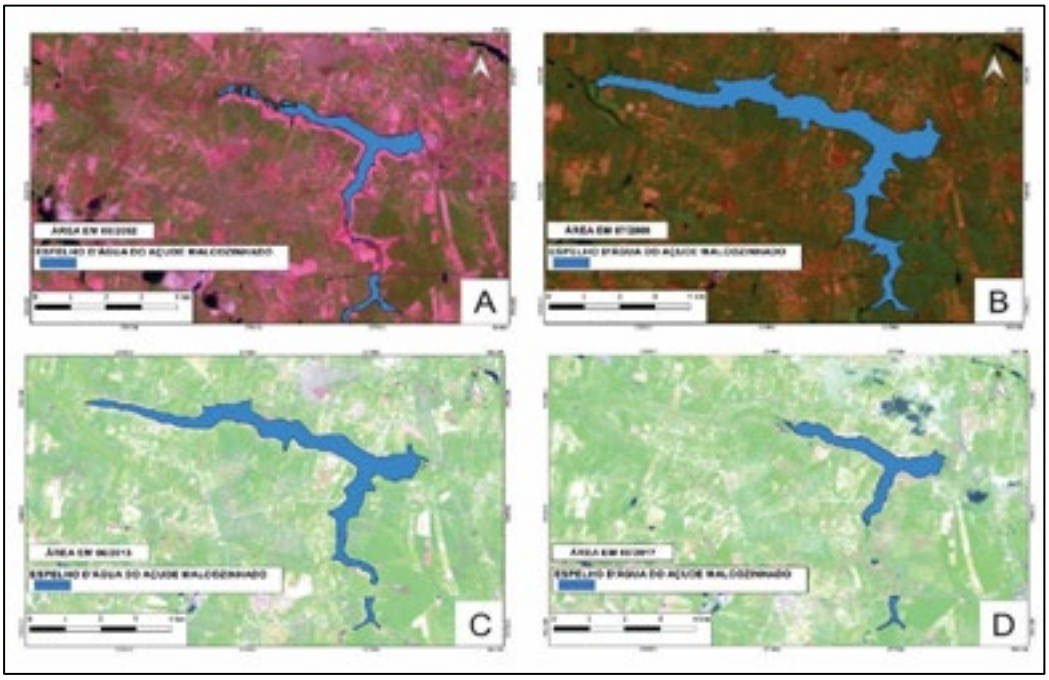


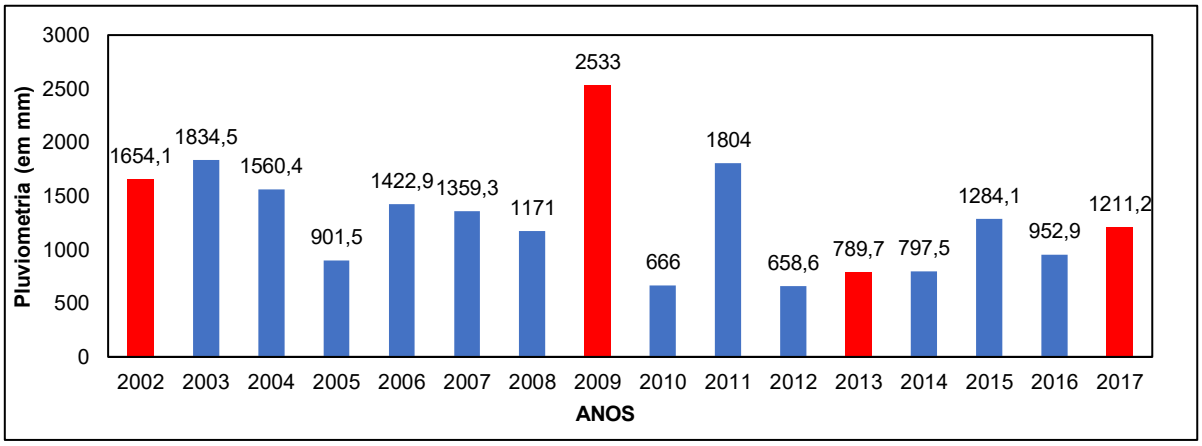
Figura 2 - Variabilidade da área do espelho d'água do açude entre 2002 e 2017

Em 2002 o açude Malcozinhado possuía um espelho d'água com 377, 44 hectares e que aumentou para 885, 47 em 2009 (figura 2 – A e B). Neste mesmo período, apenas os anos de 2005 e 2008 apresentaram um índice de precipitação abaixo da média histórica que segundo o IPECE (2017) é de 1331, 7 mm para o município de Cascavel. Este aumento foi contribuído principalmente pela precipitação do ano de 2009 que teve um total de 2533 mm, a maior para o período analisado (figura 3).

Em 2013 o espelho d'água apresentou uma área de 633,03 hectares, constatando uma diminuição de 255,44 hectares em relação ao ano de 2009 (figura 2-C). É importante destacar que além de 2013, os anos de 2010 e 2012 também apresentaram um índice de precipitação pluviométrica abaixo da média histórica (figura 3).

No período entre 2013 e 2017 (figura 2 – C e D), o espelho d'água foi reduzido para 268, 44 hectares. Isso se deve a sucessivos anos com baixa precipitação (2012 a 2017). Em 2012 a soma da precipitação foi de apenas 658,6 mm, não chegando a 50% da média histórica (gráfico I).

Gráfico I - Distribuição da precipitação pluviométrica em Cascavel



4. Considerações Finais

Através do software *Qgis* 2.18 foi possível mapear com eficiência o espelho d'água em cada imagem de satélite. A quantificação de cada espelho d'água possibilitou a constatação de períodos com menor e maior área ao longo do tempo e que possui relação com a variabilidade de precipitação ao longo dos anos. A utilização de técnicas de geoprocessamento é uma alternativa de baixo custo para auxiliar o monitoramento e a gestão de recursos hídricos.

Referências Bibliográficas

BEZERRA, M. A. A; SANTOS, J. E. M; OLIVEIRA FILHO, I. N; CORREIA NETO, J. S. **Gestão das águas de barragens do Nordeste a partir de uma perspectiva social e econômica.** 47º Congresso SOBER – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, 2009.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia. M. **Postos Pluviométricos: Posto Cascavel-**.Disponível em: http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento-meteorológicobásico. Gráfico-de-chuvas-dos-postos-pluviométricos. Acesso em: 11 de dezembro de 2018.

IPECE. **Perfil Municipal de Cascavel**. Secretaria do Planejamento e Gestão, Governo do Estado do Ceará. Fortaleza - Ceará, 2017.

MOLION, L. C. B. BERNARDO, S. O. **Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro**. Revista Brasileira de Meteorologia. Rio de Janeiro, v. 17, n.1, p. 1-10, 2002.

PEREIRA NATO, M.C. **Perspectivas da açudagem no semiárido brasileiro e suas implicações na região do seridó potiguar. Revista:** Soc. & Nat., Uberlândia, 29 (2): 285-294, mai/ago/2017.

ROCHA, C. M. S; GOMES, D. D. M; ROCHA, L.P.F.O; CAVALCANTE, I. N. **Considerações sobre a legislação dos recursos hídricos do Ceará**. In: Medeiros, C. N; Gomes, D. D. M; Albuquerque, E. L. S; Brito, M. L. C (Org). Os recursos hídricos do Ceará: Integração, gestão e potencialidades. Fortaleza: IPECE, 2011.p.135 – 163.

SOUSA, M. L. M; OLIVEIRA, V. P. V. **Seca e convivência com o semiárido no Ceará: Desafios e Perspectivas.** II Workshop Internacional sobre água no semiárido brasileiro. Fortaleza – Ceará, 2015.

SOUZA, M. J. N. **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará: bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SRH. **Atlas Eletrônica dos Recursos Hídricos do Ceará: Detalhes do Açude Malcozinhado**. Fortaleza, 2015. Disponível em < http://atlas.srh.ce.gov.br/infra-estrutura/acudes/detalhaCaracteristicasTecnicas.Acesso em: 06 de janeiro de 2019.

ZANELLA, Maria Elisa. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino.** Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, P. 126-142, 2014.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA E AS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NA ÁREA DE PROTEÇÃO DO LAGO DE PEDRA DO CAVALO – BAHIA

Philipe Damasceno Pedreira[(a)], Nerivaldo Afonso Santos[(b)], Jocimara Souza Britto Lobão[(c)], Naíara Mota dos Santos[(d)]

[(a)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email: philipe.geo@gmail.com
[(b)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email: nerivaldo.geo@gmail.com
[c)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia /Docente da Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email: juci.lobao@gmail.com
[(d)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email:mota.naiara29@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

RESUMO

Nos últimos anos, nota-se uma crescente preocupação acerca de questões ambientais. Nesta temática, ocorrem diversos debates que salientam a maneira que praticam-se o uso e cobertura das terras e os reflexos deste para a natureza. Assim sendo, os estudos sobre o uso e cobertura das terras tornaram-se relevantes para compreensão da relação da sociedade com a natureza e sua pressão sobre o meio ambiente. Nesta perspectiva, o presente trabalho objetivou avaliar as mudanças têmporo-espacial ocorridas entre os anos de 1985 e 2015 da APA Lago de Pedra do Cavalo-BA, no intuito de analisar a dinâmica e as formas de apropriação no tempo e espaço, bem como, as oscilações de usos e perdas de biodiversidade. Para isso, foram utilizados os dados produzidos no projeto MapBiomas aplicados na plataforma *Google Earth Engine* para produção de mapas anuais de uso e cobertura da terra.

Palavras chave: Sensoriamento remoto, processamento digital, uso e cobertura da terra

1. Introdução

As reflexões sobre a problemática ambiental ganharam destaque no meio científico nas últimas décadas, em razão, da proeminente necessidade de discutir sobre as questões referente ao meio ambiente, como por exemplo, a crescente degradação e exploração ambiental observada no planeta.

Leff (2008) salienta que a degradação está associada à irracionalidade ecológica dos padrões dominantes de produção e consumo, onde nega-se o meio ambiente em favor somente do crescimento econômico, o que acarreta em notório estado de desequilíbrio ambiental. Nos estudos acerca das questões ambientais, sobretudo, quando trata-se de pesquisas sobre a exploração antrópica em fragmentos de vegetação nativa, unidades de conservação, nascentes, topos de morros, entre outras áreas essenciais para manutenção dos serviços ambientais, torna-se relevante interpretar a dinâmica de apropriação dessas áreas, pois a ação antrópica no decorrer dos tempos apresenta a principal causa das transformações desses espaços.

As pesquisas sobre a dinâmica de apropriação e das transformações antrópicas ocorridas no meio ambiente podem ser balizadas mediante observação multitemporal dos usos das terras. Santos (2004) destaca que estudos sobre a temática de uso do terra, podem nortear tomadas de decisões relacionadas a conservação, planejamento ambiental, agropecuária, erosão, produtividade, impactos e pressão sobre os elementos naturais.

Em suma, os usos e cobertura das terras, podem ser observados por meio de mapeamentos temáticos que indicam a distribuição geográfica da apropriação social, das transformações ambientais e dos padrões homogêneos da cobertura terrestre (IBGE, 2013).

Com os avanços tecnológicos, especialmente, com o advento do sensoriamento remoto, desencadeia-se a interpretação dos padrões de uso e cobertura com subsídios das

imagens de satélites (IBGE,2013), atualmente, quase que essencial na confecção dos mapas temáticos de uso e cobertura da terra.

Nessa perspectiva, pretendeu-se utilizar de mapas de uso e cobertura da terra para avaliar as mudanças têmporo-espacial ocorridas no período de 1985 a 2015 na Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Pedra do Cavalo-BA. Para isso, aplicou-se os dados do projeto MapBiomas, o qual mapeou anualmente o uso do solo do Brasil.

Os mapas foram empregados para subsidiar uma reflexão acerca da dinâmica e as formas de apropriação desta área de proteção ambiental, bem como para analisar as oscilações de usos e perdas de vegetação e intuitivamente traçar um panorama da área, o qual poderá representar instrumento ao processo de gestão e desencadear políticas públicas para os municípios inseridos na APA.

1.1. Área de estudo

O estudo proposto compreende na Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Pedra do Cavalo, definida segundo os aspectos legais atribuídos no DECRETO Nº 6.548 DE 18 DE JULHO DE 1997 que considera a necessidade da manutenção da qualidade das águas do lago formado pelo barramento de Pedra do Cavalo, constituído por trechos dos municípios de Conceição da Feira, Cachoeira, Antônio Cardoso, Santo Estevão, Governador Mangabeira, Feira de Santana, Muritiba, São Félix, São Gonçalo dos Campos e Cabaceiras do Paraguaçu (Figura 1).

Figura 1: Localização da APA do Lago de Pedra do Cavalo-BA

O Lago de Pedra do Cavalo representa um sistema de abastecimento humano de água, dentro de limites compatíveis principalmente para o uso doméstico, e também com implantação da usina hidrelétrica que tornou-se importante para o fornecimento de energia elétrica (Figura 2).

Figura 2: Vista aérea da barragem e do Lago Pedra do Cavalo-BA

Nesta APA, destaca-se a importância da preservação e recuperação dos ecossistemas de matas ciliares no entorno do lago artificial, sendo que, tem-se como limite, a faixa com largura de 2.000 (dois mil) metros, a partir da faixa de proteção de 100 (cem) metros, estabelecida pela Resolução nº 004/85 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.

2. Materiais e métodos

A presente pesquisa foi dividida em três etapas principais, de início realizou-se o levantamento dos instrumentos legais e de trabalhos sobre a APA, seguido do levantamento cartográfico e/ou dos dados geoambientais e por fim têm-se o manuseio dos dados do Projeto MapBiomas para compreensão da dinâmica do uso e cobertura da terra desta APA.

Neste contexto, efetuou o levantamento bibliográfico acerca de temáticas relacionadas à legislação ambiental, uso e cobertura das terras, sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e geotecnologias. Nesta etapa atentou para pesquisas dos trabalhos já realizados na área, destacando os próprios instrumentos legais que regulamentam a APA do Lago de Pedra do Cavalo.

Na segunda etapa, buscou-se elaborar um banco de dados em Sistema de Informações Geográficas (SIG) com aspectos geoambientais, com pertinência ao clima, relevo, litologia,

solo e vegetação da APA, disponibilizadas em fontes secundárias na base de dados SIG-BA, IBGE, EMBRAPA e CPRM para subsídio da compreensão das transições de uso e cobertura.

Assim com o suporte das informações vetoriais de escala cartográfica de 1:250.000 do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE) extraiu-se a delimitação do Lago de Pedra do Cavalo e consequentemente com apoio de um *software GIS* aplicou a legislação para delimitação da faixa de proteção ambiental com a técnica *Buffer,* extraindo os limites da APA do Lago de Pedra do Cavalo. Neste caso, foram aplicadas medidas de faixa de largura marginal de 2.000 metros, a partir da faixa de proteção de 100 metros que é o que prevê a Resolução nº 004/85.

Com posse da delimitação da APA foram baixados na plataforma do projeto MapBiomas por meio do *link* < http://mapbiomas.org/pages/downloads> a coleção 3.0 que cobre o período de 1985 a 2017 para a cobertura e uso do Brasil. Como a APA integra-se nos biomas Caatinga e Mata Atlântica foram baixados os dois biomas por completo.

Os mapas por biomas são baixados no formato Raster, com isso, importou-se os dados para o *software GIS* onde, extraiu-se a área de interesse segundo os limites, posteriormente foi feita a classificação seguindo-se o código identificador de cada classe estabelecido pelo Mapbiomas com conversão do sistema de coordenadas para UTM para realização do cálculo da área das respectivas classes e quantificação das transições a cada 10 anos entre os usos e cobertura (1985, 1995, 2005 e 2015).

De maneira sintetizada, os procedimentos metodológicos do projeto MapBiomas para execução do mapa da coleção 3.0, inicia-se com seleção das imagens Landsat para o período proposto com distinção pixel a pixel para produzir uma "imagem limpa" ou sem ruídos, e para assim produzir um mosaico representativo com várias camadas de informações por pixel. Os mosaicos são produzidos por ano e representará por pixel o comportamento deste no devido ano. Utiliza-se na plataforma do *Google Earth Engine* o algoritmo *"random forest",* para classificar as imagens e trabalhar os dados, com regras referentes a filtros espacial e temporal

e por fim torna-se possível observar os mapas com as transições das classes por ano (MAPBIOMAS, 2018).

3. Resultados e Discussão

As estratégias para conservação da biodiversidade por meio da criação de áreas de proteção ambiental representam intenções recentes, visto que, a princípio essas áreas serviram com maior função de recreação da população e a serviço da educação ambiental (DIEGUES et. al., 2001).

A percepção do rápido desaparecimento de ecossistemas e espécies incentivaram a partir da década de 60 o objetivo de criar novas áreas protegidas, sobretudo no Brasil, com a delimitação de recentes unidades de conservação para manutenção da biodiversidade (DIEGUES et. al., 2001; DIEGUES, 2008).

A criação e a gestão das áreas protegidas constituem-se como forma de intervenção governamental e que visa a redução das perdas da biodiversidade e da diminuição da degradação ambiental (VALLEJO, 2002). Essas áreas são essenciais para a proteção, gerenciamento racional dos recursos ambientais, conservação dos recursos hídricos, proteção de sítios culturais, manutenção da fauna e qualidade do ar, água e outros serviços ambientais (DIEGUES, 2008).

Sendo assim, os estudos científicos em áreas de proteção ambiental são relevantes quando almejam subsidiar um melhor gerenciamento da área, sobretudo, quando visam observar a dinâmica da apropriação social, como por exemplo, a análise dos usos e da cobertura das terras num dado período. Diante do exposto, destaca-se os mapas de uso e cobertura das terras para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2015 (Figura 3) e posterior análise com ênfase em transições de usos e possíveis implicações ambientais.

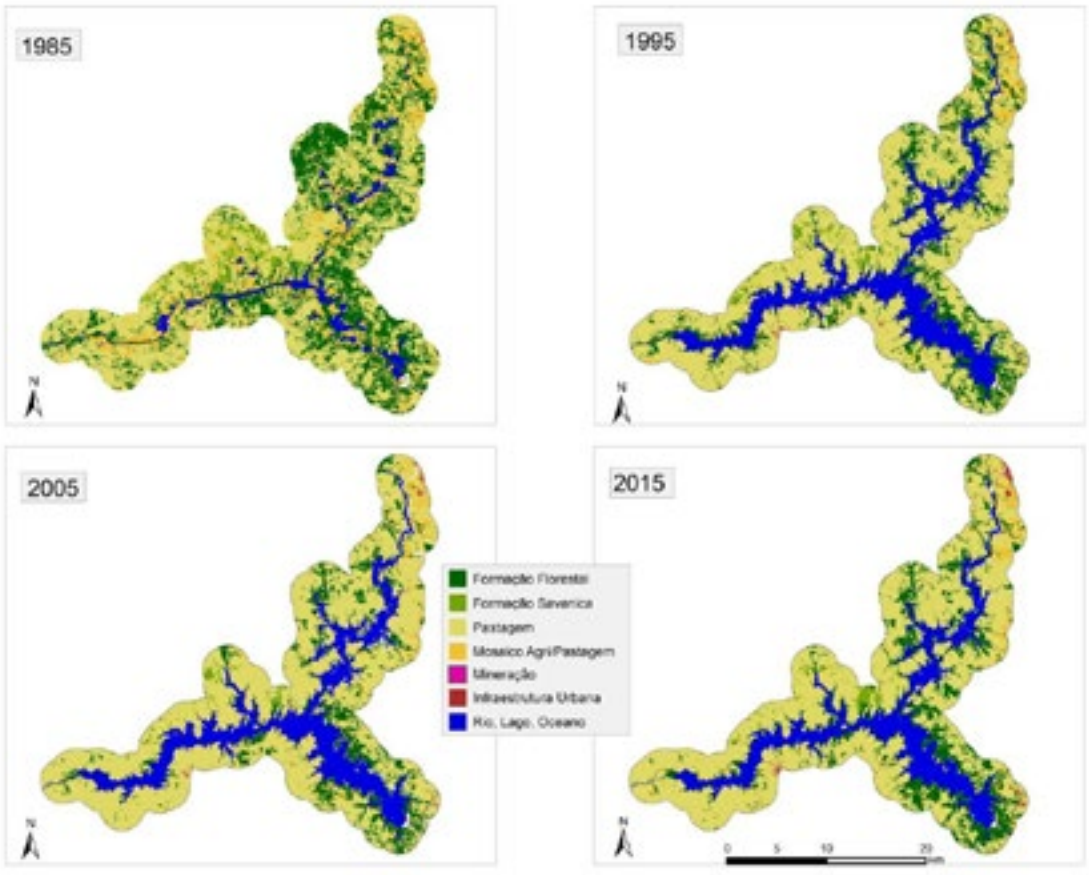


Figura 3: Uso e cobertura do solo para os anos (1985, 1995, 2005 e 2015)

O mapa temático de uso e cobertura da terra apresentado na (Figura 3) destaca as pastagens com maiores áreas nos anos estudados. No ano de 1985 a classe de formação florestal foi maior que a classe denominada “rio, lago ou oceano”, posteriormente, com o barramento do rio, ocorre uma inversão no quantitativo de área destas classes, devido a origem do lago artificial. Esse barramento também acarretou num acréscimo de áreas urbanas em razão da criação de núcleos de assentamentos para as comunidades locais e do próprio processo de urbanização.

Entre as atividades econômicas presentes na APA, destaca-se mineração (Figura 4) que compõe o empreendimento Mineração Pedra do Cavalo, o qual explora a geologia local,

por meio da extração de areia e brita utilizado como agregado para construção civil. Esta localiza-se na entrada do município de Muritiba pela estrada de acesso da BR 101.

Figura 4: Mineração no limite da APA do Lago de Pedra do Cavalo-BA

Segundo Mechi e Sanches (2010) a mineração no Brasil podem indicar com suas atividades, supressão ou impedimento da regeneração da vegetação, remoção superficial da camada com maior fertilidade do solo que ficam expostos e mais suscetíveis aos processos erosivos, entre outros, a própria diminuição da qualidade das águas de uma bacia hidrográfica. Na atividade de mineração da APA, observa-se a utilização de explosivos que ocasiona poluição sonora e vibrações nos solos.

A análise dos mapas de uso e cobertura do solo (Figura 3) permitiu realizar inferências quanto a dinâmica de utilização do espaço nos limites da APA, às formas de apropriação estão ligadas sobretudo às práticas econômicas da região, destaca-se às atividades antrópicas advindas da pecuária, e da própria mineração que têm impresso nas paisagens semiáridas uma crescente expansão de áreas agrícolas, em detrimento da cobertura vegetal. A quantificação das classes de uso e cobertura das terras, (Figura 5), expõe a crescente supressão da vegetação

na área que circunda o lago, a série estudada evidencia o drástico incremento de atividades agropecuárias em decorrência ocorre uma queda exponencial da cobertura vegetal.

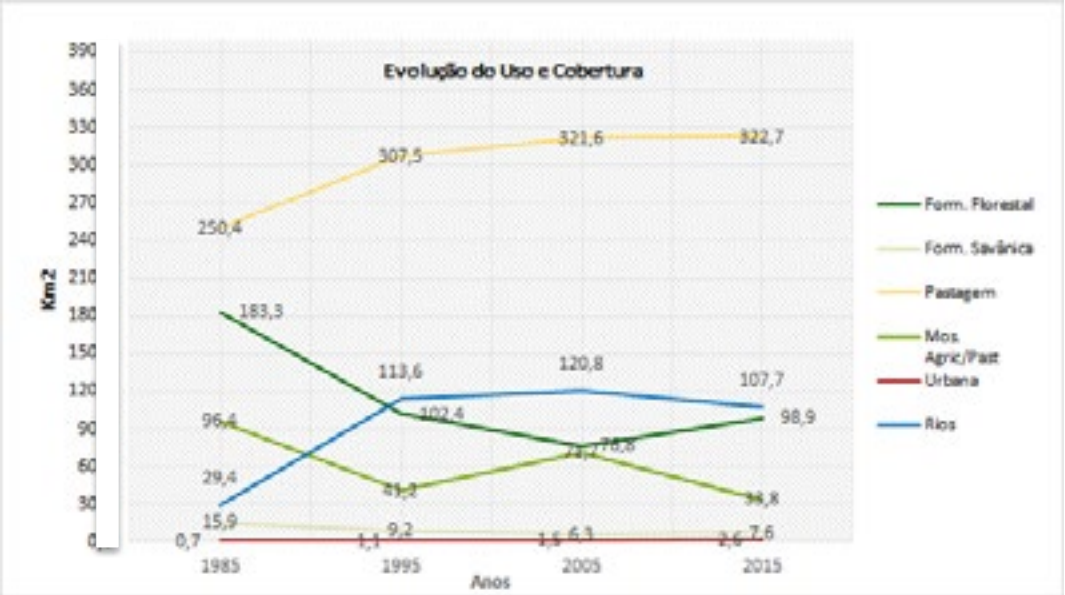


Figura 5: Evolução do Uso e Cobertura das terras na APA de Pedra do Cavalo –Bahia

A cobertura vegetal representada pela classe de Formação Florestal, tem um decremento expressivo, inicialmente esta classe representava cerca de 31,8% no final da série restavam apenas 17,3%, cerca de 46% de cobertura foi perdida. Concomitante a essa dinâmica tem-se a expansão das áreas destinadas à Pecuária e Mosaico de Agricultura e Pastagem que juntas somam 346,8 Km^2 de área, cerca de 60,5% no início da série, atingindo no final do período analisado, 421,6 Km^2, que corresponde a 62,2 % de uso.

O barramento das águas fluviais do Rio Paraguaçu que formou o lago artificial de Pedra do Cavalo, possuía cerca de 15,9 Km^2, pós criação essa área passou a formar um espelho d'água com mais de 100 Km^2, variando em períodos de estiagem, quando a demanda por água aumenta e seu volume é reduzido em função do abastecimento e da evapotranspiração.

Outra dinâmica marcante nesse ambiente é a presença de um aterro sanitário que como característica liberam mau odores, além de ocasionar a presença de aves como (Urubus) que

ficam circundando a rodovia. Em estudo realizado por Amorim et al. (2016) foram coletados amostras de solos e água nas áreas adjacentes ao aterro sanitário, onde foram identificadas alterações na qualidade do solo e da água decorrente da presença do chorume.

Seguindo ainda a linha das implicações ambientais, Souza et al. (2005) discorreram que moradores presentes na APA apontaram por meio de um diagnóstico participativo que a falta de um sistema de abastecimento de água e de saneamento básico eficiente compõem problemas ambientais para área, e que isso, implica em dificuldade para realização do desenvolvimento da agricultura local e de outras atividades de subsistência.

4. Considerações finais

Conclui-se que os dados obtidos no projeto MapBiomas foram essenciais para as análises atribuídas na área da APA e para as observações das transições de uso e cobertura das terras. Os resultados obtidos neste trabalho, possibilitaram salientar pressões antrópicas com devidas implicações ambientais, para tanto, recomenda-se fiscalização por parte dos governantes e dos órgãos ambientais sobre o desmatamento sem critérios para implantação de atividades agropecuárias e desenvolver políticas de incentivo à educação ambiental para melhor aproveitar os potenciais ecológicos e para gestão ambiental.

5. Agradecimentos

Agradecemos à CAPES pelo apoio financeiro na concessão de bolsas e ao Projeto MapBiomas pela qualidade e gratuidade dos dados que auxiliaram a realização deste trabalho.

6. Referências bibliográficas

AMORIM, L. O.; JESUS, J.A.; OLIVEIRA, R.V.; DUETE, W.L.C. Avaliação da qualidade do solo e da água nas áreas adjacentes ao Aterro Sanitário de Muritiba, Bahia. Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016.

http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Decretos/1997/dec_6548_1997_uc_rcriaapalagopedracavalo_ba.pdf

DIEGUES, A. C. S. & ARRUDA, R. S. V. Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil. Programa Nacional de Conservação da Biodiversidade, série Biodiversidade nº 4. Ministério do Meio Ambiente-MMA:. USP/NUPAUB, 2001.

DIEGUES, A. C. O mito moderno da natureza intocada . 6. ed. São Paulo: Hucitec, 2008. 198 p.

VALLEJO, L.R. Unidades de conservação: uma discussão teórica à luz dos conceitos de território e de políticas públicas. Geographia (Niterói), v.4, n.8, p.51-72, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). Manual técnicos em geociências nº 07- Manual Técnico de Uso da Terra. 3° edição. Rio de Janeiro, 2013

LEFF, H. Epistemologia ambiental . 4. ed. São Paulo: Contez, 2007. 240 p

MECHI, M, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. In: Revista Estudos Avançados, v. 24, n. 68, 2010.

SANTOS, R. F. Planejamento ambiental: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SOUZA, L. R. M. V de; MATOS, Z. M. R. de; VAZ, L. M. S.. Diagnóstico Participativo do Sistema de Abastecimento de Água nos Municípios da APA do Lago de Pedra do Cavalo – Bahia. In: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Saneamento ambiental Brasileiro: Utopia ou realidade? Rio de Janeiro: ABES, 2005. p.1-8.

"Projeto MapBiomas – Coleção **3.0** da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em **[20/12/2018]** através do link: **[http://mapbiomas.org/map#coverage]**"

"Projeto MapBiomas - é uma iniciativa multi-institucional para gerar mapas anuais de cobertura e uso do solo a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. A descrição completa do projeto encontra-se em http://mapbiomas.org"

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE PARAMÉTRICA DO MODELO NUMÉRICO WRF PARA PREVISÃO DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Thaís Moreira Guimarães [(a)], Marcio Catadi [(b)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biossitemas, Universidade Federal Fluminense, thaismg@id.uff.br

[(b)] Departamento de Engenharia Agrícola e do Meio Ambiente, Universidade Federal Fluminense, mcataldi.id.uff.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A precipitação é uma das variáveis do sistema climático que mais causa desastres, tais como movimentos de massa, enchentes e enxurradas, podendo causar mortes e deixar pessoas desabrigadas. Atualmente, modelos numéricos de previsão do tempo são utilizados para prever o comportamento atmosférico e antecipar possíveis desastres, sendo o WRF um desses modelos. No entanto, nem todos os processos atmosféricos são resolvidos a partir de soluções numéricas das equações de movimento, massa, energia e vorticidade. Um exemplo são os processos de convecção que necessitam de parametrizações físicas para serem resolvidos. Este trabalho tem como objetivo analisar quatro simulações do WRF, realizadas com parametrizações distintas, para a região da bacia que abrange os rios Quitite e Papagaio, na Zona Oeste do Rio de Janeiro. Foi observado que os esquemas de parametrização de camada de superfície (MM5 old) e de formação de cumuls (Grell-Freitas) foram determinantes para uma melhor representação da precipitação.

Palavras chave: WRF, Modelos Numéricos, Parametrização, Eventos Extremos

1. Introdução

A precipitação é uma das variáveis do sistema climático que mais causam desastres no Brasil. Eventos extremos de precipitação, que ocorrem principalmente no verão, quando associados a geomorfologia do terreno, relevo e formas de uso e ocupação do solo, ocasionam enxurradas, inundações e movimentos de massa, culminando em mortes, danos ao meio ambiente e prejuízos econômicos e sociais (DIAS; HERRMANN, 2002).

Atualmente, são empregados modelos numéricos de mesoescala para a previsão do tempo, de modo a antecipar os riscos à deslizamentos, enxurradas e enchentes e com isso salvar vidas. No estado da arte deste tipo de modelagem está o modelo Weather Research and Forecasting (WRF). Desenvolvido por Skamarock et al., (2008), o WRF é um modelo de alto desempenho computacional, portátil e flexível, possui código aberto, de domínio público e livre. Ainda que as equações fundamentais do modelo sejam significativamente robustas, há alguns processos, como a convecção, que não são totalmente solucionados por elas e, portanto, necessitam ser resolvidos por meio de parametrizações (JAKOB, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo avaliar os resultados de diferentes parametrizações simuladas no WRF para a cidade do Rio de Janeiro, especificamente para a bacia que engloba os rios Quitite e Papagaio, localizadas em Jacarepaguá, Zona Oeste do município. Esta região foi alvo de um evento de precipitação intensa em fevereiro de 1996, causado pela atuação da zona de convergência do atlântico sul (ZCAS), que culminou em mais de 100 cicatrizes de movimentos de massa, centenas de desabrigados e mortos.

2. Materiais e Métodos

Para a simulação do WRF, foram utilizadas como condições iniciais e de contorno os produtos do Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) (SAHA et al., 2010), do National Centers for Environmental Prediction (NCEP), a cada 6 horas, com resolução espacial horizontal de 0.5º. O modelo foi configurado com três grades de 27km, 9km e 3km de resolução, com aninhamento telescópico de três grades, utilizando interação unidirecional (one way).

Todas as grades utilizam passo de tempo de 162 segundos, com topografia de resolução espacial de aproximadamente 900m e 40 níveis verticais. Foram realizadas quatro simulações com parametrizações físicas distintas (Tabela I), com início no dia 11 (00Z) e fim no dia 15 (00Z) de fevereiro de 1996. O horizonte de previsão foi, portanto, de 120 h, com resultados gerados a cada 1 h.

Tabela I – Resumo dos esquemas de parametrização utilizados em cada simulação realizada no modelo WRF.

	Micro Física das Nuvens	Camada física de superfície	Camada Limite Planetária	Parametrização de Cumulus
Simulação 1	3 (WRF s.m. 3 class)	1 (MM5 similarity)	1 (YSU)	1 (Kain-Fritsch)
Simulação 2	5 (Eta-Ferrier)	1 (MM5 similarity)	99 (MRF)	3 (Grell-Freitas)
Simulação 3	5 (Eta-Ferrier)	1 (MM5 similarity)	99 (MRF)	2 (Betts–Miller–Janjic)
Simulação 4	5 (Eta-Ferrier)	91 (MM5 Old)	99 (MRF)	3 (Grell-Freitas)

A avaliação paramétrica se deu a partir do estabelecimento de um raio de 30km a partir da área de estudo, onde foram obtidos 120 pontos de grade e calculadas as médias e desvios padrões para as quatro simulações, e então verificados quais as simulações apresentaram a média mais dois desvios padrão que mais se aproximassem do valor observado de 427,4mm, registrado pelo posto pluviométrico da estação do Alto da Boa Vista.

3. Resultados e Discussões

Buscou-se identificar a configuração de parametrizações da simulação com maior média e maior desvio padrão, pois esta seria a configuração que mais aproximaria do evento de precipitação observado nesse período. Assim sendo, as simulações 2 e 4 foram as que apresentaram maiores médias e também maiores desvios padrão. Os resultados destas simulações são apresentados na Tabela II.

Tabela II – Análise estatística das previsões de precipitação para os pontos de grade inseridos no raio de 30km a partir da bacia do Quitite e Papagaio.

Precipitação (mm)	Sim. 1	Sim. 2	Sim. 3	Sim. 4
Média	130,9	170,1	65,9	190,4
Desvio Padrão	37,2	57,0	24,3	70,3
Média + 2 desvios padrão	205,4	284,1	114,6	331,0

Através da Figura 1, pode-se observar que estas duas simulações possuem coloração amarelada e avermelhada na região do retângulo preto, indicando maiores valores de chuva nos dias 12 e 13. Ambas utilizaram em suas configurações de parametrização o esquema de Grell-Freitas para a formação de nuvens tipo cumulus. A diferença entre elas foi na parametrização

de camada física de superfície, em que a simulação 2 adotou o esquema MM5 Similiraty e na simulação 4 foi selecionada uma versão mais antiga do MM5, o esquema MM5 OLD.

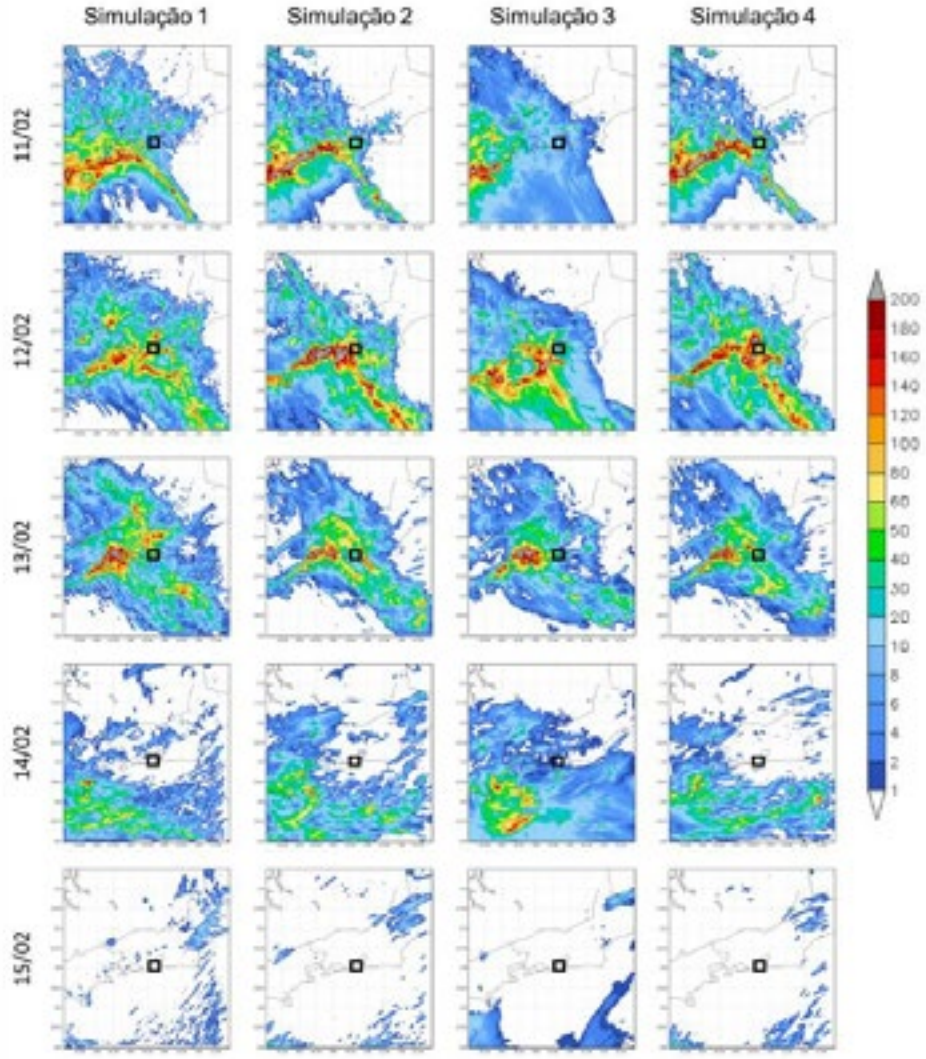


Figura 1 - Previsão de precipitação realizada pelo WRF para as 4 simulações. O retângulo preto destaca a região da área de estudo.

A simulação 1, que utilizou a parametrização "default" do modelo resultou em uma média menor que as simulações 2 e 4, mas ainda assim superou a simulação 3, a qual apresentou a menor média e menor desvio padrão. Esta simulação teve a mesma configuração de parametrizações que a simulação 2, exceto pelo esquema de formação de cumulus, que utilizou

o esquema de Betts-Miller-Janjic, o qual foi selecionado por apresentar boa habilidade de previsão para o evento de precipitação extrema da região serrana, em 2011 (BARCELLOS & CATALDI, 2017). Observa-se, entretanto, que esta não possui igual desempenho para uma região próxima, porém com características físicas e ambientais diferentes.

4. Considerações Finais

Avaliando as diferentes parametrizações simuladas no WRF, pode-se concluir que a parametrização de camada física de superfície e principalmente a de cumuls são determinantes para um bom desempenho do modelo na região onde foi aplicado. Vale ressaltar ainda que a configuração ótima de parametrizações pode variar de acordo com a região para a qual está sendo aplicada.

Referências Bibliográficas

BARCELLOS, P. C. L.; CATALDI, M. **Extreme events : forecasting of the 2011 natural hazard in the Serrana Region of Rio de Janeiro through the one-way coupling of WRF-SMAP models**. Anais VII Simpósio Internacional de Climatologia: 2017. 2 p.

DIAS, F. P.; HERRMANN, M. L. D. P. **Análise Da Susceptibilidade a Deslizamentos No Bairro Saco Grande, Florianópolis - SC**. Caminhos de Geografia: v. 3, n. 6. 2002. 16 p.

JAKOB, C. **Accelerating Progress in Global Atmospheric Model Development through Improved Parameterizations**. Bulletin of the American Meteorological Society: v. 91, n. 7. 2010. 7 p.

SAHA, S.; MOORTHI, S.; PAN, H.-L.; et al. **NCEP Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) 6-hourly Products, January 1979 to December 2010**. Disponível em: <https://rda.ucar.edu/datasets/ds093.0/>. Acesso em: 6/11/2017.

SKAMAROCK, W. C.; KLEMP, J. B.; DUDHIA, J.; et al. **A Description of the Advanced Research WRF Version 2.** NCAR Technical Notes, 2008. 88 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AS INFLUÊNCIAS DA ARBORIZAÇÃO NA TEMPERATURA E BEM-ESTAR DA POPULAÇÃO DAS CIDADES SEMIÁRIDAS: O CASO DAS ZONAS URBANAS DE VIÇOSA E RIACHO DA CRUZ – RN

Agassiel de Medeiros Alves [(a)], Helison Alano Alves da Silva [(b)]

[(a)] Docente do Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, agassielalves@uern.br
(b) Geógrafo, formado pelo Curso de Licenciatura em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, alanoalves18@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A presente pesquisa teve como objetivo buscar entender a influência da arborização na temperatura e bem-estar da população das cidades localizadas na região semiárida. Nesse contexto, a pesquisa foi realizada especificamente nas cidades de Viçosa e Riacho da Cruz, ambas localizadas na região oeste do Estado do Rio Grande do Norte, região semiárida do Nordeste brasileiro, onde a cidade de Viçosa apresenta uma arborização bem desenvolvida, e a outra cidade, que é a de Riacho da Cruz, localizada a aproximadamente 6.000 metros da cidade de Viçosa, apresenta uma arborização pouco evidente. Foram utilizadas para este estudo observações de campo e técnicas de sensoriamento remoto com a utilização de imagens de satélite Landsat8 e aplicação de ferramentas baseadas na lógica GEObia, com a leitura de temperatura superficial com correção atmosférica. Com isso, buscamos entender como a arborização influencia na temperatura e bem-estar da população dessas duas cidades, fazendo uma breve comparação da arborização de ambas em relação às temperaturas superficiais.

Palavras chave: arborização urbana, temperatura superficial, qualidade de vida.

1. Introdução

A presente pesquisa foi elaborada objetivando entender a importância da arborização em cidades localizadas em regiões semiáridas, como as localizadas no interior do Nordeste brasileiro, levando em consideração as cidades de Viçosa e Riacho da Cruz, localizadas no Alto Oeste do Estado do Rio Grande do Norte – Brasil. Como podemos evidenciar a região semiárida é caracterizada por condições climáticas muito secas, e suas temperaturas são muito elevadas, principalmente nas cidades sem arborização efetiva. Com isto buscou-se entender a importância da arborização dentro destas cidades, para tentar minimizar esses altos índices de

temperatura superficial, e poder proporcionar uma melhor qualidade de vida para população das cidades, ocasionando um conforto para os moradores, e trazendo benefícios como, sombreamento, maior umidade do ar, diminuição da poluição sonora.

Como fator muito importante, observou-se a temperatura superficial, onde pode-se perceber que uma área bem arborizada, a sua temperatura vai ser bem mais amena que uma área com pouca presença de arborização. Assim, podemos afirmar que a arborização é um fator muito importante para a cidade, e principalmente as que estão localizadas em regiões com clima muito quente.

A cidade de Viçosa foi considerada como a cidade mais verde do Estado do Rio Grande do Norte por conta da sua arborização, e pode-se perceber que é um fato que chama muita atenção na cidade, que está localizada em uma região onde a maioria das outras cidades vizinhas que não possuem uma arborização ainda bem estruturada.

A outra cidade citada na pesquisa é a de Riacho de Cruz, localizada a aproximadamente 6.000 metros da cidade de Viçosa, onde foi possível perceber que a sua arborização é mais pouco escassa, e que ainda está em desenvolvimento. Com isso na pesquisa foi realizada uma comparação da arborização das duas cidades citadas acima, levando em consideração os índices de temperatura, e a arborização como forma para o bem-estar da população.

2. Materiais e Métodos

3.1 Análises da temperatura superficial das cidades de Viçosa e Riacho da Cruz – RN.

Para analisarmos a temperatura superficial das cidades de Viçosa e Riacho da Cruz, como mostra a figura 01, foi utilizada uma imagem do satélite Landsat 8 referente ao mês de maio de 2017, disponibilizada pela USGS, onde foram trabalhadas no ArcGis 10, software do Núcleo de Estudos Geoambientais e Cartográficos – NEGECART – UERN.

Através da utilização do método GEOBIA (Análise de Imagens Baseadas em Dados Geográficos) com os algoritmos trabalhados no ArcGis 10, foi empregada a ferramenta *Surface Temperature* (temperatura superficial) que utiliza dados do DN das bandas do sensor termal (TIRS) com as devidas correções atmosféricas para estimar as temperaturas da superfície do solo da área analisada (URBANSKI, 2015).

Foram feitas as delimitações das áreas urbanas dos dois municípios que serviram de base para o recorte das cenas e análise estatística dos dados em termos de variações de temperaturas máximas e mínimas, desvio padrão e médias da zona urbana dos dois municípios. Os pixels da resolução espacial têm medidas de 30x30 m, com projeção WGS84, sistema de coordenadas geográficas aplicadas em grau, minutos e segundos.

Figura 03. Organograma da metodologia aplicada para medir a temperatura superficial das cidades de Viçosa e Riacho da Cruz.
Fonte: Helison Alano Alves da Silva. 2017

3. Resultados e Discussões

3.1 A Importância da arborização urbana para cidade.

Considerando as características dos elementos que compõe as zonas urbanas dos municípios, tornam-se perceptíveis as tendências de aumento de temperatura superficial nas diversas partes das cidades que vão desde grandes construções, vias de acesso e espaços abertos como praças e largos. Nas regiões semiáridas estas áreas são potencialmente mais influenciadas pela radiação direta do sol com produção de calor superficial e atmosférico.

Elaborar um projeto de arborização é um fator muito importante para a cidade. "Planejar a arborização é indispensável para o desenvolvimento urbano, para não trazer prejuízos para o meio ambiente." (DANTAS, e SOUZA 2004). Uma solução para que o ambiente não sinta muito com o avanço das cidades, é oferecer um planejamento de arborização bem elaborado para cidade, pois com uma grande presença de árvores junto aos elementos que compõe o espaço urbano, pode fazer com que o ambiente volte a apresentar as condições naturais do que era aquela área antes da urbanização.

A arborização sem dúvidas é um dos elementos principais dentro da cidade, com isso, Ribeiro (2009) coloca que,

> Além da função paisagística, ela proporciona outros benefícios à população tais como: purificação do ar pela fixação de poeiras e gases tóxicos e pela reciclagem de gases através dos mecanismos fotossintéticos; melhoria do microclima da cidade, pela retenção de umidade do solo e do ar e pela geração de sombra, evitando que os raios solares incidam diretamente sobre as pessoas; redução na velocidade do vento, influência no balanço hídrico, favorecendo a infiltração da água no solo e provocando evapotranspiração mais lenta; abrigo à fauna, propiciando uma variedade maior de espécies, e o que influencia positivamente ao ambiente, pois propicia maior equilíbrio das cadeias alimentares e diminuição de pragas e agentes vetores de doenças e amortecimento de ruídos.

Para que haja uma boa arborização, é preciso que se tenha um planejamento bem elaborado, pois o que é para ser um benefício para cidade, pode acabar se tornando um "problema". Resende (2009) vem colocar que, o plantio de árvores inadequadas com a estrutura urbana, pode gerar conflitos com equipamentos urbanos como, fiações elétricas, encanamentos, calhas, calçamentos, muros, postes de iluminação, e etc. Assim, podemos ver que em algumas cidades brasileiras há uma grande carência de uma boa arborização urbana, deixando de lado um dos importantes elementos para uma boa qualidade de vida para a população.

Segundo Resende (2011), a arborização urbana implementada de maneira adequada, levando em consideração, meio ambiente, população, e desenvolvimento, pode proporcionar uma melhor qualidade de vida aos habitantes, como também, melhorias ambientais, culturais e econômicas, minimizando os problemas gerados pela falta de arborização.

A cidade de Viçosa está localizada na região do Alto Oeste Potiguar, onde a mesma vem apresentar como uma das suas principais características a sua arborização urbana, fato que chama muita atenção na cidade, por se tornar atrativa e agradável pela imensa área coberta pela vegetação. A maior parte das ruas, avenidas e praças da cidade, está arborizada pela Mangueira, de nome cientifico *Mangifera índica*, sendo da família das anacardiáceas (EMBRAPA, 2017).

Na cidade de Viçosa, a arborização está muito presente em quase toda a cidade, e podemos perceber que isso faz com que a temperatura nessas áreas fique mais amena, podendo assim proporcionar para sua população uma melhor qualidade de vida, onde as pessoas podem fazer atividade física, ou passear a qualquer hora do dia nas praças, ruas, e avenidas da cidade (Figura 01). A arborização é um fato que não só chama atenção pela beleza para a cidade, mas também faz com que haja um bem-estar para população local.

Figura 01. Rua Antônio Torres. Viçosa – RN.
Fonte: Helison Alano Alves da Silva. 2017.

Na cidade de Riacho da Cruz, a sua arborização apresenta-se de forma inconsistente, com algumas áreas onde a arborização ainda não está presente, sendo em geral composta por espécies exóticas, e paisagísticas, como são os casos da palmeira e do coqueiro, deixando de oferecer para os seus moradores uma melhor qualidade de vida, deixando de proporcionar vários benefícios que a arborização pode oferecer para a população. Segundo Schuch (2006) a grande concentração de pavimentações e construções nas cidades favorece a absorção de radiação solar diurna, com isso o fenômeno das ilhas de calor provoca um diferencial térmico bastante significativo se comparado a locais vegetados.

Abaixo, na Figura 02, podemos ver os índices de temperatura superficial de Viçosa, onde apresenta as áreas mais quentes (vermelho), e as mais frias da cidade (azul). As áreas mais frias da cidade de Viçosa, contam com uma grande influência da sua arborização, que contribui para que a temperatura nessas áreas fique mais amena, com uma temperatura no intervalo de 25.2º a 26.4º.

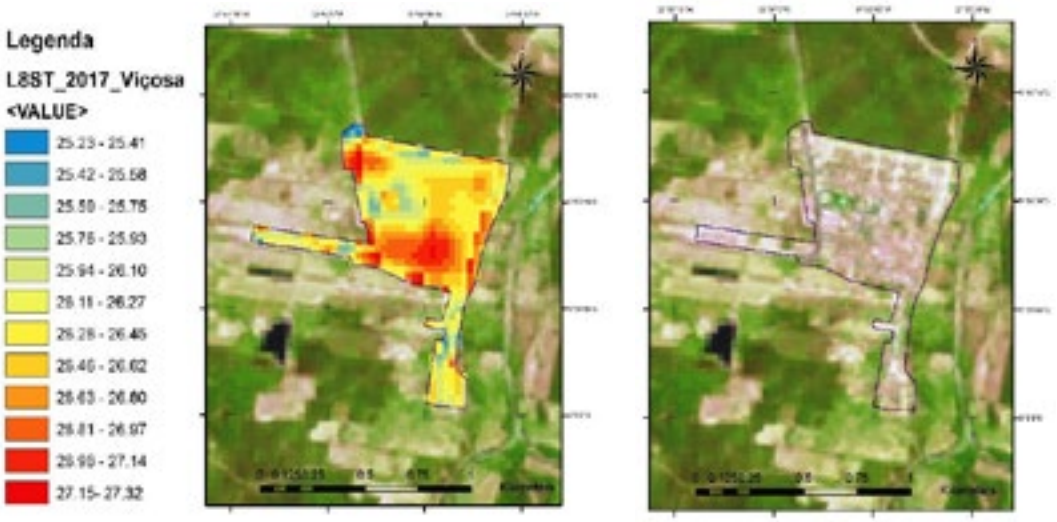


Figura 02. Níveis de temperatura da cidade de Viçosa – RN.
Fonte: USGS. 2017; 15/05/2017.

Também na Figura 2 podemos notar que existe na cidade áreas onde a temperatura apresenta-se mais elevada, podendo chegar de 26.6º a 27.3º, isso se dá pela presença de

alguns elementos que fazem com que a temperatura superficial nessas áreas fique mais elevada, como é o caso do asfalto, calçamento exposto a luz solar, área sem arborização, e construções, como é o caso da praça de eventos, que na sua dinâmica não é utilizado nenhum tipo de vegetação, proporcionando assim que a temperatura naquela área fique mais elevada.

Na cidade de Riacho da Cruz (Figura 03), onde mostra os índices de temperatura superficial de sua área urbana, que apresenta as áreas mais quentes e mais frias da cidade. As áreas com temperaturas baixas podem chagar de 24.3º a 26.4º, que tem influência da arborização, como também, pela presença de corpos de água, que é a bacia do saneamento básico, onde esses elementos faz com que a temperatura fique mais baixa em alguns pontos da cidade.

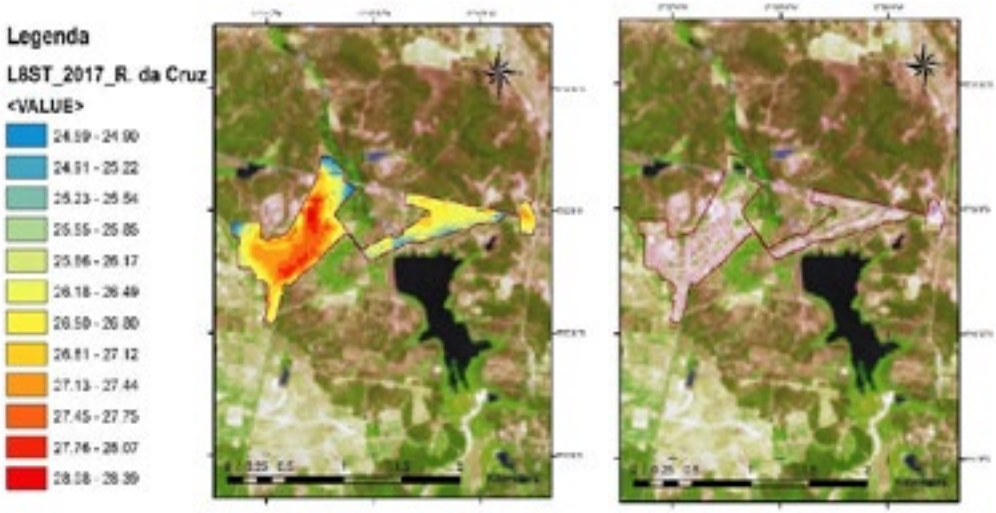


Figura 06. Níveis de temperatura da cidade de Riacho da Cruz – RN.
Fonte: USGS. 2017; 15/05/2017.

Nas cidades de Viçosa e Riacho da Cruz, podemos perceber pelo que foi discutido anteriormente que a situação da arborização de ambas é bem diferente, a cidade de Viçosa com uma arborização bem presente, e Riacho da Cruz com uma arborização um pouco ausente, com isso, podemos perceber que a arborização vem influenciar diretamente na temperatura, e bem-estar da população de ambas as cidades.

Outra característica perceptível na observação de campo refere-se aos tipos de árvores muito encontradas na cidade de Riacho da Cruz. Com uma diversidade muito grande de espécies, foi possível identificar principalmente árvores de nim indiano (*Azadirachta indica*), fícus (*Ficus microcarpa*), palmeiras (*Arecaceae*), entre outras, o que causa uma grande heterogeneidade das espécies, fator também importante na questão da arborização.

Nas tabelas a seguir, podemos ver a quantidade de pixels, que é o total de áreas analisadas na imagem do satélite Landsat8 (30 x 30m), que obtiveram uma determinada temperatura. Na Tabela 01 corresponde à cidade de Viçosa, pode-se perceber que há um número maior de áreas com uma temperatura de 26,0º a 26,4º C, correspondendo há 49,2% da área total da cidade. Em segundo lugar temos a faixa de 26,5 a 26,9º C, correspondendo a 32,6% da área analisada.

A área de temperatura mais elevada chega aos 27,3º C, mas corresponde a apenas 6% da área urbana, e está associada principalmente a passagem da rodovia asfaltada que corta a cidade e a uma parte mais antiga da zona urbana, com cobertura de arborização relativamente comprometida. Segundo Gomes e Soares (2003) a vegetação ao filtrar a radiciação solar, suaviza as temperaturas extremas, e contribui para conservar a umidade do solo, atenuando a sua temperatura.

Temperatura	Nº de Pixels	%
25,2º a 25,4º	5	0,3%
25,5º a 25,9º	65	10,9%
26,0º a 26,4º	**293**	**49,2%**
26,5º a 26,9º	**194**	**32,6%**
27,0º a 27,3º	38	6,3%

Tabela 01. Níveis de temperatura por área da cidade de Viçosa – RN.
Fonte: USGS 2017.

Na Tabela 02, podemos ver também o total de pixels da cidade de Riacho da Cruz, onde temos uma grande variação de temperaturas, temos as maiores quantidades de áreas com temperaturas de, 26,0º a 27,4º que corresponde a 24,4% da área total da cidade, temos também uma concentração maior de áreas com temperaturas de 26,5º a 26,9º, que corresponde

a 21,5% da área total, e também, uma maior concentração de 27,0º a 27,4º, que corresponde a 68,9% da área total da cidade, concentradas em uma maior área da cidade. As temperaturas mais altas estão na média de 27,5º a 28,3º C correspondendo a 13,8%.

Temperatura	Nº de Pixels	%
24,5º a 24,9º	16	1,9%
25,0º a 25,4º	47	5,6%
25,5º a 25,9º	78	9,4%
26,0º a 26,4º	**202**	**24,4%**
26,5º a 26,9º	**178**	**21,5%**
27,0º a 27,4º	**191**	**23,0%**
27,5º a 27,9º	**101**	**12,2%**
28,0º a 28,3º	14	1,6%

Tabela 02. Níveis de temperatura por área da cidade de Riacho da Cruz – RN.
Fonte: USGS 2017.

As temperaturas nas duas cidades estão em médias próximas, porém a cidade de Viçosa como mostra a Tabela 01, apresenta uma temperatura com uma maior concentração de áreas chegando de 26,0º a 26,4º, que corresponde a 49,2% da área total da cidade, chegando a quase metade da cidade, podendo assim deixar claro que a arborização vai, consequentemente, influenciar na temperatura nessas áreas, pela cidade estar com grande área coberta pela vegetação.

Na cidade de Riacho da Cruz, foi possível perceber que a maior concentração da temperatura em áreas foi também de 26,0º a 26,4º, correspondendo a 24,4% da área total da cidade, que foi aproximadamente um quarto da cidade, e que há também um total de área próximo, que chega a 23,0% da área total da cidade, onde tem temperaturas de 27,0º a 27,4º, se percebeu que chega a quase o mesmo total de áreas, com uma diferença de praticamente 1,0º C, onde deixa claro que essa temperatura em total de área, tem uma diferença muito significativa entre as duas cidades, e como salientamos anteriormente, as baixas temperaturas na cidade de Riacho da Cruz, não são influência apenas da arborização, mas sim, de corpos de água presentes próximos a área urbana como e a lagoa de decantação do saneamento básico, que fazem com que as temperaturas fiquem mais amenas em algumas áreas da cidade.

3.3 A arborização urbana como elemento para proporcionar uma melhor qualidade de vida para população da cidade.

Uma arborização de uma cidade bem planejada tem como objetivo proporcionar para seus habitantes uma melhor qualidade de vida, como, sombra, amenização da poluição sonora, baixa temperatura, maior humidade do ar, e vários outros benefícios. Com base em uma visita a campo, podemos notar que, na cidade de Viçosa, um fato que chama muito atenção, é sua arborização, por ser feita por uma espécie de planta de porte médio a alto que é a mangueira, ocasionando assim, uma maior proporção de sombra, e uma sensação térmica mais agradável.

Podemos notar que, além da beleza associada à arborização, ela traz também vários outros benefícios para sua população, como, sombra, maior umidade do ar, baixa temperatura, e pode proporcionar qualidade de vida nas áreas como as praças, que são lugares agradáveis para o lazer da população, e também tem a utilidade para pratica de qualquer atividade física durante todo o horário do dia.

Na cidade de Riacho da Cruz em relação às praças percebe-se que a arborização ainda está em implantação nas praças mais novas. A praça de eventos e as demais apresentam apenas uma arborização de caráter paisagístico, o que pouco influenciam nos aspectos climáticos da zona urbana. É muitas ruas praticamente a arborização é inexistente, em outras o espaçamento entre as árvores é muito grande e por último, as podas drásticas influenciam muito nas funções de controle específicas da vegetação.

Na cidade de Viçosa, a arborização além dos benefícios ambientais que traz para cidade, também fornece alimentos, e fonte de renda para a população da cidade, pois a mangueira produz frutos que podem ser consumidos, ou comercializados pelos moradores da cidade. Podemos também salientar que a mangueira tem a sua produção no período de estiagem aqui na região nordeste, tempo em que as condições estão um pouco mais difíceis para quem reside nessa região, então com isso, podemos perceber o tamanho da importância

dessa arborização para cidade, que não só traz beleza, mas sim, proporciona que a população tenha o fruto das mangueiras como um complemento importante.

Pode-se perceber que da população da cidade de Viçosa, grande parte faz o uso do fruto da mangueira no seu dia-a-dia, consumindo a fruta constantemente, e também, quando o fruto vai ficando estragado para a população consumir, grande parte dos frutos é usado para alimentação de animais, como porcos, galinha, gado, e alguns outros tipos de animais da região.

4 Considerações finais

Com base nesta pesquisa, foi possível perceber o quanto a arborização vai influenciar na temperatura superficial da zona urbana de cidades localizadas em regiões de clima semiárido, e consequentemente no bem-estar da população ali residente. Com isso, podemos notar a importância que a arborização tem para a cidade, e principalmente como referência para cidades localizadas em regiões como é o caso do semiárido do Nordeste brasileiro.

Assim, vemos que a arborização é um dos elementos essenciais para que a população da cidade tenha uma melhor qualidade de vida, e que tem que haver um planejamento prévio para que a arborização seja feita de forma eficiente, e que não deixe de ser um benefício para a população. Com o grande avanço das cidades de hoje, com grandes construções, grande presença de asfalto, calçamento, e grande poluição, a arborização sem dúvidas é forma para que o ambiente não sofra tanto com os elementos urbanos que se encontram na cidade.

A utilização de dados de sensoriamento remoto e técnicas de caráter geográfico, nos possibilitou uma leitura de um importante elementos climático, a temperatura superficial, e a relação desta com a arborização das cidades estudadas. São dados gratuitos de fonte confiável e com ampla aplicação nas geotecnologias.

Comparando-se a realidade da arborização das duas cidades, pode-se afirmar que Viçosa apresenta um resultado de uma ação do poder público, associado à consciência da população, que deve impactar positivamente na qualidade de vida. No caso de Riacho da

Cruz, a preferência por espécies de caráter paisagístico influencia negativamente no caráter de arborização da zona urbana, que possui influências de corpos d'água relativamente positivos, porém devido à arborização desordenada, apresenta pontos com a média de temperatura acima da cidade de Viçosa.

Referências Bibliográficas

DANTAS, Ivan Coelho; SOUZA, Cinthia Maria Carlos. Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n. 2, 2004.

EMBRAPA. Caracterização da Mangueira. Disponível em <http://www.agencia.cnptia .embrapa.br/ Agencia22/cAG01/arvore/AG01_17_24112005115221.html. > Acesso em > 25/ 09/ 2017.

GOMES, Marcos Antônio Silvestre; SOARES, Beatriz Ribeiro. A Vegetação nos Centros Urbanos: Considerações Sobre os Espaços Verdes em Cidades Médias Brasileiras. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 1(1), p.19-29, junho, 2003.

Manual técnico de arborização urbana. Prefeitura da cidade de São Paulo. 2º Edição, 2005.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. Editora Atlas S.A. 5º ed. São Paulo, 2005.

RESENDE, Otávia Melina. **Arborização Urbana**. Barbacena, 2011. (Monografia)

RIBEIRO, Flávia Alice Borges Soares. Arborização urbana em Uberlândia: Percepção da população. **Revista da católica**, Uberlândia, v.1, n.1, p.224-237, 2009.

SCHUCH, M. I. S. **Arborização Urbana:** Uma Contribuição à Qualidade de vida com uso de Geotecnologias. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Geomática. Santa Maria, RS, Brasil, 2006.

URBANSKI, Jacek. **GEOBIA for ArcGis**. Available at: http://ocean.ug.edu.pl/~oceju/ CentrumGIS/GEOBIA%20in%20ArcGIS.pdf. Accessed June, 20, 2015.

USGS - GEOLOGICAL SURVEY. **Cenas do satélite Landsat-8**: Disponível em <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 15.06. 2017.

ANÁLISE DE VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIÇARRÃO – GO

Mylena de Campos Lima[(a)], Yasmin Tavares Hirdes[(b)]

[(a)] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, mylenaclima@gmail.com
[(b)] Instituto de Estudos Socioambientais, Universidade Federal de Goiás, ytavares.amb@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicadas aos estudos ambientais

Resumo

O presente artigo apresenta um estudo de vulnerabilidade ambiental dentro da microrregião da Chapada dos Veadeiros, no município Alto Paraíso de Goiás, mais especificamente na Bacia Hidrográfica do Rio Piçarrão - GO. Para isso, foi feita a análise de vulnerabilidade da geologia, declividade, vegetação, solo e clima da bacia. A região escolhida se justifica pelo fato de estar situada em uma das principais áreas de Cerrado remanescente no país. O resultado se dá por meio de um mapa de vulnerabilidade da zona em estudo adquirido por meio do processamento de imagens.

Palavras chave: vulnerabilidade, Cerrado, vegetação, processamento de imagens.

1. Introdução

A vulnerabilidade ambiental se dá a partir do potencial de degradação da área, sendo entendida como a reação do meio ambiente à perturbação de padrões e processos. A transversalidade dos diversos fatores que propiciam maior probabilidade de degradação se relaciona ao conceito de Ecodinâmica, o qual nos remete à metodologia adotada, que caracteriza uma unidade ecodinâmica como relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de matéria/energia no ambiente (Tricart, 1977). A análise sinótica e integrada da paisagem se estabelece com o uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), por meio do software ArcGis, o qual possibilitou a reinterpretação das informações geográficas disponíveis (hipsometria, declividade, geomorfologia, uso e ocupação do solo, tipos de solo) para classificação da vulnerabilidade da bacia hidrográfica em estudo.

O aumento da produtividade agrícola em áreas de fragilidade ecológica, como áreas de alto declive, próximas a nascentes e margens dos rios, acarreta a erosão hídrica que compromete a capacidade produtiva do solo, dessa maneira, aumenta-se também a aplicação de fertilizantes (adubos solúveis e agrotóxicos), o que ocasiona maior número de fósforo e nitrogênio nas águas, responsáveis por aumentar o nível de degradação hídrica (Merten e Minella, Jean, 2002). No período de 1970 a 1975, o desmatamento médio no Cerrado foi de 40 milhões de hectares por ano (Klink, Moreira; 2012). A taxa anual de desmatamento tem aumentado nas últimas décadas, variando de 22 a 30 ha por ano (Machado et al., 2014). Durante os anos de 2011 e 2012, ocorreu o processo de 2° atualização de Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios para Biodiversidade no território brasileiro pelo Ministério do Meio Ambiente, o qual foi efetivado pela Portaria n° 223, em 21 de junho de 2016, estabelecendo tais áreas nos biomas Cerrado, Pantanal e Caatinga. Nessa atualização, o Nordeste Goiano se apresenta com prioridade muito alta, incluindo o município em que se desenvolve o presente estudo.

1.1. Área de estudo

Alto Paraíso de Goiás contempla uma área territorial de 2.593,905km², com população estimada de 7.558 pessoas, segundo o censo IBGE (2018). A bacia do Ribeirão Piçarrão está localizada na região hidrográfica do Rio Tocantins/Araguaia, que corre no sentido norte-sul e leste-oeste, ocupando uma área de 197.323,744 km², totalizando 56% do território do estado de Goiás e Distrito Federal. O Rio Tocantins ocorre pela junção do Rio Tocantinzinho e Rio Maranhão, com afluentes que drenam preferencialmente no sentido nordeste e noroeste. As nascentes estão presentes em altitude variável de 900 a 1600 metros, com presença de relevo serrano e apresentam boa densidade de drenagem, com afluentes de porte considerável.

Na região em estudo observa-se uma quantidade significativa de áreas preservadas, sobretudo pelo fato de existirem Unidades de Conservação como Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (240 586,56 ha), Área de Preservação Ambiental do Pouso Alto (872 000 ha) e 15 Reservas Particulares de Patrimônio Natural, as quais somam 20.156,62 ha na região.

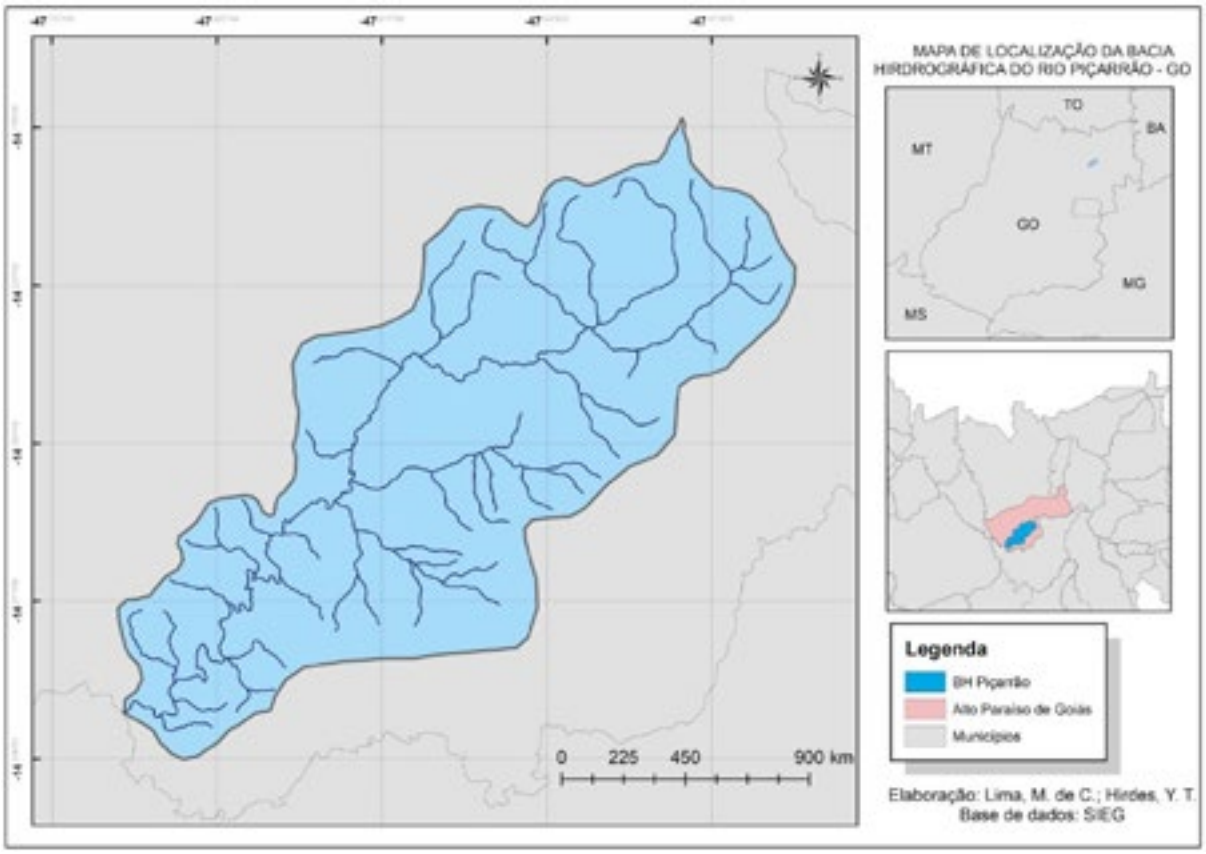


Figura 1 – Localização da Bacia do Rio Piçarrão - GO

2. Materiais e métodos

A metodologia adotada foi a proposta por Crepani (2001) para análise da vulnerabilidade, expressa em valores de 1 a 3 para cada unidade de paisagem. Os dados espaciais que remetem a geologia, geomorfologia, vegetação, solos e clima, foram disponibilizados pelo LAPIG.

Com a aquisição dos dados espaciais em formato *shapefile*, foi possível acrescentar à tabela de atributos a coluna de vulnerabilidade com o propósito de inserir

seu peso em cada aspecto. Posteriormente foi realizada a conversão de polígonos para *raster*.

3. Resultados e discussões

A história da evolução geológica é de extrema importância (CREPANI et al., 2001), na região da Chapada dos Veadeiros a composição é por águas termais associadas às rochas do Grupo Araí, ligadas por um sistema de falhas aproximadas da zona de contato conjunto as rochas do Grupo Paranoá (ALMEIDA et al, 2006).

A vulnerabilidade geomorfológica da paisagem natural é feita realizando a análise acerca da altimetria - na região do presente estudo sendo a amplitude >200m com vulnerabilidade igual a 3,0 -, dissecação do relevo por drenagem, e declividade do local, em que a média é efetuada, onde o produto é somado e enfim feita a média final.

No estado de Goiás, na região da bacia hidrográfica em questão, a geomorfologia é composta por: SRAI com cotas entre 1100 e 1600 m, dissecação muito fraca representando a superfície mais elevada do estado, em sistema denudacional; SRAII com cotas entre 900 e 1100 m, dissecação muito forte e dissecação forte, desenvolvidas em rochas pré-cambrianas; ZER - SRAIVA com dissecação muito forte relacionada a geração da SRAIVA e erosionado dominantemente a SRAI; e ZER - SRAIIIA com zona de erosão recuante com dissecação muito forte relacionada à geração de SRAIIIA e erosionando dominantemente a SRAIIA associada a morros e colinas e com forte controle estrutural. Todas as superfícies pertencentes ao sistema denudacional.

Formada por 6 classes, a declividade da paisagem natural é caracterizada por classe plana (0-3%), suave ondulada (3-8%), ondulada (8-20%), forte ondulada (20-45%), montanhosa (45-75%), e forte montanhosa (>75%), e seus respectivos valores atribuídos de acordo com a vulnerabilidade indicada por CREPANI et al, 1.0, 1.2, 1.8, 2.7, 3.0 e 3.0.

Sendo a pedologia um dos temas constituintes da análise, a resistência do solo à erosão se dá pelo conceito de erodibilidade, ligado a erosão hídrica, em que a chuva é um fator imprescindível.

Para o aspecto de vegetação, constituído por 15 classes neste estudo, em que o fator de densidade da cobertura é alcançado através da leitura das imagens de satélite para estabelecimento das classes. Abordado na classificação de vulnerabilidade, o parâmetro de proteção do solo é categorizado como estável, onde há Formação Florestal (1,4) e Savânica (1,5), intermediária onde a Formação Campestre (2,2) e Pastagem (2,8) são dominantes, e baixa densidade de cobertura em Mosaico de Agricultura e Pastagem (3,3).

Alto Paraíso é uma das cidades mais altas e frias do estado de Goiás, com clima tropical e estação seca, com inverno seco e ameno, e quente no verão. As precipitações ocorrem de janeiro a março diminuindo paulatinamente, e aumentando de agosto a dezembro.

Posterior à análise de todos os temas, o cruzamento dos dados espaciais rasterizados é efetuado da seguinte maneira: geomorfologia + geologia + vegetação + solos + clima/5. Atinge-se então a média final resultando o mapa de vulnerabilidade ambiental.

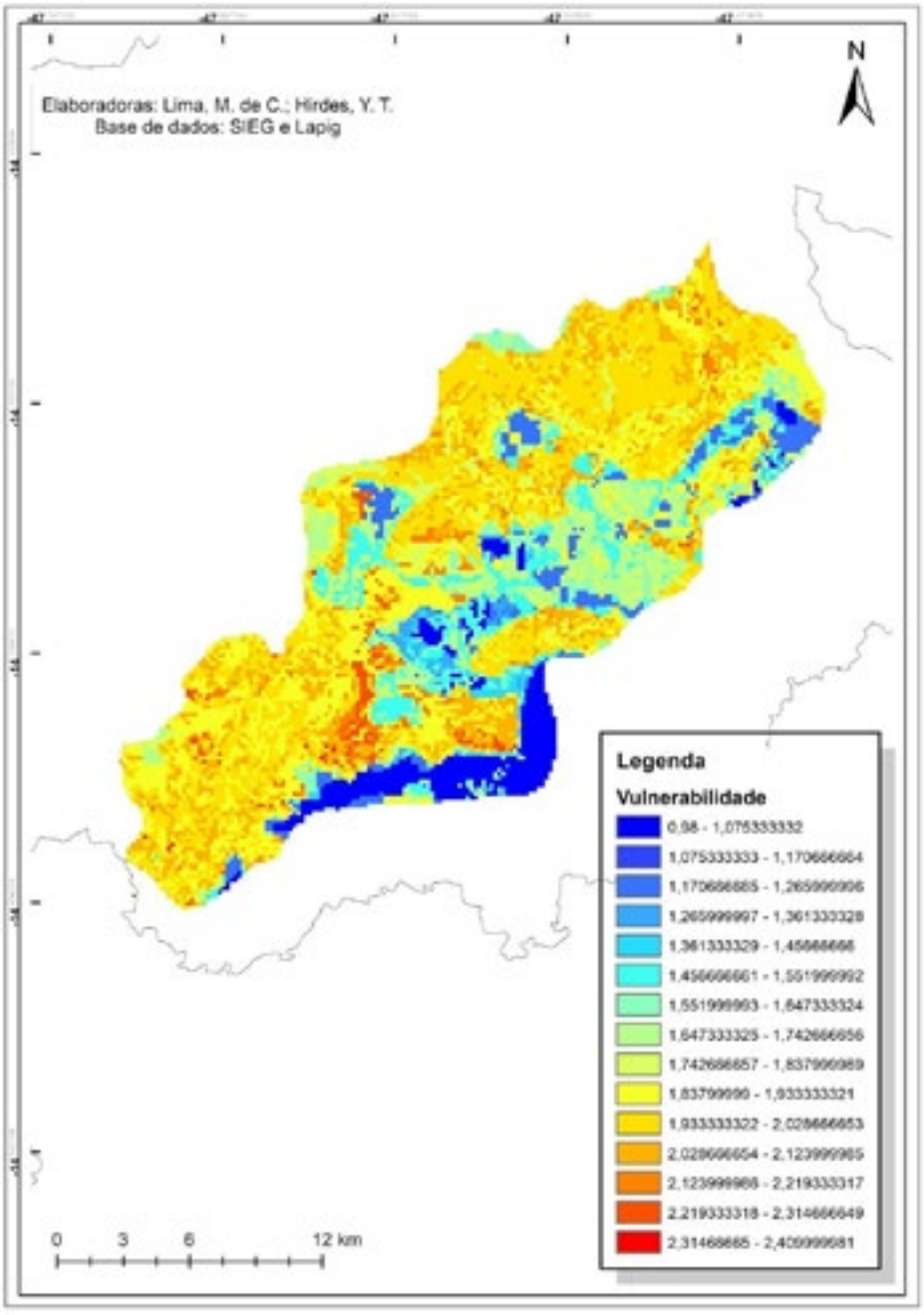


Figura 2 – Mapa de Vulnerabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Piçarrão – GO

4. Considerações Finais

Na APA de Pouso Alto, região de localização da bacia do Rio Piçarrão, quanto ao desenvolvimento sustentável e busca no ecoturismo e na agroecologia voltados para a conservação e preservação da natureza, em relação à economia, a expansão agropecuária, a agricultura familiar, o ecoturismo, entre outros, são formadores da paisagem.

Sabendo que o uso do solo de forma despreocupada com técnicas adequadas que minimizem os impactos provenientes do desmatamento torna preocupante a situação da perda do solo, além da observação do mapa de vulnerabilidade criado para o estudo da região do município de Alto Paraíso de Goiás onde se localiza a bacia hidrográfica, conclui-se que majoritariamente, do oeste ao norte, a vulnerabilidade se encontra sendo

intermediária (1,74 - 2,02) com pico de elevação de peso (2,12 - 2,40) na região centro-oeste. Adjacente ao limite da região leste e em dispersão direcionando-se ao norte apresenta vulnerabilidade de classificação muito baixa e baixa (0,98 - 1,55).

Agradecimentos

À Universidade Federal de Goiás (UFG) que nos permitiu a elaboração do presente artigo sob avaliação do Profº Maximiliano Bayer, também alvo de nossos agradecimentos.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L. de; RESENDE, L.; RODRIGUES, A. P.; CAMPOS, J. E. G.. **Hidrogeologia do Estado de Goiás.** Goiânia, 2006.

ARNESEN, A. S.; GENOFRE, F. T.; CURTARELLI, M. P.. **Análise da Vulnerabilidade à Erosão Através de SIG: um subsídio ao zoneamento ecológico-econômico de Santo Amaro da Imperatriz - SC**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T.G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C.C.F. (2001). **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico econômico e ao ordenamento territorial**. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos - SP. 103p.

LATRUBESSE, E. M.; CARVALHO, T. M.. **Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Secretaria de Indústria de Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiânia, 2006.

NICOCHELLI, L. M.; SIQUEIRA, A. J. B.; MIGLIORINI, R. B.; ALBRECHT, K. J.; DELGUINGARO, A. R.. **Análise de Vulnerabilidade à Contaminação de Aquífero no Distrito Industrial de Cuiabá - MT, Através do Método GOD**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009.

PIRES, A. L.; SILVA, T. C. da.. **Análise da Vulnerabilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Marés no Estado da Paraíba**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFPB. João Pessoa - PB.

SILVA, L. L. F.; MORAES, M. F.; SILVA, R. B. da. **Influência do Uso e Ocupação do Solo na Qualidade da Água em Bacias de Captação Para o Abastecimento Público.** Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2016.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** IBGE, Superintendência de Recurso Naturais e Meio Ambiente (SUPREN). Rio de Janeiro, 1997. **Plano de Manejo da APA de Pouso Alto**. Resumo Executivo. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos (SECIMA), 2006.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Análise do Uso do Solo para o Zoneamento Geoambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari - BHRJ

Vinicius Silveira dos Santos [(a)], Luís Eduardo de Souza Robaina[(b),] Romario Trentin[(c),] Daniélli Flores Dias[(d)]

[(a)] Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, viniciusgeografia93@gmail.com Email
[(b)] Professor Doutor do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, lesrobaina@yahoo.com.br
[(b)] Professor Doutor do Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, romariotrentin@gmail.com
[(b)] Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Maria, daniellidias08@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Com o crescente uso dos recursos naturais pela sociedade, faz-se necessário estudos que possam contribuir no planejamento ambiental adequado, para que a natureza não seja impactada de modo agressivo. Assim, são necessários estudos que viabilizem a utilização dos recursos naturais pelo ser humano de modo organizado, para que não impeça a dinâmica de evolução do relevo, e que a ação antrópica não seja determinante na degradação do ambiente. O zoneamento geoambiental caracteriza-se como um instrumento de auxílio no planejamento territorial, em escala local ou regional. Utilizando-se das geotecnologias, para a correlação das informações cartográficas da área de estudo, realizou-se a análise do Uso e Ocupação na bacia hidrográfica, sendo este, um dos pilares da metodologia para o desenvolvimento do zoneamento Geoambietal. O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado referente ao Zoneamento Geoambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari, localizada no Oeste do Rio Grande do Sul.

Palavras chave: Estudos ambientais. Geotecnologias. Bacia hidrográfica. Uso e ocupação

1. Introdução

A relação sociedade e natureza, vem servindo de base para o desenvolvimento de diversos trabalhos científicos referentes a temática ambiental, pois o ser humano depende do ambiente natural para realizar atividades voltadas a sua subsistência.

Nessa perspectiva, são necessários estudos que possam viabilizar a utilização dos recursos naturais pelo ser humano de modo ordenado, para que não se altere a dinâmica de evolução do relevo, e que a ação antrópica não seja determinante na degradação do ambiente.

Com o desenvolvimento tecnológico, houve o surgimento de diversas ferramentas que possibilitaram uma eficiência e rapidez no processamento de dados, contribuindo na solução de problemas voltado a conservação dos recursos naturais.

Devido a dinâmica natural da Terra e a forte influência da ação antrópica sobre o meio, onde realizam suas atividades individuais ou econômicas, o relevo apresenta-se em constante movimento e transformação de seus aspectos naturais, podendo-ser acompanhando através dos mapeamentos a intensidade dos processos alteradores.

Nesse processo, as novas tecnologias vêm ao encontro da necessidade do pesquisador analisar e interpretar o modo em que está ocorrendo as mudanças e a velocidade dos processos atuantes sobre o relevo, para que se possa desenvolver medidas de apoio para minimizar os impactos no ambiente.

Para Ross (1994) a fragilidade dos ambientes naturais frente às intervenções humanas é maior ou menor em função de suas características genéticas. Os ambientes naturais se mostravam em um estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as intervenções humanas passaram progressivamente a intervir cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais.

Nesse contexto, o desenvolvimento dos estudos ambientais possibilita a análise física do relevo e o modo de ocupação, e a partir disso delimitar porções do relevo com características

homogêneas e, com o auxílio de tecnologia voltada a ciência geográfica, como as geotecnologias, elaborar um produto que possa contribuir em estratégias de conservação dos recursos naturais. Diante disso, os estudos geoambientais possibilitam uma análise detalhada das condições naturais em que o relevo se apresenta, contribuindo para o desenvolvimento de técnicas que possam minimizar os impactos ambientais.

Para Menezes (2012), os estudos de natureza geoambiental possibilitam a caracterização de áreas quanto as suas aptidões e restrições às atividades já em desenvolvimento e/ou prováveis de serem implantadas, além de indicar porções do terreno com graus de fragilidade marcante, e zonas de uma maior qualidade ambiental que possam ser preservadas.

Ao se realizar a delimitação de zonas com características homogêneas, é possível identificar as porções do relevo quanto as aptidões para o uso, o que chama-se de zonas com potencialidades, e restrições quanto ao uso, chamadas de zonas com fragilidades.

Desta forma, o presente trabalho, que é parte de uma dissertação de mestrado, realizado na Univesidade Federal de Santa Maria (UFSM), que teve como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Rio Jaguari (BHRJ), localizada na região Oeste do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 1), tem como objetivo analisar o uso do solo da referida bacia hidrográfica.

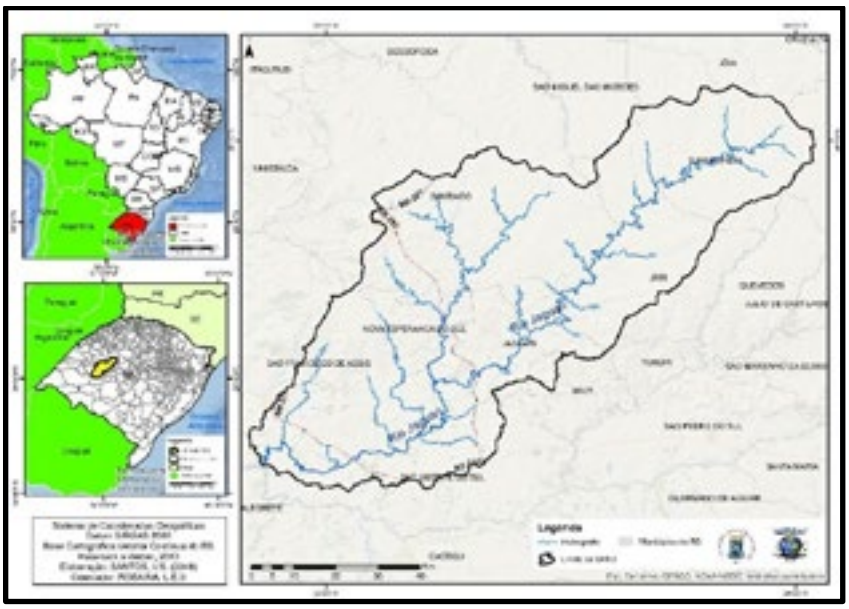


Figura 1 – Mapa de localização da BHRJ.

A temática geoambiental, é uma das linhas de pesquisa do Laboratório de Geologia Ambiental (LAGEOLAM), sendo este um dos grupos de pesquisa do Curso de Geografia da UFSM.

2. Materiais e Métodos

A análise do uso e ocupação da terra na BHRJ, teve como objetivo identificar a distribuição (em área) das culturas de grãos, que estão diretamente vinculados ao desenvolvimento econômico da área de estudo.

Para elaboração do mapa temático do uso e ocupação da terra, optou-se por uma imagem orbital do ano de 2016. Em sequência, através de técnicas de geoprocessamento, ocorreu a análise da imagem e a descrição de como se comporta o uso e ocupação na área de estudo.

A classificação da imagem, para a elaboração do mapa de uso e ocupação , foi realizada através do software ENVI 5.1 e na edição dos mapas finais, o software ArcGIS® 10.1. As imagens foram obtidas através do portal online (http://earthexplorer.usgs.gov/) da USGS.

Para o processo de coleta de amostragem de cada tipo de uso existente na área de estudo, deu-se com o algoritmo MAXVER (máxima verossimilhança), ou seja, um algoritmo de classificação supervisionada, que usa parâmetros estatísticos na classificação de pixels de valores semelhantes, visando áreas homogêneas ou de mesmo valor numérico.

3. Resultados e discussões

3.1 Área de estudo

O Rio Jaguari é afluente da margem direita do Rio Ibicuí, sendo este um dos principais tributários da margem esquerda do Rio Uruguai, o qual é o limite natural entre os países do Brasil e da Argentina. O canal principal do Rio Jaguari, possui uma extensão de 539 km, estando à direção de fluxo, no sentido Nordeste-Sudeste.

A bacia hidrográfica apresenta como ordem de hierarquia máxima, conforme a classificação proposta por Strahler (1952), um canal de 6ª ordem. A área de estudo apresenta uma amplitude altimétrica de 464 metros, sendo a maior cota altimétrica encontrada de 535 metros, e a menor cota o valor de 71 metros. Essas informações demonstram a enorme variação altimétrica na BHRJ, representando unidades de relevo. Paralelo a isso, os declives (Figura 2) marcam a variação geomorfológica na área de estudo, resultando em diferentes usos na bacia hidrográfica.

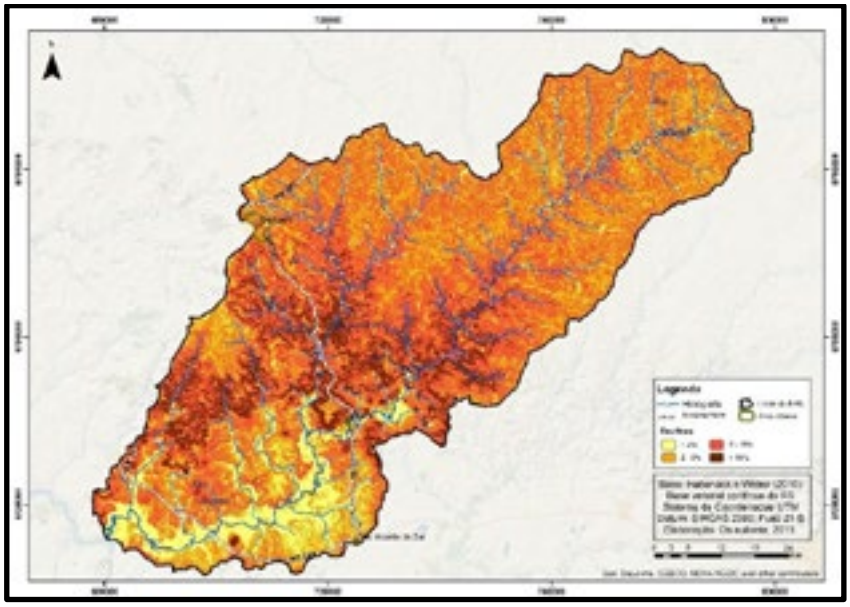


Figura 2 – Mapa de declividade da BHRJ.

3.2 Uso e ocupação do solo

Devido a sua grande extensão territorial pela região oeste do Rio Grande do Sul, a BHRJ, apresenta diferentes formas de uso e ocupação da terra, influenciados diretamente pelas condições físicas do relevo, desde a suas formas quanto a sua composição litológica.

Na Tabela 1, é possível analisar os dados quantitativos na BHRJ:

Tabela 1 – Tipos de usos e suas respectivas áreas na BHRJ

Uso	Área (km²)	Área (%)
Mata	1.014,73	19,70
Água	165,99	3,22
Vegetação de gramíneas	2.267,52	44,03
Lavoura	1.495,08	29,03
Solo exposto	195,88	3,80
Urbanização	10,51	0,20
Total	**5.149,73**	**100**

Na Figura 3, é possível visualizar a distribuição espacial dos tipos de usos existentes na BHRJ:

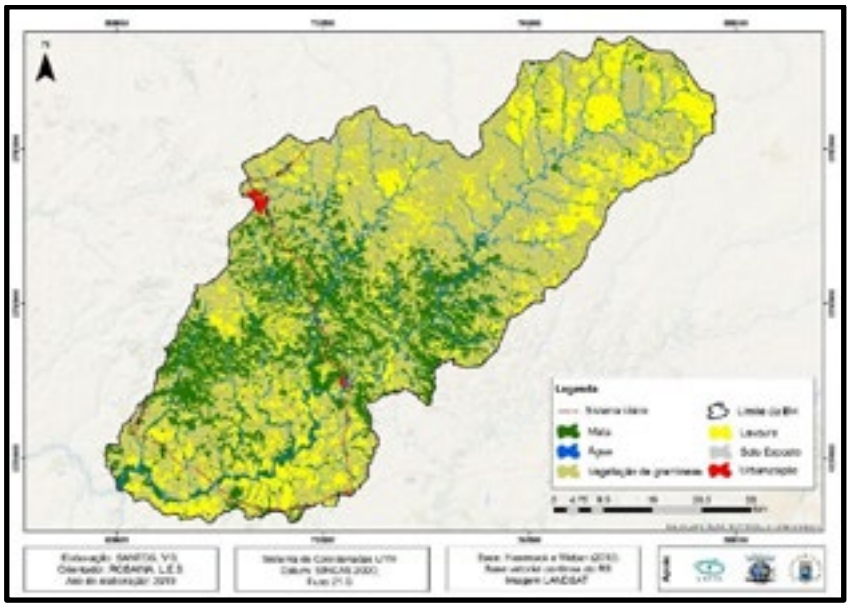


Figura 3 – Mapa de Uso e ocupação da BHRJ.

Na BHRJ, a mata apresenta-se distribuída nas diferentes formas do relevo (Figura 4), desde nas porções das colinas de altitudes, nas encostas de morros e morrotes, nas colinas suavemente onduladas até nos declives acentuados do rebordo do Planalto Meridional.

Analisando-se o mapa de uso e ocupação da BHRJ, verifica-se a concentração das matas na zona de transição do Planalto Meridional para a Depressão Periférica, em declives que ultrapassam os 15%.

Figura 4 – A presença de mata na BHRJ.
Fonte: Os autores (2018).

Na BHRJ, destaca-se a grande presença de canais fluviais distribuídos pela área de estudo. A presente dissertação, tem como foco de estudo, a extensa rede de drenagem do rio Jaguari. O canal principal do rio Jaguari, passa por diferentes porções do relevo do Estado do Rio Grande do Sul, com a sua nascente nas colinas, passando por uma região de escarpa, e sua foz na região de áreas planas. Além disso, o rio Jaguari é um importante componente na organização do espaço geográfico, como por exemplo, sendo o limite natural entre os municípios de São Vicente do Sul e São Francisco de Assis.

Quando se aborda as características dos recursos hídricos da BHRJ, destaca-se o uso das águas do rio Jaguari, para a geração de energia elétrica, conforme destaca a Figura 5.

Figura 5 – Geração de energia elétrica na BHRJ.
Fonte: Os autores (2018).

Analisando-se o mapa de uso e ocupação da BHRJ, pode-se identificar a predominância da classe vegetação de gramíneas, caracterizando assim, as diferentes ocupações na área de estudo. Devido a data da imagem LANDSAT 7, as áreas que se adequam a classificação de campos, são porções do relevo que estão sendo ocupadas para a plantação de pastagem (Figura 6), tanto para atender a necessidade do rebanho bovino, mas também para estabelecer o rodízio nas culturas de grãos plantadas.

Assim, vale destacar a importância da atividade pecuária na região oeste do Rio Grande do Sul, pois a mesma acaba alterando não só a dinâmica natural do relevo, mas também a dinâmica financeira dos municípios envolvidos, nesse caso, os que pertencem a área da BHRJ.

Figura 6 – Vegetação de gramíneas na BHRJ.
Fonte: Os autores (2018)

As lavouras, representam 29,03% da área total da BHRJ, uma área expressiva, sendo superada apenas pelos campos, no momento da classificação supervisionada.

Destaca-se que, nos municípios que pertencem a BHRJ, o solo acaba sendo utilizado para diferentes culturas, chamadas de lavouras temporárias, como a soja, o trigo, o milho, a cana-de-açúcar e a mandioca. Além desses, destaca-se os cultivos nas lavouras permanentes de uva, tangerina e pêssego (Figura 7).

Figura 7- A presença de lavouras temporárias e permanentes na BHRJ.
Fonte: Os autores (2018)

A classe área urbana, pós classificação da imagem, representa 0,2% da área total, sendo essa classe pouco expressiva na BHRJ. A cidade de Jaguari, sendo esta procurada por turistas que visitam a região, e além disso, tem próximo ao canal principal do rio Jaguari, que passa próximo ao perímetro urbano, a presença de balneários comunitários.

Na Figura 8, pode-se identificar imagens da cidade de Jaguari, um dos munícipios abrangidos pela área da BHRJ.

Figura 8- Imagens ilustrativas do perímetro urbano de Jaguari- RS.
Fonte: O autor (2018).

4. Considerações Finais

O trabalho referente ao uso do solo na BHRJ, serviu como auxilio na definição dos sistemas geoambientais, e consequentemente na análise da influencia do modo de ocupação na área de estudo, e a correlação com a estrutura geomorfológica existente na BHRJ. Destaca-se as diversas formas de uso e ocupação na área de estudo, sendo predominante a vegetação de gramíneas e as lavouras.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) pelo apoio financeiro e teórico para a realização da pesquisa.

Referencias Bibliográficas

Corel Corporation. **CorelDRAW® X5**. Disponível em: http://www.corel.com/pt-br/

HASENACK, H.; WEBER, E. **Base Cartográfica Vetorial Contínua do Rio Grande do Sul**. Série Geoprocessamento, Porto Alegre: Centro de Ecologia da UFRGS, 2010. 1 DVD.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha Municipal do ano de 2010**. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>. Acesso em: 13 jun. 2015.

MENEZES, D.J; TRENTIN, R; ROBAINA, L.E.S; SCCOTI, A.A.V. Zoneamento Geoambiental do Município de São Pedro do Sul –RS. **Revista Geonorte**, Manaus/AM, v. 2, n. 4, p. 1833-1844, 2012.

ROSS, J. L. S. Análise e síntese na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 9, 1995.

STRAHLER, A. N. Dynamic basis of Geomorphology. **Geol. Soc.America Bulletin**. 1952.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Análise preliminar do relevo de parte do Cariri cearense através de dados derivados de MDT

Emerson Monteiro de Sousa [(a)], Ticiano M. Freitas [(b)],Simone Cardoso Ribeiros [(c)], Juliana Maria Oliveira Silva [(d),]

[(a)] Discente de Geografia -, Universidade Regional do Cariri – URCA, Emerson_all@hotmail.com
[(b)] Discente de Geografia -, Universidade Regional do Cariri – URCA, ticianomfreitas@hotmail.com
[(c)] Professora Associada, DepGeociencias, Universidade Regional do Cariri – URCA, simone.ribeiro@urca.br
[(d)] Professora Adjunta, DepGeociencias, Universidade Regional do Cariri – URCA, juliana.oliveira@urca.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicadas aos estudos ambientais

Resumo/

O presente trabalho aspira analisar, de forma preliminar, o relevo de parte do Cariri cearense a partir de dados derivados de MDT, originados de imagens SRTM. Para tal fim, foram executados levantamentos bibliográficos, cartográficos, e técnicas de geoprocessamento para se obter parâmetros morfológicos a fim de interpretação da dinâmica geomorfológica da área de estudo, assim obtendo produtos de hipsometria, declividade e orientação de vertentes que, juntos, contribuem para entender a topografia da área, assim como a sustentação do relevo.

Palavras chave: Mapeamento geomorfológico. Cariri cearense. Parâmetro morfológico.

1. Introdução

A Chapada do Araripe, um dos mais importantes relevos do sul cearense, com cotas altimétricas próximas a 1.000 metros nos pontos mais elevados, juntamente com a Cuesta do Apodi e Glint da Ibiapaba, compõem o domínio morfoestrutural das bacias sedimentares paleo-mesozoicas do estado do Ceará (SOUZA, 2006). Assim temos noção da importância do estudo dessa área para o planejamento da porção meridional do estado do Ceará, e modelagem digital do terreno em ambiente computadorizado para se obter os mapas de parâmetros morfológicos, segundo Fernandes (2004) se destacam por permitir o levantamento de importantes informações morfométricas do relevo, principalmente em áreas de difícil acesso.

O presente trabalho faz parte de um projeto maior, sobre mapeamento geomorfológico do Cariri cearense que, em decorrência da escala (nesta pesquisa usada a de

1:100.000), e extensão, foi necessária divisão da área em três setores, sendo aqui focados os municípios do setor 2, Barbalha, Missão Velha, Aurora, Barro, Milagres e Abaiara (figura 1).

Figura 1 - Área de estudo (setor 2), Leste do Cariri (CE). Fonte: os autores (2018)

Assim, tendo a cartografia geomorfológica como uma ferramenta essencial na representação do relevo da superfície terrestre assim como um dos principais métodos para o estudo e a pesquisa em geomorfologia (SANTOS, 2006), o presente trabalho pretende analisar, de forma inicial, o relevo destes municípios utilizando mapas derivados de um Modelo Digital de Terreno produzido a partir de imagens SRTM.

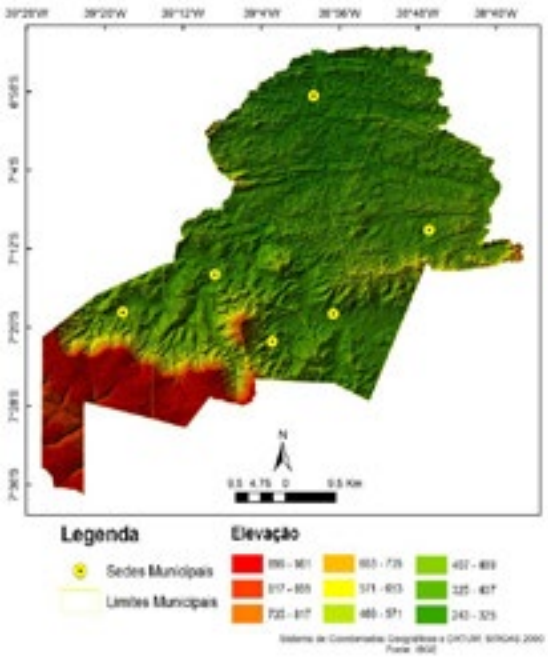
2. Materiais e Métodos

Como fase inicial dos estudos, foi feita pesquisa bibliográfica sobre temas essenciais para o embasamento teórico e sobre a área de estudo. Assim o mapeamento dos parâmetros morfológicos (hipsometria, declividade e orientação de vertentes) foi gerado a partir do MDT do tipo TIN que consiste em uma rede de triângulos irregulares, isto é, uma estrutura de dados

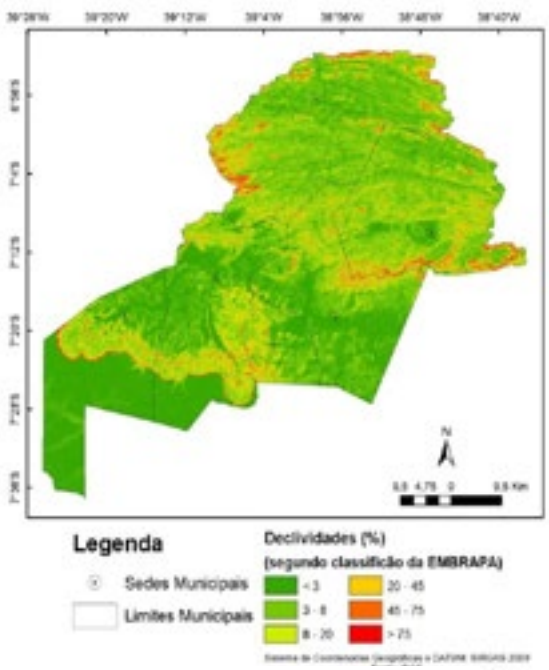
vetoriais que particiona o espaço geográfico em triângulos que não se sobrepõe, no qual se pode adquirir os parâmetros morfológicos habilitando atributos correspondentes a cada parâmetro. O MDT e mapas derivados foram confeccionados pelos autores no software ArcMap 10.5, tendo como base os dados do radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e base cartográfica fornecida pelo IBGE, assim os mapas derivados foram configurados a partir de padrões estabelecidos para cada produto, no caso das declividades foi usado o padrão EMBRAPA que classifica as declividades em 6 classes que vão de plano (0-3%) a escarpado (>75%), quanto à orientação de vertentes foram classificadas em 8 classes segunda a reclassificação de Santos (2001).

3. Resultados e Discussões

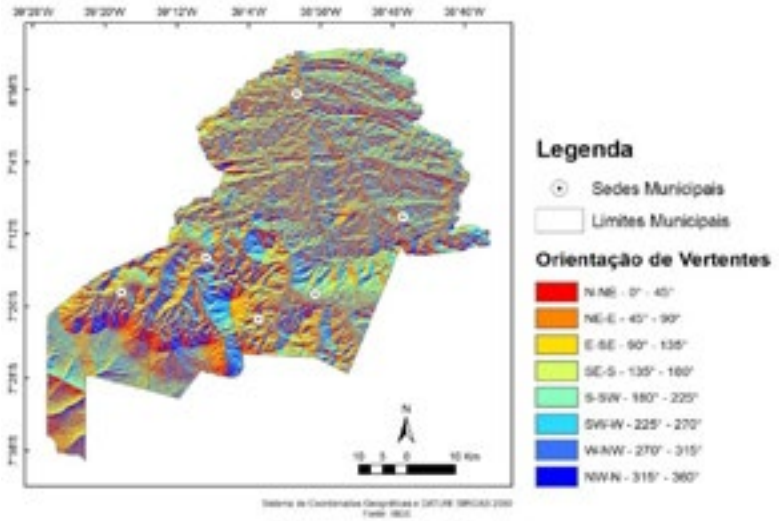
Com base nos mapas produzidos a partir do MDT, de hipsometria (figura 2), declividades (figura 3) e orientação de vertentes (figura 4), podemos identificar predominância de cotas altimétricas relativamente baixas (400 m) em relação uma pequena porção com cotas que chegam a quase 1.000 metros, no sul da área, e que corresponde à Chapada do Araripe; também uma predominância de declividades que vão do plano ao ondulado, com alguns enclaves escarpados em áreas de maciços residuais esculpidos em material cristalino, mais resistente à erosão, e na alta encosta do planalto sedimentar (Chapada do Araripe), que se mantém com ânglos quase retos devido à propria estrutura horizontal da bacia em seu trecho de cimeira associado a taxas de transporte mais efetivas que as de intemperismo. Há predominâcia de vertentes voltadas para sudoeste (sotavento), mais secas, uma vez que há mais umidade a barlavento, advinda do litoral, principalmente no planalto sedimentar (onde se observam vertentes N-NE); nestas vertentesS-SW, há maior insolação e, consequentemente, menor retenção de umidade; já nas vertentes N-NE, há insolação matutina, influenciando uma menor temperatura e uma maior incidência de umidade, assim proporcionando o crescimento vegetação que dá sustentação às altas declividades sa chapada do Araripe, que possuem litologia frágil à erosão.



[Figura 2 – Hipsometria – setor 2]
Fonte: os autores (2018)



[Figura 3 – Declividades – setor 2]
Fonte: os autores (2018)



[Figura 4 – Orientação de Vertentes – setor 2]
Fonte: os autores (2018)

4. Considerações finais

Em conformidade com os resultados atingidos neste trabalho, foram obtidos os parâmetros morfológicos para o entendimento de uma dinâmica do espaço geográfico tão importante que é a geomorfológica, assim como a utilização desses padrões como significativa contribuição para a cartografia geomorfológica, de maneira que, ao se expor tais padrões à comunidade cientifica, tenha-se um caminho para se obter uma cartografia geomorfológica unificada, e da mesma maneira incitar a importância da pesquisa geomorfológica no Cariri, uma região tão rica se tratando de suas formas, como também na totalidade de sua geodiversidade.

5. Agradecimentos

Agradeço à FUNCAP pela bolsa de Iniciação Científica em Projeto BPI.

6. Referências Bibliográficas

FERNANDES, N. F.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C.; MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. Topographic controls of landslides in Rio de Janeiro: Field evidence and modeling, **CATENA**, 2004. v.55, n.2, 163-181 p.

SANTOS A.R. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo. **Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa**, Viçosa, 2001. 141 f.

SANTOS, L. J. C.; OKA-FIORI, C.; CANALI, N. E.; FIORI, A. P.; SILVEIRA, C. T.; SILVA, J. M .F.;ROSS, J. L. S. Mapeamento geomorfológico do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, 2006. v. 7, n. 2, 03-12 p.

SOUZA, M. J. N.; OLIVEIRA, V. P. V. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro. **Mercator**, 2006. v. 09, 85-102 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISES DOS DESMATAMENTOS PRODES PARA O ESTADO DO AMAPÁ

Natália Batista e Silva[a], Genival Fernandes Rocha[b], Eduardo Queiroz de Lima[c], Gabriela Sousa Caric[d]

[a] Departamento Filosofia e Ciências Humanas-DFCH/Curso de Geografia, Universidade Federal do Amapá, nataliabatista_silva@hotmail.com

[b] Departamento Filosofia e Ciências Humanas-DFCH/Curso de Geografia, Universidade Federal do Amapá, genival.rocha@unifap.br

[c] Departamento Filosofia e Ciências Humanas-DFCH/Curso de Geografia, Universidade Federal do Amapá, eduqlima@yahoo.com.br

[d] Departamento Filosofia e Ciências Humanas-DFCH/Curso de Geografia, Universidade Federal do Amapá: gabrielascaric@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O atual padrão de ocupação do bioma Amazônia tem apresentado taxas elevadas e significantes de desmatamento, o que é preocupante sobretudo em âmbito ambiental. Esta pesquisa busca verificar dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) para o limite do Estado do Amapá, onde ocorre uma dinâmica no uso e ocupação das terras, motivadas pelo agronegócio. Para isso estabeleceu-se uma análise temporal entre os anos de 1988 até 2015, com metodologia de fotointerpretação e utilizando imagens de sensoriamento remoto obtidas por sistema radar. Para realizar o procedimento utilizou-se o programa QGIS 2.18 "Las Palmas"*;* as imagens foram adquiridas no catálogo de imagens da Secretaria de Estado do Meio Ambiento do Amapá- (SEMA), revelando a imprecisão de 89,9% do sistema PRODES.

Palavras chave: Desmatamento, Sensoriamento Remoto, Amazônia, Amapá, Prodes

1. Introdução

A problemática ambiental abrange e alcança a todos, sendo discutida em todas as esferas. Os processos de conversão do uso das terras necessitam ser monitorados e ter seus impactos ambientais avaliados. Por outro lado, as ferramentas de sensoriamento remoto passam por um processo de desenvolvimento e evolução tecnológica, disponibilizando softwares e dados de forma gratuita aos usuários, tornando-se relevantes e atrativas para o monitoramento de grandes regiões e para obtenções de informações geográficas.

Em relação à Amazônia, ALENCAR *et al. (*2004) explanam que as adversidades em termo de preservação e uso de recursos naturais relacionam-se à perda da cobertura vegetal nativa, em função da grande proporção de desmatamentos ligados a políticas de desenvolvimento regionais, tais como aumento pronunciado da pecuária bovina, exploração madeireira, incêndios florestais e agricultura familiar e produção de grãos, com destaque para a soja.

Desde 1978, o monitoramento dos desmatamentos na Amazônia é realizado com sucesso pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). No ano de 2003, o INPE inicia o trabalho com o programa de Monitoramento da Amazônia por Sensoriamento Remoto com o auxílio de quatro sistemas operacionais e completares, dentre eles tem o PRODES e DETER. A apropriação na Amazônia tem levado ao aumento expressivo de desmatamento na Amazônia legal (ALENCAR et. al, 2004). Por ser considerada uma situação muito crítica, o governo brasileiro criou um grupo interministerial para controlar e combater o desmatamento, minimizando seus efeitos sobre a Amazônia Legal (MMA 2004).

O Amapá é caracterizado como o estado mais conservado da Amazônia. Uma somatória de aproximadamente 69% do território deste estado equivale a áreas de conservação e terras indígenas, o que pretende conciliar conservação da natureza com expansão econômica e social (ATLAS, 2008). Campos (2009) expressa que a ocupação do espaço amapaense revela um elo de inúmeros modos de apropriação do território para a exploração dos recursos naturais,

principalmente da madeira. Lemos e Silva (2011) expõem que no estado do Amapá o desflorestamento em sua grande parte é identificado em torno dos eixos das rodovias, destacando-se a BR–156 (que liga Macapá ao Oiapoque) e a Perimetral Norte (BR-210) (IBGE, 2019). Estes autores ainda destacam que o crescimento da pecuária e da agricultura, junto com a exploração ilegal madeireira e os assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) são corresponsáveis pela redução das florestas no estado em tela.

O uso das geotecnologias possibilitou a realização deste estudo a partir de imagens de radar, sendo assim capaz de identificar, dimensionar e interpretar áreas de desmatamento da região de estudo selecionada. Desta maneira, esta pesquisa busca avaliar o desmatamento no estado do Amapá a partir do processamento digital e da fotointerpretação de imagens de radar do ano de 2015, comparando os resultados deste processo com aqueles produzidos pelo PRODES.

2. Materiais e métodos

A área de estudo envolve uma superfície aproximadamente de 142.828,52 km², a região tem como vegetações de florestas firmes, manguezal, savanas (cerrado amapaense). (IBGE, 2019). O estado do Amapá é localizado no norte do Brasil. (Figura 1). A malha viária principal consiste nas rodovias BR-156, AP-060 e AP-070. Vale ressaltar que o município é servido tanto por vias rodoviárias como por fluviais (IBGE, 2019).

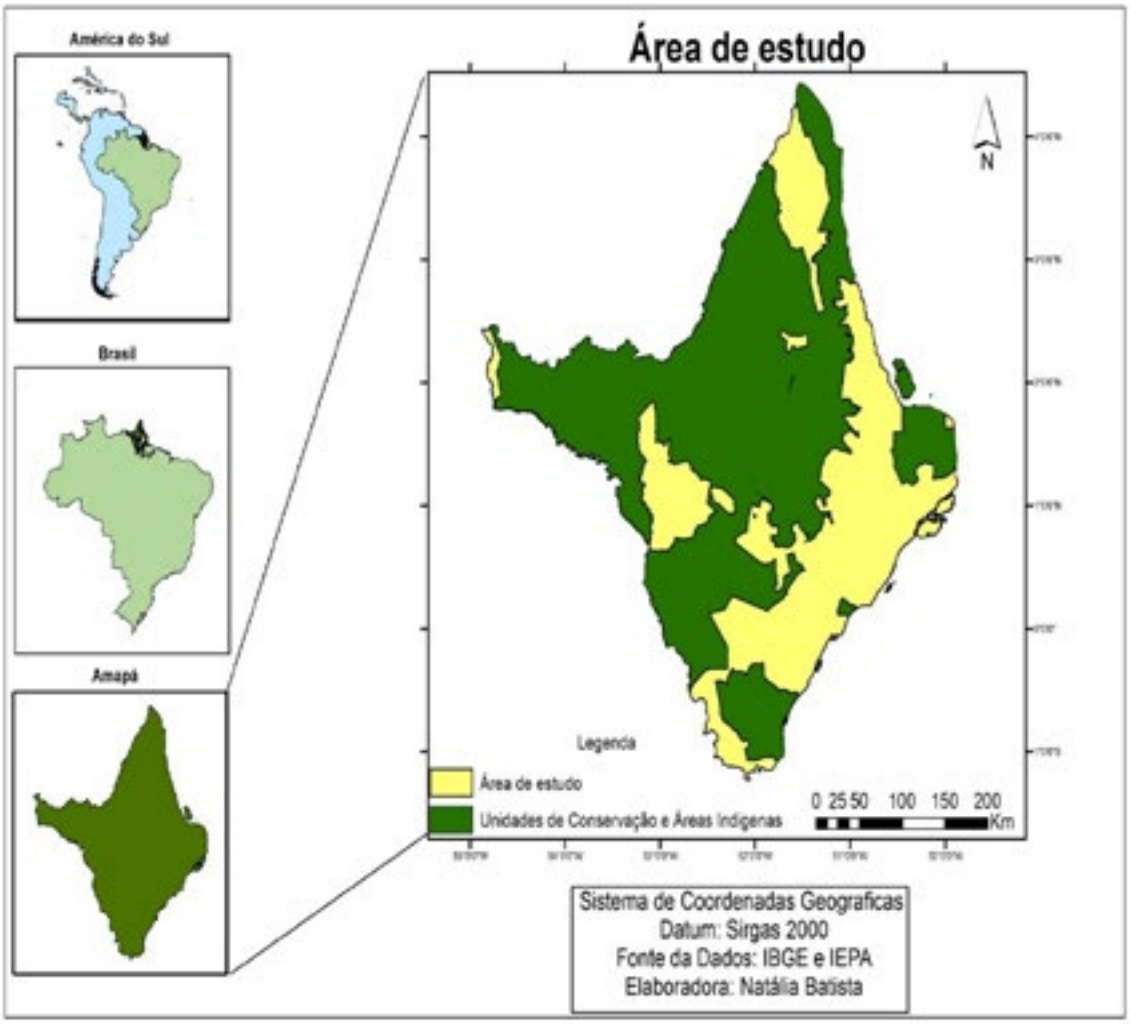


Figura 1. Mapa de localização do Estado do Amapá e da área de estudo

As principais etapas dos procedimentos realizados nesta pesquisa de acordo com fluxograma da figura 2, foram:

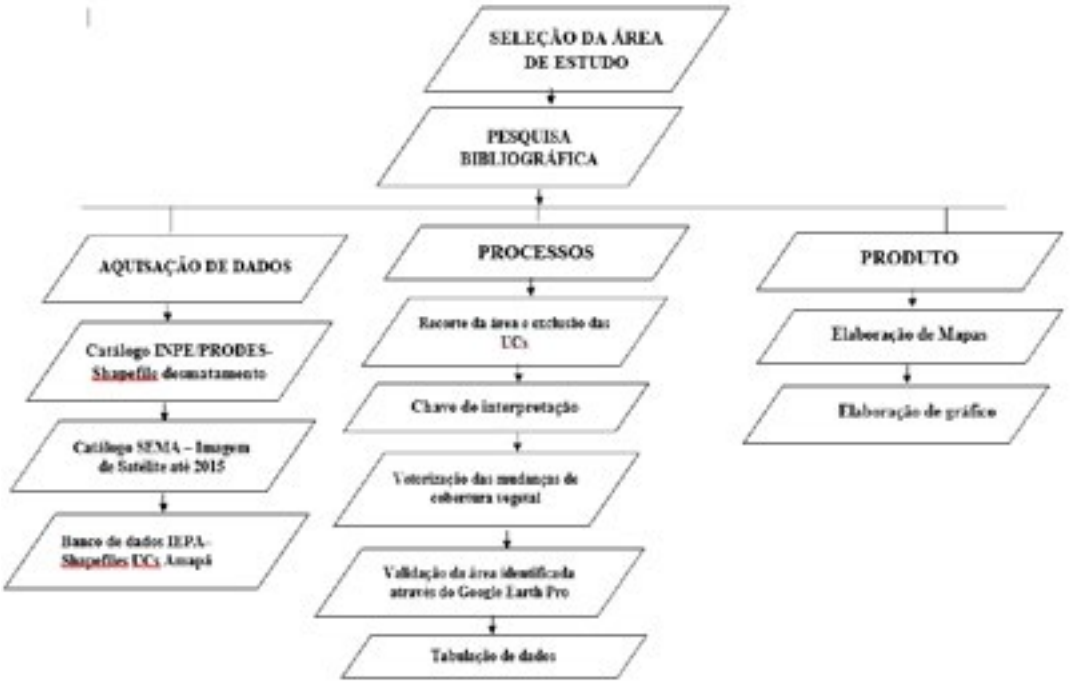


Figura 2 Fluxograma

A figura 2 apresenta um fluxograma das etapas desenvolvidas. A primeira etapa refere-se à "Aquisição de Dados", a qual ocorreu no Catálogo INPE/PRODES e na Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amapá (SEMA/AP) e no Instituto de Pesquisa Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá (IEPA). Do Catálogo INPE/PRODES houve o acesso aos bancos de dados vetoriais do ano de 1988 até 2015 das áreas desmatadas. Já na SEMA foram obtidas as imagens de radar e, por fim, através do IEPA foi possível adquirir os arquivos vetoriais (shapefile) das Unidades de Conservação (UCs) do Amapá.

Os procedimentos de recorte da imagem, fotointerpretação (chave de interpretação), vetorização, validação e tabulação ocorreram na etapa denominada "Processos". Logo de início foi preciso separar o que era área resguardada por algum dispositivo legal das demais, ou seja,

aquelas que são passíveis de uso e ocupação. Isso foi possível graças a sobreposição da camada vetorial das UCs no software QGIS. Em seguida, adicionou-se a camada vetorial do desmatamento do PRODES e as imagens de radar da SEMA. Com isso, foi possível realizar a interpretação de imagem, identificando e vetorizando as áreas de desmatamento exteriores às Unidades de Conservação. A validação da área identificada ocorreu através do software Google Earth Pro. Após a etapa processos, foram gerados mapas e gráficos na etapa terceira e última etapa aqui denominada "Produtos".

A abordagem e análise dos dados de informações georreferenciadas da área de estudo foram aplicadas no programa QGIS 2.18 "Las Palmas", considerando o datum SIRGAS2000. A base cartográfica das UCs do IEPA apresentou arquivos vetoriais na escala 1:200.000.

Figura 3A Polígono referente ao desmatamento detectado pelo sistema PRODES

Figura 3B Polígono referente ao desmatamento pela fotointerpretação

Figura 3C Polígono referente ao desmatamento pela fotointerpretação

Figura 3. Chave de interpretação

3. Resultados e discussão

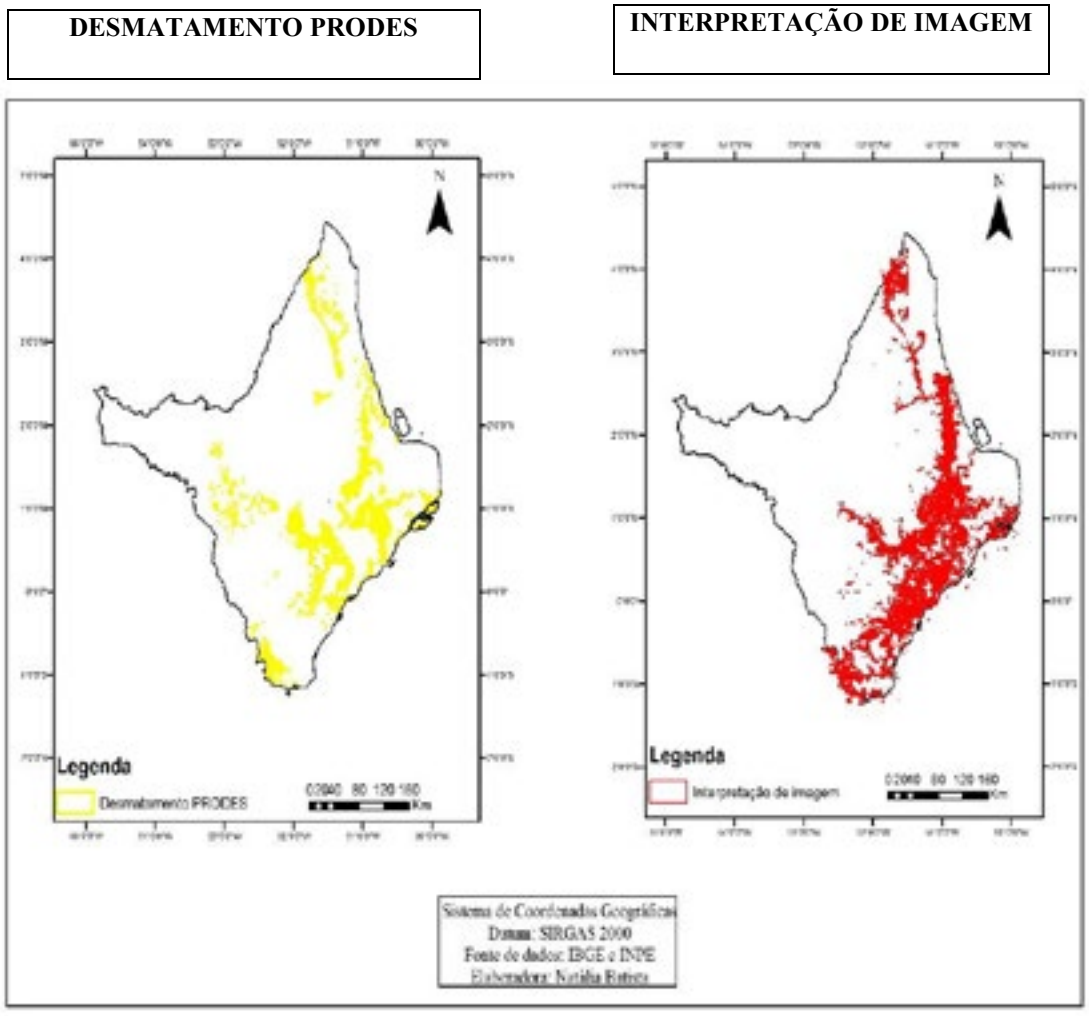


Figura 4. Mapa da análise das áreas desmatadas identificada pelo PRODES (A ESQUERDA) e interpretação de imagem (A DIREITA) dos anos 1988 até 2015

3.1 Analise do desmatamento do amapá pelo PRODES.

Há uma significativa diferença entre o desmatamento identificado pelo PRODES e o desmatamento identificado pela interpretação das imagens de radar. A figura 5 apresenta um gráfico com os dados da área para o total de desmatamento do ano de 1988 até 2015 segundo o sistema PRODES do INPE. Os dados do PRODES representam o valor acumulado ao longo dos anos. Assim, os dados apresentam um somatório de desmatamentos ocorridos nestes anos e em anos anteriores. O sistema PRODES identificou 630.130,30 hectares até o ano de 2015.

3.2 Análise do desmatamento a partir das imagens de radar

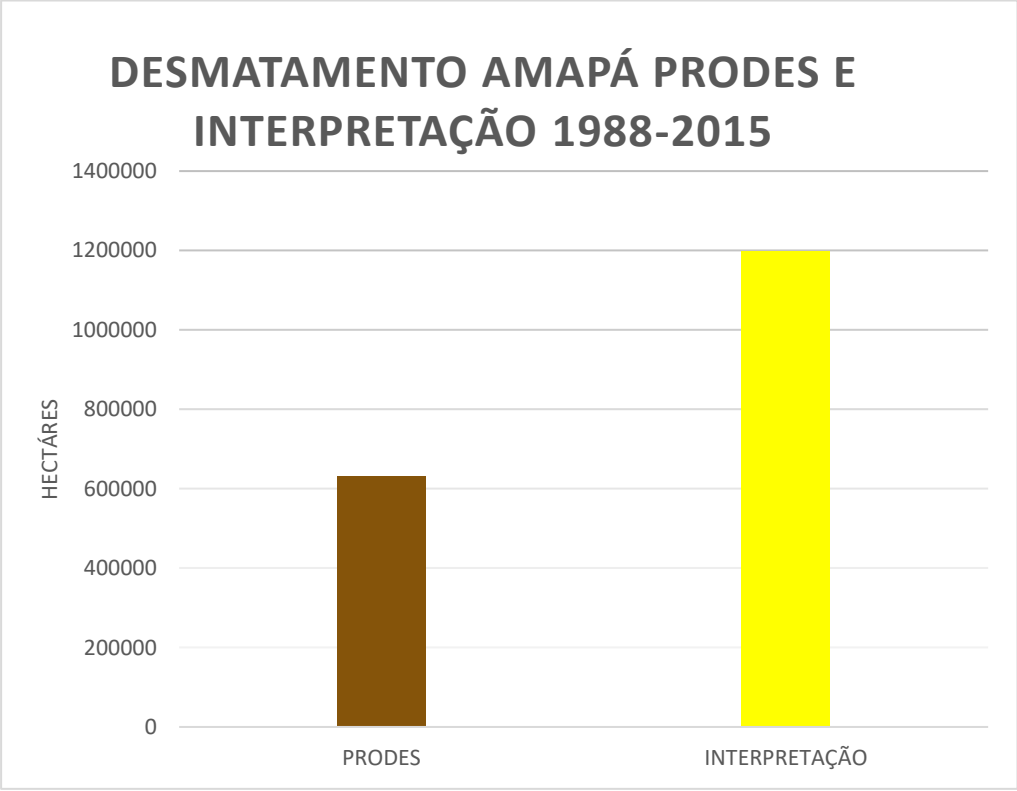


Figura 5 Análise do desmatamento Amapá

Após diversos procedimentos e aplicação em software das imagens de radar obtidas pela SEMA, foi possível identificar algumas alterações onde o sistema do PRODES não identificou e quantificou como desmatamento. Dispusemos da chave de interpretação e sobreposições de arquivos vetoriais e de imagens como ferramenta determinante para a certificação dos aspectos encontrados. Houve uma quantificação das áreas desmatadas, na qual o PRODES não conseguiu identificar, a figura 4 ilustra o valor encontrado através desse procedimento.

Considerando estes mesmos anos, a avaliação visual encontrou 1.196.543,22 hectares de área desmatada. Revelando assim que a interpretação de imagem contabilizou um total de 89,9% a mais do que o sistema PRODES.

4. Considerações finais

Este estudo buscou identificar e quantificar as áreas em desmate do Estado Amapá nos anos de 1988 até 2015, através da base de dados PRODES disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial e por intermédio analise de imagens de radar, resultando num importante diagnostico no qual evidenciou que os dados sobre o desmatamento do Amapá feito pelo PRODES foram imprecisos, visto que através da chave de interpretação de imagens foram constatados aproximadamente 566.413,92 (89,9%) hectares a mais do que as mencionadas pelo sistema do Projeto de Estimativa do Desflorestamento da Amazônia/INPE.

Agradecimentos

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pois faço parte do programa de iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pela sua contribuição e financiamento para a conclusão desse

artigo e a Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) por disponibilizar ambientes para o auxílio dessa pesquisa

Referências Bibliográficas

ALENCAR, A.; NEPSTAD, N; MCGRATH, D; MOUTINHO, P; PACHECO, P; DIAZ, M. D. C. V e FILHO, B. S. *Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência crônica*. Manaus: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004. 89 p.

ATLAS das Unidades de Conservação do Estado Amapá. Texto de José Augusto Drummond, Teresa Cristina Albuquerque de Castro Dias e Daguinete Maria Chaves Brito. Macapá: MMA/IBAMA, AP; GEA/SEMA, 2008.

CAMPOS, Janaína Francisca de Souza; CUBAS, Thiago Egídio. Avanço: o papel do DATALUTA Jornal no estudo da questão agrária brasileira. Importância, Metodologia e Contribuições. Mimeo, 2009

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatistica: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/panorama. Acesso:>05/01/2019

LEMOS, A. L. F.; SILVA, J. A.. Desmatamento na Amazônia Legal: evolução, causa, monitoramento e possibilidades de mitigação através do fundo Amazônia. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.18, n.1, p.98-108, 2011. **DOI**: http://doi.org/10.4322/floram.2011.027

M. D. C. V e FILHO, B. S. **Desmatamento na Amazônia: indo além da emergência** MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal,** Brasília, 2004. **crônica**. Manaus, Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam), 2004, 89 p

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARTOGRAFIA DA PAISAGEM NA ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA: APLICAÇÕES NA ZONA COSTEIRA

Francisco Davy Braz Rabelo [(a)], Edson Vicente da Silva [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, davyrabelo@yahoo.com.br

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, cacauceara@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A cartografia da paisagem é um instrumento importante no zoneamento ambiental, através do mapeamento das unidades de paisagem, utilizam-se critérios baseado em uma metodologia de análise integrada de cunho sistêmico. Foi possível cartografar as unidades de paisagem do setor nordeste do município de Aquiraz, no Estado do Ceará, compreendendo a planície flúvio-marinha do Marisco e Barro Preto. A representação de unidades de paisagem pode subsidiar diferentes ações de planejamento e gestão, sendo base para os estudos ambientais.

Palavras chave: cartografia temática; análise ambiental; zona costeira

1. Introdução

A zona costeira, onde situam-se os ambientes litorâneos, comumente configura-se enquanto unidade ecodinamicamente instável, em razão do intenso fluxo e refluxo de matéria e energia entre os meios terrestre, fluvial, marinho e atmosférico. As ações de planejamento e gestão ambiental devem considerar essas particularidades na dinâmica ambiental, que refletem

na intensidade das ações geomorfogênicas, que por sua vez, atuam diretamente na configuração das paisagens.

Nessa zona diversos ambientes estão inseridos, dentre eles o ecossistema manguezal, que segundo Silva (1987), possui uma importante função no que diz respeito à estabilização geomorfológica, conservação dos recursos hídricos superficiais, fertilização do ecossistema marinho, produção biológica e atuando como habitat para diversas espécies, sejam de origem terrestre ou marinha. No estado do Ceará apresenta a maior área de manguezal do Nordeste, por conta da extensão da linha de costa, com aproximadamente 573 km de comprimento. (BRASIL, 2006).

Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

Nessa perspectiva a área de estudo analisada compreende o setor nordeste do município de Aquiraz (figura 01), abrangendo a planície flúviomarinha do manguezal do Barro Preto e seu entorno, está localizada a 40km da capital do estado do Ceará, na Região Metropolitana de Fortaleza - RMF, possui uma importante função ecológica dentro do conjunto do espaço litorâneo. O manguezal configura-se paralelo a linha de costa, e apesar de sua

proximidade de uma área urbana apresenta relativa conservação, se comparada com outras áreas litorâneas da RMF.

No contexto da pesquisa objetivou-se atualizar e criar informações cartográficas temáticas que envolvessem os aspectos paisagísticos e das características ambientais, propiciando ações de diagnóstico ambiental baseado nos resultados de uma análise integrada da paisagem. A área em estudada apresenta diferentes gradientes de conservação e degradação ambiental, em função das diferentes pressões antrópicas ocorridas de forma espacialmente diferenciadas.

Por meio da interpretação de produtos de sensoriamento remoto (imagens de satélites), levantamento de campo e na revisão da literatura, foi possível delimitar as diferentes unidades de paisagem deste setor litorâneo, representando-as através de carta temática. Foram representadas cartograficamente as unidades paisagísticas, em cada uma foram indicadas as formas de uso e ocupação, estado de conservação e impactos ambientais existentes, o que fornece subsídios para futuras estratégias de planejamento ambiental.

2. Materiais e Métodos

A base metodológica utilizada para a realização da pesquisa foi a Geoecologia das Paisagens (RODRIGUEZ et al, 2007; SILVA, 1997), tendo sido efetivada com as etapas de análise e diagnóstico. Segundo Rodriguez (2004), as unidades geoecológicas podem ser definidas por meio da individualização, tipologia e unidades regionais e locais de paisagem.

No que diz respeito aos procedimentos técnicos, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica compreendendo produtos cartográficos e estudos realizados na área (RABELO; SILVA, 2009; RABELO; SILVA, 2010), além de mapa base e cartas temáticas.

O trabalho de campo foi outro importante instrumento, onde foi possível verificar as unidades *in loco* e realizar o reconhecimento da verdade terrestre, onde posteriormente através

do uso das geotecnologias, através da manipulação dos dados de sensoriamento remoto em ambiente SIG foi possível a interpretação das unidades de paisagem, tendo como produto final a representação cartográfica de um mapa temático destacando as unidades da área de estudo.

Seguindo a tipologização das unidades paisagísticas: mar litorâneo, praia, pós-praia, dunas móveis, dunas fixas, manguezal, apicum, salgado, curso hídrica e ocupação residencial. Em cada uma das unidades analisadas foi possível observar as condições geoecológicas e as formas de uso e ocupação de forma diferenciada, além de destacar os vetores de degradação ambiental presentes, potenciais socioambientais e apresentar propostas de gestão ambiental.

A escala de trabalho estabelecida foi de 1:20.000, elaborando-se mapas temáticos a partir de interpretação de imagens de satélite QuickBird (com 60cm de resolução espacial). Como resultados da análise, definiram-se quadros-síntese representando as unidades de manguezais conservados, degradados, apicum e áreas ocupadas antropicamente, estabelecendo especificamente as formas de uso, com diferentes gradientes de conservação/transformação ambiental, indicando os respectivos problemas ambientais de cada uma delas.

Através da produção do mapa temático da área foi possível visualizar cartograficamente unidades de paisagens e as suas problemáticas relacionadas a cada uma delas, diagnosticando as problemáticas por áreas homogêneas individualizadas, como é representado comentado dentro dos resultados expostos nos quadros em anexos, na forma de uso e ocupação desordenada, através de barracas, clubes, residências e casas de veraneio, vem impactando de forma direta a planície flúvio-marinha do manguezal do Barro Preto.

3. Resultados e discussões

O litoral cearense possui uma grande diversidade de paisagens e ecossistemas de grande importância regional, podendo ser considerado como uma grande unidade geossistêmica de interface sujeita, portanto a intensos intercâmbios de fluxos de matéria e energia (MEIRELES; SILVA, 2002). Tal fato leva a ocorrência de níveis de estabilidade natural bastante frágeis, onde o manejo adequado dos seus ecossistemas é necessário para a conservação dos recursos naturais e do conjunto do espaço geográfico litorâneo.

Figura 2 – Mapa de Unidades de Paisagem

Dentre os ambientes naturais de maior importância ecológica e econômica do litoral em questão destacam-se os estuários, em sua maioria ocupada por manguezais, nas áreas intertropicais, sendo um dos maiores responsáveis pela produtividade pesqueira e pela estabilidade da linha da costa (SILVA, 1997).

Sua conservação está diretamente intrínsecas a harmonização paisagística (atrativo ao turismo) e a produção biológica (pesca e aquicultura), sendo, portanto justificáveis que

pesquisas sejam realizadas visando uma maior compreensão de suas estruturas e processos atuantes, bem como analisar-se os seus atuais estágios de uso e ocupação.

Buscou-se uma forma de estudo integrada da paisagem, para que haja uma preservação das áreas de manguezal, através da proposição de formas de uso e ocupação menos impactantes. Cartograficamente essas unidades foram representadas em mapas temáticos que indicam os seus estados ambientais, destacando os principais impactos ambientais, sua intensidade e espacialização dentro do conjunto paisagístico constituído pelo geoecossistema da planície-fluvio marinha em questão (quadro 1).

Quadro 1 –Unidades de Paisagem

Unidade de Paisagem	Características Geoecológicas
Mar litorâneo	Dinâmica das águas em processos de sedimentação e erosão, aporte de água salgada ao ecossistema manguezal, biodiversidade aproveitada na pesca e mariscagem
Praia	Acentuada modificação no perfil topográfico, sedimentação arenosa sob efeito das marés e ondas, substrato arenoso e área de abrasão marinha
Pós-praia	Faixa de sedimento arenoso sujeita a processo de erosão e deposição eólica constante, eventualmente sujeita a ação das marés, ocupação incipiente da vegetação pioneira
Dunas móveis	Sedimentos arenosos frutos de deposição eólica recente, ocupada por vegetação pioneira, relevo ondulado com significativo aporte subsuperficial
Dunas fixas	Sedimentos arenosos mais consolidados, formação de solo com

O diagnóstico obtido possibilitou o fornecimento de uma base cartográfica temática e geoecológica para um futuro plano de gestão ambiental de âmbito municipal e local para os manguezais do Barro Preto.

4. Considerações finais

Através da análise ambiental integrada e da cartografia da paisagem foi possível a atualização e construção de um mapa temático, compreendendo os Manguezais do Marisco e Barro Preto, podendo este servir de ferramenta no ordenamento territorial e planejamento

ambiental, seja na compreensão da intensidade dos processos geomorfogênicos, ou na identificação de formas de uso e ocupação inadequadas que impactam as unidades mais dinâmicas da área.

Os prognósticos sobre a conservação dos atuais estados da paisagem esperando que futuramente as transformações ambientais sejam pouco representativas e que possibilitem inclusive a regeneração de áreas degradadas eliminando-se a expansão da especulação imobiliária na área de estudo, que podem surgir através de ações governamentais, mobilização comunitária e ação efetiva dos órgãos fiscalizadores, podendo manter o atual potencial paisagístico e ecológico.

A pesquisa buscou dar subsídios para posteriores ações de planejamento ambiental que podem ser inseridos no contexto local, ou seja, com relação às comunidades locais, inclusão no próprio Plano Diretor Municipal, além de propiciar informações para estratégias de conservação e preservação em uma escala regional.

3. Referências Bibliográficas

MAIA, L. P.; LACERDA, L. D. de; MONTEIRO, L. H. U.; SOUZA, G. M. e. 2006. Atlas dos manguezais do Nordeste do Brasil: avaliação das áreas de manguezais dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Semace, Fortaleza.

MEIRELES, A.J.A.; SILVA, E.V. **Abordagem geomorfológica para a realização de estudos integrados para o planejamento e gestão em ambientes flúvio-marinhos**. Scripta Nova - GeoCrítica - Universidad de Barcelona - Espanha. vol 7, n°118, 25p, 2002. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-118.htm> Acesso em: 15 dez. 2018.

RABELO, F. D. B.; SILVA, E. V. **Análise Geoambiental da Planície Flúvio-Marinha do Riacho Barro Preto, Aquiraz-CE**.. In: XVI Encontro Nacional de Geógrafos, 2010, Porto Alegre. Anais do XVI Encontro Nacional de Geógrafos. Porto Alegre: AGB, 2010.

RABELO, F. D. B.; SILVA, E. V. **Evolução Espaço Temporal da Planície Fluviomarinha do Marisco -Aquiraz/Ceará**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa: Editora UFV, 2009.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. D. **Planejamento e Gestão Ambiental**: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2016.

SILVA, E.V. Modelo de aprovechamiento y preservación de los mangles de Marisco y Barro Preto. Aquiraz-Ceará. 1987. Dissertação de Mestrado, IAMZ, Zaragoza.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CLASSIFICAÇÃO DOS CAMPOS NATURAIS DO MUNICÍPIO DE VIGIA DE NAZARÉ (PA)

Estêvão José da Silva Barbosa [a], Benedito Romulo Souza Favacho [b]

Suellen Auzier do Carmo [c], Dayane Rafaela Vidal de Moraes [c]

Juliane Raquel Silva Azevedo [c]

[a] Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG), Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus Ananindeua (CANAN), estevaojsb@ufpa.br

[b] Departamento de Geografia, Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus XVII – Vigia de Nazaré, benfavacho95@gmail.com

[b] Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento (FTG) - UFPA, CANAN,

suellenauzier@gmail.com daymoraesk@gmail.com xjulyane7@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/ A partir da utilização de produtos de sensoriamento remoto, fez-se a identificação e a classificação dos campos naturais do Município de Vigia de Nazaré, no nordeste do Estado do Pará. Especificamente, fez-se o mapeamento em um eixo ao redor da Rodovia PA-140, em diferentes compartimentos de relevo. Os campos de Vigia, embora sejam conhecidos desde antes do século XX, foram ainda pouco estudados, e se encontram intensamente degradados por ações antrópicas, sobretudo a extração de areia, a agropecuária, a deposição de lixo e formação de povoados. São classificados em "mistos", de "várzea" e "firmes" conforme a litologia, relevo, solos e drenagem. A análise geossistêmica dos campos naturais, de acordo com a proposta de Bertrand (2004), enfatizou os elementos do potencial ecológico e exploração biológica, com breves considerações sobre a ação antrópica.

Palavras chave: geossistema, campos, Amazônia.

1. Introdução

Os campos naturais na Amazônia constituem fisionomias abertas, muito diferentes das florestas dominantes. Existem tanto no interior (*core*) como na transição da Amazônia para outros biomas, revelando expressiva geodiversidade na sua origem, ecologia e paisagem atual. São encontrados em ambientes muito distintos entre si, a exemplo de praias, bancos de deposição recente, ilhas fluviais, brejos entre dunas e manguezais, paleocanais colmatados, topos ou vertentes dos planaltos regionais.

Kuhlmann (1977) propôs uma classificação dos campos amazônicos em três tipos: os "mistos" ou inundáveis, os de "várzea" e os "firmes", dispostos de acordo com a litologia, a topografia e o regime de inundação, fatores que condicionam os tipos de relevo e de solos, e com isso as formações vegetais.

Tomando como parâmetro a taxonomia sistêmica de Bertrand (2004), os campos naturais podem entendidos nos três níveis inferiores da paisagem, que são o geossistema, o geofácies e o geótopo, dispersos pelo espaço regional na forma de manchas que variam de poucos metros a algumas dezenas de quilômetros de extensão, em terrenos de areias marinhas, aluviões, solos arenosos ou lateríticos.

A partir da utilização de produtos de sensoriamento remoto, fez-se a identificação e a classificação dos campos naturais do município costeiro Vigia de Nazaré, ou simplesmente Vigia, no nordeste do Estado do Pará.

Especificamente, fez-se o mapeamento em um eixo ao redor da Rodovia PA-140, em diferentes compartimentos de relevo. Os campos de Vigia, embora sejam conhecidos desde antes do século XX (RAIOL, 188[?] 1970), foram ainda pouco estudados, e na atualidade se encontram intensamente degradados por ações antrópicas, sobretudo a extração de areia, a agropecuária, a deposição de lixo e formação de povoados.

O estudo, inédito no conjunto da produção acadêmica sobre este Município, aborda de maneira geral os campos, considerando-os como geossistemas e geofácies. Os resultados fazem parte do Projeto intitulado "Formação territorial e práticas ambientais na Zona Costeira

Amazônica: litoral Tauá-Colares-Vigia" (FTG-UFPA-CANAN); e de pesquisa de trabalho de conclusão de curso (TCC) do curso de Geografia da Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus XVII (Vigia de Nazaré).

Os geossistemas representam a interação de distintos elementos geográficos como o relevo, o solo, o clima, a vegetação e a sociedade, em constante dinâmica e com fisionomias próprias que os diferenciam uns dos outros. Tais fisionomias, associadas com a dinâmica própria do geossistema, são um mote para a análise pela paisagem.

A análise dos campos naturais de Vigia enfatizou os elementos do seu potencial ecológico e exploração biológica, com breves considerações sobre a ação antrópica.

2. Materiais e métodos

O Município de Vigia faz parte da zona costeira do Estado do Pará, localizando-se a cerca de 100 km da capital, Belém, na região costeiro-estuarina da baía de Marajó ou rio Pará. Limita-se a oeste com o Município de Colares e rio Guajará-Mirim; a norte com São Caetano de Odivelas e rio Barreta; a leste com o mesmo município; a sudeste com Castanhal; e a sul com Santo Antônio do Tauá (Fig. 1).

O ponto de partida para a identificação das fisionomias de campo natural foram pares de fotografias aéreas do ano de 1976, executadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), as quais mostram uma cobertura da terra menos alterada, e os campos bem delimitados, apesar de pontualmente já degradados pela ação humana. Originalmente na escala 1:250.000, formato analógico, as fotografias foram digitalizadas em formato JPEG e georreferenciadas por meio do programa QGIS 2.18.25, com 15 pontos de controle, chegando-se ao erro médio de 0,03 pixels e escala de 1:9.800. Imagens do Bing Aerial, pontos de GPS e observações sistemáticas *in locu,* com apoio de uma carta-imagem de cena do LANDSAT-OLI 8 (17/06/2017, órbita-ponto 223/61), foram utilizados para auxiliar na identificação destas feições.

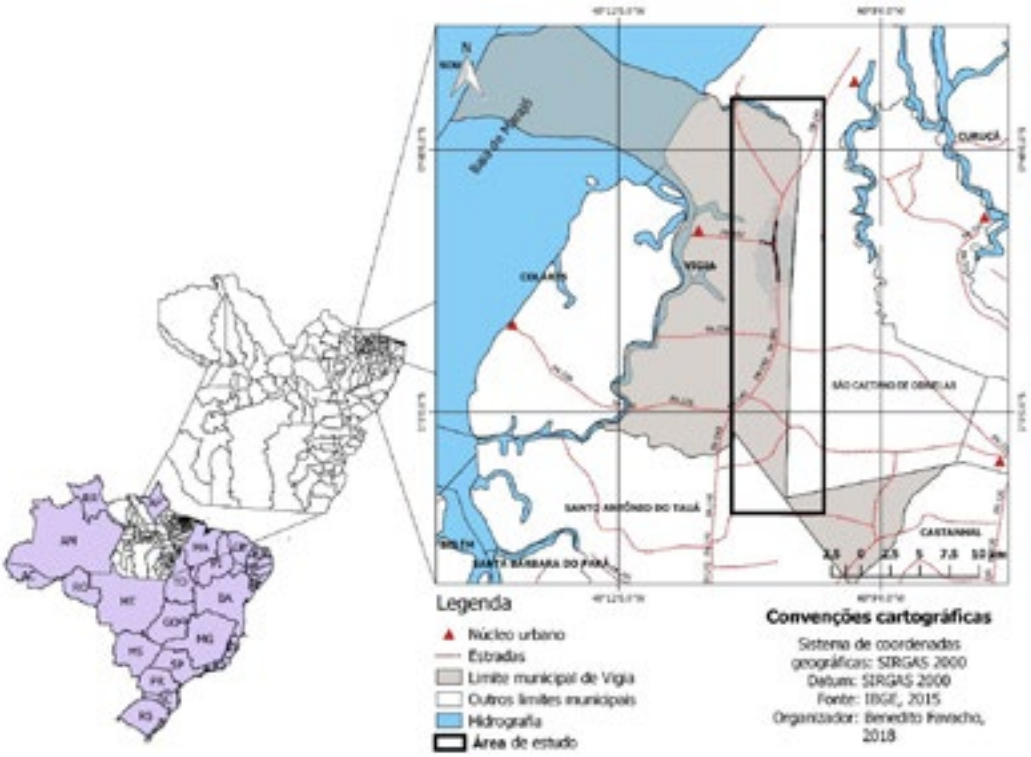


Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo

A partir da interpretação visual dos produtos de sensoriamento remoto, fez-se uma vetorização manual dos campos naturais, no QGIS, e por fim o mapa final, tendo por eixo central a PA-140 (Fig. 1). A área de interesse tem por volta de 6,8 km x 34,66 km, e é nela que aparecem a maior parte das feições de campo do Município, com exceção de geofácies de campo em manguezais adjacentes à baía de Marajó e aos rios que desaguam nela, inclusive o Guajará-Mirim e o Barreta.

A escala de mapeamento obedeceu à resolução das fotografias aéreas digitalizadas, 1:10.000, permitindo um mapa de 1:24.000. Por fim, fez-se uma nova etapa de observações *in locu* e a comparação com as cenas do Bing Aerial (menu *Web* do QGIS), escala 1:2.000, para verificar o estado atual da cobertura da terra nas áreas de campos naturais de Vigia. Dados altimétricos médios foram obtidos do Google Earth – terreno.

3. Classificação dos campos naturais de Vigia

Com base em Kuhlmann (1977), fez-se a classificação dos campos naturais de Vigia, a qual mostrou a existência dos três tipos encontrados na Amazônia:

- Os "mistos", também chamados de inundáveis, que se encontram em depressões periodicamente inundadas pelas águas superficiais e/ou subterrâneas;
- Os de "várzea", às margens dos cursos d'água, sendo por eles inundados de acordo com os ciclos das cheias, e;
- Os "firmes", que permanecem secos durante todo o ano.

A distribuição dos campos obedece à organização ecossistêmica sub-regional, sobre a qual se desenvolveram os geossistemas (Fig. 2). O potencial ecológico condiciona uma certa exploração biológica (BERTRAND, 2004). O relevo é o elemento primordial, bem mais que o clima, do tipo Af em todo o Município, onde chove de 2.800 a 3.000 mm/ano.

São dois os arranjos principais de relevo em Vigia: um mais baixo topograficamente (0-5 m), a planície costeira holocênica, tipicamente flúvio-marinha; e um mais elevado (~5-20 m), o baixo planalto costeiro sustentado pelos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras (Oligo-Mioceno), com planícies fluviais em fundos de vale.

Barbosa (2007) fornece elementos para entender esta geodiversidade. Alguns tipos de campos, encontrados na planície costeira, não são verificados no eixo da PA-140. Enquadram-se como geofácies no interior dos manguezais, e podem ser classificados como campos de "várzea", embora o geossistema não seja o aluvial.

Na área mapeada (Fig. 3), os campos "mistos" são encontrados apenas na parte norte, em "baixadas" que se localizam à retaguarda dos manguezais.

Ao que parece, são ecótonos entre os manguezais e várzeas, ocupando depressões que recebem água dos cursos próximos – igarapés e furos. A mudança na vegetação, de mangue para campo ("juncal"), pode se dar em virtude da redução de cloreto de sódio (sal) nas águas. As cotas altimétricas variam de 4 a 9 m, aproximadamente, sabendo-se que localmente as marés atingem por volta de 5 m nas épocas de sizígia (BARBOSA, 2007).

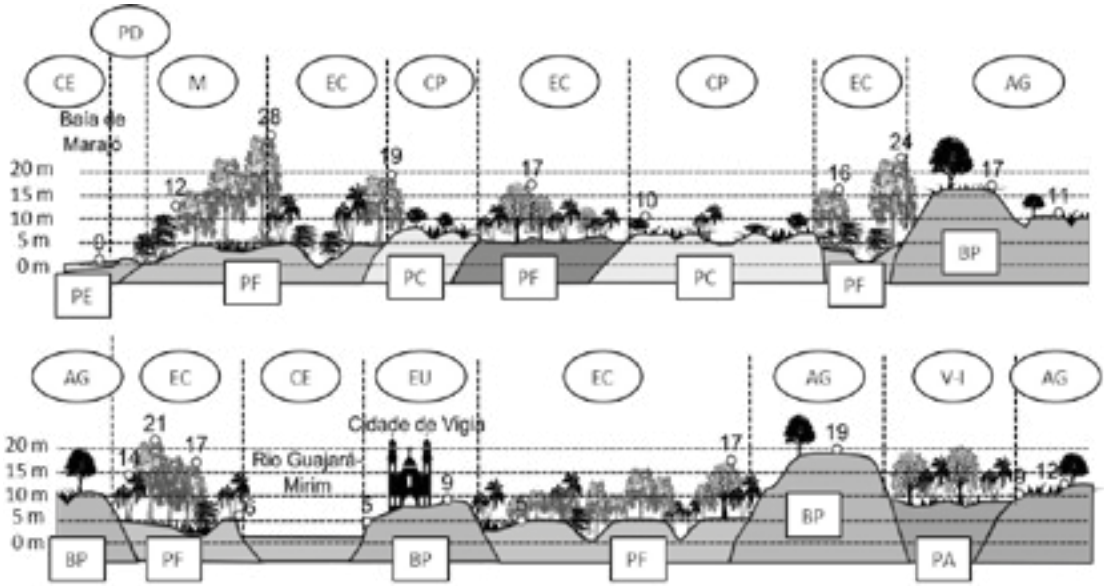


Figura 2 - Perfil esquemático de feições físico-ambientais dos Municípios de Vigia (PA)

Notas da Fig. 3: ecossistemas: CE – canal estuarino; PD – praia/duna; M – manguezal; EC – ecótono; CP – campo; AG – agroecossistema; EU – ecossistema urbano; V-I – várzea e/ou igapó. Formas de relevo: PE – planície estuarina; PF – planície flúvio-marinha; BP – baixo planalto costeiro; PC – planície de cordões arenosos; PA – planície aluvial.

Os campos "mistos" do norte de Vigia são "baixadas" ou "brejos" flúvio-marinhos, situados no interior da planície costeira, com solos do tipo Gley, argilosos, e a sua ocorrência no litoral amazônico encontra paralelo em vários municípios, conforme registrado por Lima, Tourinho e Costa (1999).

Os campos mais para o interior da área estudada são os mais elevados, com médias altimétricas de 10 a 30 m. As cotas altimétricas se elevam para o sul à medida que se afasta da planície costeira. Situam-se no topo de baixos platôs sedimentares. São, porém, de mais difícil classificação devido à existência de superfícies que permanecem alagadas durante o período chuvoso (dez.-jun.), por efeito da elevação do lençol freático.

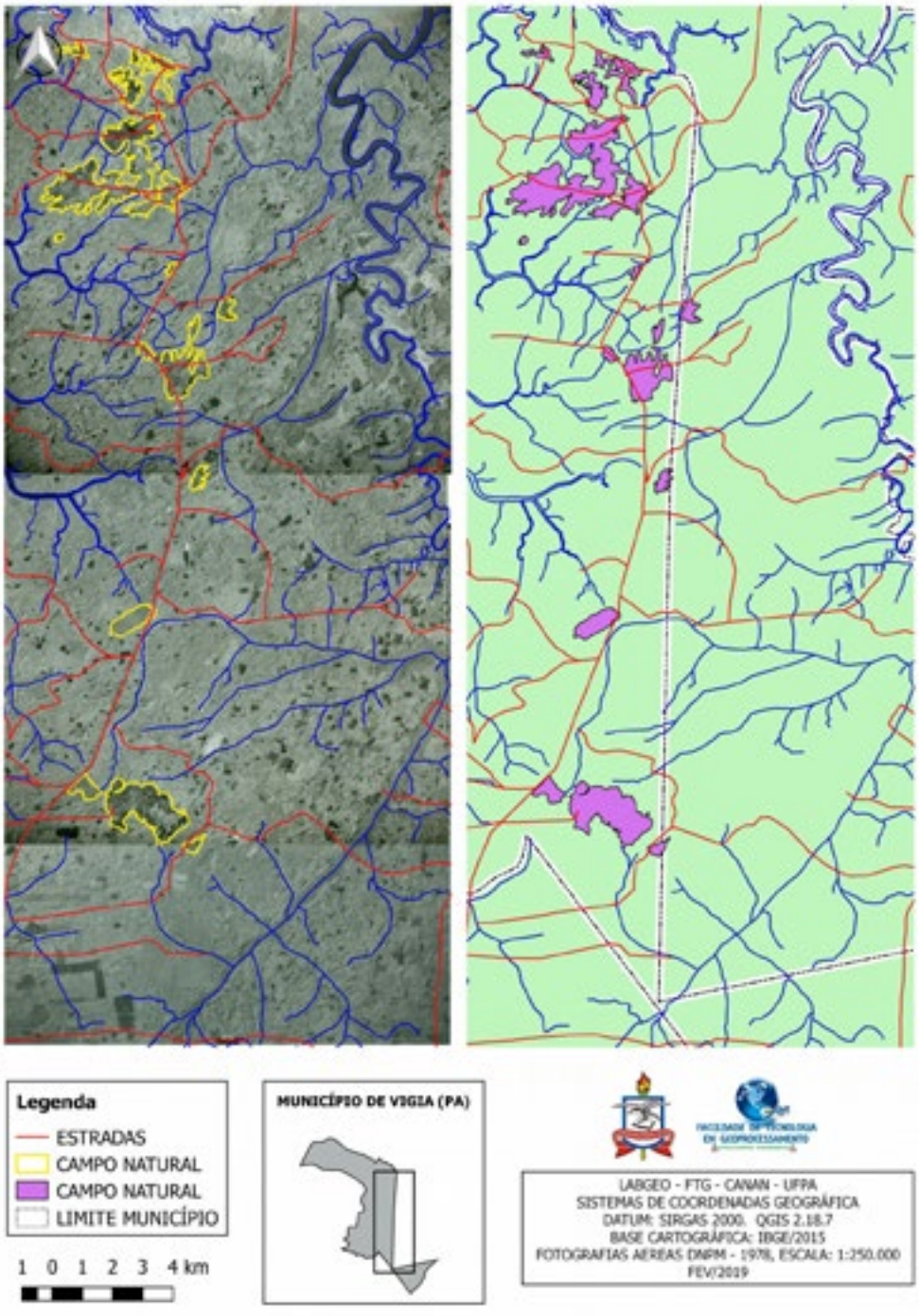


Figura 3 – Mapa de localização da área de estudo

Figura 4 – Campo "misto" com juncal no norte do Município de Vigia (PA)
Fonte: Google Earth

Nesta situação, parece lícito considerar os campos como "mistos". O seu alagamento forma uma lâmina d'água de alguns centímetros sobre a superfície plana do topo dos platôs, e se deve a mecanismos complexos da natureza dos solos, nas classes dos Espodossolos e dos Neossolos Quartzarênicos. Não se trata de fenômenos de inundação, mas sim de elevação do lençol freático. Este nível do terreno é pouco drenado por rios (igarapés); ao contrário, eles têm nesses locais suas nascentes, com um padrão de drenagem centrípeta. Os solos destes campos são mal drenados, muito arenosos, e apresentam em sua base um horizonte argiloso impermeável (RODRIGUES et al., 2004).

Favacho (2019), em estudo recente, denominou estas fisionomias de "campinas", que correspondem à fácies de vegetação gramíneo-lenhosa do geossistema campinarana, muitas vezes com tufos de arbustos e palmeiras ou matas-galerias (Fig. 5). Rodrigues et al. (2001) utilizam o termo "campo equatorial higrófilo ".

Existem, ainda, os campos "firmes" propriamente ditos, que na área mapeada são manchas de savana parque (cerrado), em solos laterizados do tipo Latossolo e Argissolo (Fig. 6). Em Vigia, existe uma mancha de savana relativamente bem preservada em ramais entre a localidade de Itapuá e o rio Barreta, não se descartando a possibilidade de ter havido outras no passado, mas que foram degradadas pela ação humana.

Figura 5 – Campo "misto" com palmeira "caranã" no Município de Vigia (PA)
Foto: Estêvão J. S. Barbosa, nov. 2018

Valverde e Dias (1967) registraram duas fisionomias distintas de campos neste trecho da PA-140 (antiga PA-16), os "mistos" e os "firmes", denominando-os, respectivamente, de campos de "Vigia" e de "São Caetano" (de Odivelas).

Considerando todas as manchas identificadas no mapeamento, para o a ano de 1976 predomina o tipo "misto", enquanto o "firme" é o menos comum. Nas cenas de 2017 e 2018

se percebeu que 2 manchas haviam desaparecido em função da mudança da cobertura da terra para pastagem e/ou cultivo. Poder-se-ia, nestes casos, atribuir-lhes o designativo de campo "antrópico", significando um geofácies antropizado do geossistema original. A pesquisa no seu atual estágio, porém, não chegou a considerar este aspecto temporal que diz respeito à ação antrópica e suas consequências na paisagem.

Figura 6 – Campo "firme" com savana parque (cerrado) no Município de Vigia (PA)
Foto: Estêvão J. S. Barbosa, nov. 2018

4. Considerações finais

Os campos naturais do Município de Vigia de Nazaré, ao contrário do senso comum e conclusões mais apressadas que os consideram como feições homogêneas de "campinas", apresentam uma expressiva geodiversidade. Constatou-se a existência de tipos de campos na

condição de geofácies de manguezal (não presentes na área de estudo), ecótono manguezal/ várzea, geofácies de campinarana e geofácies de cerrado.

Enquadram-se em todos os tipos da classificação de Kuhlmann (1977), quais sejam, os "mistos", os de "várzea", e os "firmes".

O clima do Município, do tipo Af, isto é, tropical/equatorial megatérmico e úmido, favorece o desenvolvimento da floresta; de outro modo, os fatores costeiros condicionam a formação dos manguezais. Contudo, em pleno domínio amazônico surgem as manchas de campos, muito descontínuas entre si, resultante de sutis variações litológicas e topográficas, junto a alterações nos solos e no regime de drenagem. A própria fisionomia vegetal, isto é, a exploração biológica resultante da interação destes elementos é variável, com os juncais, os campos higrófilos com tufos de vegetação arbustiva e arbórea e matas galerias, e as savanas parque, além dos campos antrópicos, não tratados na discussão.

Por sua relevância ecológica e geossistêmica, e o intenso processo de degradação na área motivada pela agropecuária e extração de areia, recomenda-se que os campos naturais do Município de Vigia sejam melhor estudados, propondo-se a apresentação de um projeto visando à conservação e/ou preservação deles.

5. Referências

BARBOSA, Estêvão José da Silva. **Unidades de relevo em zona costeira estuarina**: municípios de Colares e Santo Antônio do Tauá (PA). 296f. 007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2007.

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **R. RA´E GA**, Curitiba, n. 8, p. 141-152, 2004. Editora UFPR

FAVACHO, Benedito Romulo Souza. **Paisagem e ambiente:** uma caracterização do geossistema de canpinarana no Município de Vigia de Nazaré – PA. 66f. Trabalho de

Conclusão de Curso (Licenciatura em Geografia). Vigia, PA: Universidade do Estado do Pará/CCSE, 2019.

KUHLMANN, Edgar. Vegetação: In: IBGE. **Geografia do Brasil:** Região Norte. Rio de Janeiro: FIBGE, 1977, p.59-94.

LIMA, Rubens Rodrigues; TOURINHO, Manoel Malheiros; COSTA, José Paulo Chaves. **Várzeas flúvio-marinhas da Amazônia brasileira:** características e possibilidades agropecuárias. Belém: FCAP, 1999.

RAIOL, Antônio Domingos. 1970. **Motins Políticos ou História dos principais acontecimentos políticos da Província do Pará desde o ano de 1821 até 1835**. Universidade Federal do Pará. Coleção Amazônia: série José Veríssimo. 2v.

RODRIGUES, Ewerton Rodrigues et al. **Caracterização e classificação de solos do Município de Santo Antônio do Tauá.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2004.

VALVERDE, Orlando; DIAS, Catharina Vergolino. **A Rodovia Belém-Brasília:** estudo de geografia regional. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CLASSIFICAÇÃO SEMI-AUTOMATIZADA PARA O MAPEAMENTO DE UNIDADES MORFOLÓGICAS DO RELEVO NA PORÇÃO SUDESTE DO ESTADO DO PARANÁ.

Gisele Neuman [(a)], Claudinei Taborda da Silveira [(b)]

[(a)]Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, giseleneuman@gmail.com

[(b)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Paraná, claudineits@ufpr.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A geomorfometria sofreu grande desenvolvimento nas últimas décadas, e apoiado nos avanços das geotecnologias e da própria informática, conforma um cenário favorável para a utilização da análise digital do relevo na identificação de formas e no mapeamento de unidades geomorfológicas. Considerando esta perspectiva, o presente trabalho aborda as possíveis variações de resposta na aplicação da classificação semi-automatizada proposta por Hammond/Dikau (1964/1991) a partir da variação de um único componente (o tamanho da janela móvel de análise de dados). O Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizado, com resolução de 20 metros, foi construído a partir de dados vetoriais planialtimétricos de cartas topográficas na escala 1:25.000. Os resultados obtidos demonstraram que as classificações geomorfométricas são sensíveis ao tamanho das janelas móveis utilizadas, destacando a importância do rigor metodológico e do conhecimento heurístico da área de estudo para a conversão do conhecimento geomorfológico em parâmetros válidos para a área a ser analisada.

Palavras chave: Geomorfometria, MDT, Formas do relevo.

1. Introdução

Tentativas de sistematização e classificação das formas do relevo são muito comuns no estudo da Geomorfologia, no Brasil podem ser citadas as propostas de classificação do

relevo de Azevedo (1949), Ab'Saber (1967), Ross (1985), projeto RADAMBRASIL (BRASIL, 1983), os mapeamentos geomorfológicos do estado de São Paulo (IPT, 1981; ROSS e MOROZ, 1997), o mapeamento geomorfológico do Paraná (MINEROPAR e UFPR, 2006) e o manual técnico de geomorfologia do IBGE (2009). Nas últimas décadas, estas propostas classificatórias vêem apresentando reformulação, principalmente no que tange as técnicas utilizadas. Nas propostas mais recentes de classificação de formas e padrões do relevo, a análise digital a partir de modelos digitais de elevação (MDE) como os oriundos dos dados SRTM e de modelos digitais do terreno (MDT) derivados de curvas de nível, tem apresentado destaque, automatizando o processo de classificação (BORTOLINI *et al.* 2018; GOMES *et al.,* 2018; SILVEIRA *et al.,* 2018).

Como resultado, trabalhos de classificações automáticas e semi-automáticas do terreno focados na aplicação de técnicas de *Object Based Images Analysis* e de árvore de decisão (DRĂGUŢ *et al.,* 2012; VASCONCELOS *et al.,* 2012; BERTANI *et al.* 2013; PEDERSEN, 2016), Geoestatística (HENGL *et al.,* 2008), análise estatística multivariada (GHIMIRE, 2014), lógica *Fuzzy* (MARTINS *et al.* 2016; ZHU *et al.,* 2018;), e outras formas de análise espacial utilizando Sistemas de Informação Geográfica (DIKAU *et al.,* 1991; DIKAU *et al*., 1995), tornam-se técnicas de suporte alternativas para a elaboração de parâmetros, que auxiliem na definição de métodos, que possam ser replicados em diferentes contextos geomorfológicos.

Estas propostas apresentam como alicerce, a conversão do conhecimento heurístico em parâmetros para utilização em cálculos matemáticos, visando a construção de mapeamentos com menor carga subjetiva, sendo possível sua elaboração por qualquer usuário final de modo automático ou semi-automático (SEIJMONSBERGEN *et al.,* 2011).

Dentre os trabalhos que buscaram sistematizar a classificação das formas do relevo, destacam-se os produzidos por Hammond (1954, 1964), que buscou a objetividade na

classificação de formas com a utilização de uma sequencia de procedimentos quantitativos de análise do relevo.

Considerando este cenário, o presente trabalho tem como objetivo a aplicação da proposta de classificação de Hammond/Dikau (1964/1991) testando os efeitos da variação do tamanho da janela móvel usada para a elaboração da análise de vizinhança.

Caracterização da área de estudo

O recorte da área de estudo (FIGURA 1), localiza-se na porção sudeste do Estado do Paraná, corresponde a 1330 km² e abrange parcialmente 6 municípios: São José dos Pinhais, Tijucas do Sul, Guaratuba, Morretes, Paranaguá e uma pequena porção de Matinhos.

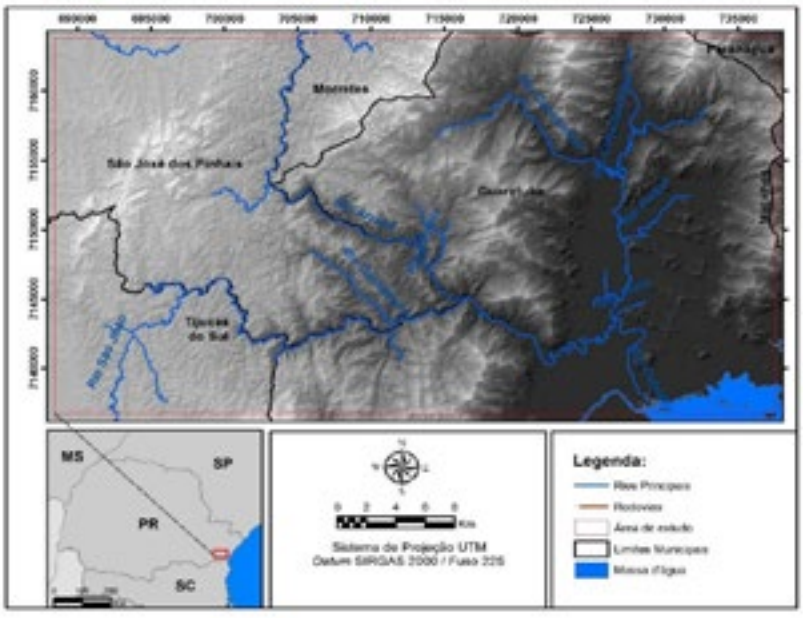


Figura 1 – Localização da área de estudo

O recorte geográfico foi escolhido por representar a complexidade geomorfológica das transições entre o Primeiro Planalto Paranaense, a Serra do Mar e a Planície Litorânea, possibilitando a realização de testes com as metodologias de classificação de unidades de

relevo de maneira automatizada em diferentes compartimentos geomorfológicos, além da disponibilidade de base cartográfica na escala 1:25.000.

2. Materiais e Métodos

O Modelo Digital do Terreno (MDT) utilizado, com resolução de 20 metros, foi gerado pelo algoritmo ANUDEM a partir de dados vetoriais planialtimétricos de oito (8) cartas topográficas na escala 1:25.000 (2857-2 SE, 2857-4 NE, 2858-1 SO, 2858-3 NO, 2858-1 SE, 2858-3 NE, 2858-2 SO, 2858-4 NO), elaboradas pelo Diretório do Serviço Geográfico do Exército (DSG, 2002), atualmente disponíveis para acesso público pelo Instituto de Terras, Cartografia e Geociências (ITCG).

O método de classificação do relevo proposto por Hammond (1964) e Dikau *et al.,* (1991) e posteriormente adaptado ao ambiente SIG por Reuter (2009) é baseado na aplicação de uma janela móvel de tamanho variável, de acordo com a escala de trabalho e as formas de relevo a serem mapeadas.

Constitui-se de um sistema de classificação em três níveis hierárquicos resultantes da combinação de atributos topográficos: a declividade, com porcentagem relativa de áreas definidas por um valor limítrofe de declividade; o valor de diferença altimétrica da área de estudo; predomínio de áreas planas ou declives suaves, conforme valor limítrofe da declividade (8%).

Para a aplicação desta proposta foram utilizados 2 tamanhos diferentes de janelas móveis para a análise de vizinhança (20X20 e 50X50 *pixels*) usando a janela retangular para o cálculo dos parâmetros: declividade, amplitude e perfil do relevo, conforme proposto por Hammond (1954).

O cálculo do parâmetro de declividade foi realizado a partir dos dados derivados da base cartográfica 1:25.000, o valor limítrofe para definição das áreas planas foi mantido da proposta original (8%), portanto originaram-se duas classes, sendo classe 1 (dec < 8%) e classe 2 (dec > 8%).

Em seguida, foi calculada para cada pixel a porcentagem de declividade suave (dec < 8%) em seu entorno, por meio da janela móvel (análise de vizinhança), sendo parcionada em 4 partes: áreas com percentual maior que 80% de áreas planas/suaves; áreas com percentual entre 50 a 80% de áreas planas/suaves; áreas com percentual entre 20 a 50% de áreas planas/suaves; áreas com percentual menor que 20% de áreas planas/suaves.

Assim, o parâmetro declividade representa a porcentagem de declive suave dentro da amostra (HAMMOND, 1954). O gradiente altimétrico, chamado de "Relevo Local" por Hammond (1954, 1964) foi calculado para cada pixel através da diferença entre os valores mínimo e máximo de elevação dentro da janela móvel. O produto foi reclassificado em 6 classes: 0 à 30m; 30 à 90m; 90 à 150m; 150 à 300m; 300 à 900m; valores acima de 900m.

Na modelagem do perfil o predomínio de áreas planas foi definido conforme a análise de vizinhança deste atributo dividida em 4 classes: Percentual maior que 75% de áreas planas/suaves nas terras baixas; percentual entre 50 e 75% de áreas planas/suaves nas terras baixas; áreas com percentual de 50 a 75% de áreas planas/suaves nas terras altas; área com percentual menor que 75% de áreas planas/suaves nas terras altas.

Após estas classificações, foi realizada a combinação dos atributos topográficos através de álgebra de mapas, resultando em dois mapeamentos a partir da mesma base de dados.

Para a validação dos resultados obtidos pela proposta de classificação foram coletados dados de forma de relevo *in loco,* durante campanha de trabalho de campo, a qual

foi incrementada em gabinete com a utilização de fotografias aéreas (ITCG, 1980) e imagens SPOT (arquivo BING), com resolução de 2,5m. Estes dados serviram como base de entrada para elaboração do coeficiente Kappa dos mapeamentos gerados. Os resultados do coefiente foram categorizados segundo a escala (TABELA I) proposta por Landis e Koch (1977).

Tabela I – Parâmetros para caracterização através do Índice Kappa

Valores do índice Kappa	Força de Concordância
< 0.00	Poot (Pobre)
0.00 - 0.20	Slight (Fraca)
0.20 - 0.40	Fair (Razoável)
0.40 - 0.60	Moderate (Moderada)
0.60 - 0.80	Substancial (Forte)
0.80 - 1.00	Almost Perfect (Excelente)

FONTE: Adaptado de Landis e Koch (1977)

3. Resultados e Discussões

Aos gerar os modelos discretizados conforme a proposta de Hammond e Dikau constatou-se que somente 37% da área de estudo apresenta concordância em uma comparação entre o mapeamento resultante da janela de vizinhança de 20x20 (Figura 2) e o mapeamento resultante da janela 50x50 (Figura 3).

A análise de vizinhança é diretamente afetada pelo tamanho da janela móvel utilizada, as quais devem estar adequadas ao nível de detalhamento pretendido pelo pesquisador. Isto é facilmente observado na Figura 2, que demonstra a classificação de Hammond/Dikau (1964/1991) aplicada a uma janela amostral de 20 x 20 pixels, os quais configuram uma área de análise com largura de 400m, que (em muitos casos) não é capaz de agregar a vertente em sua área total.

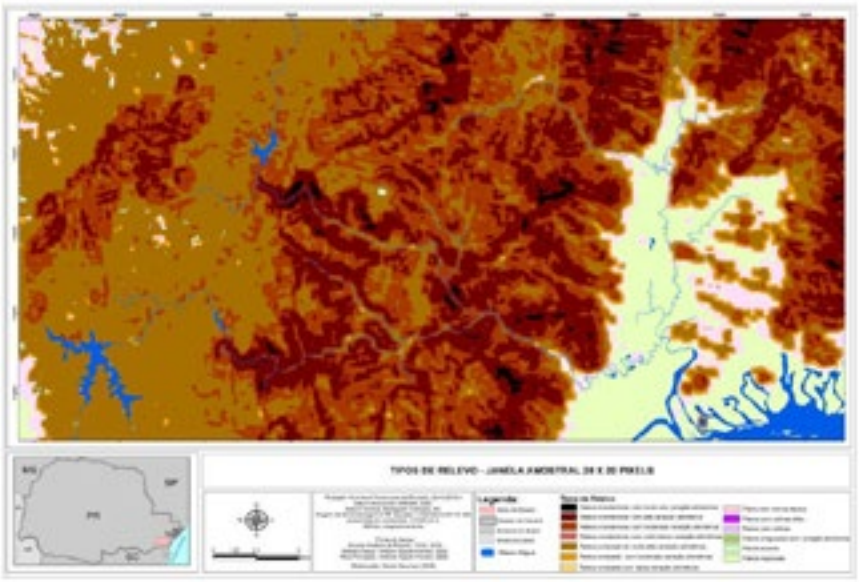


Figura 2 – Classificação de tipos de relevo – Janela amostral de 20 *pixels*.

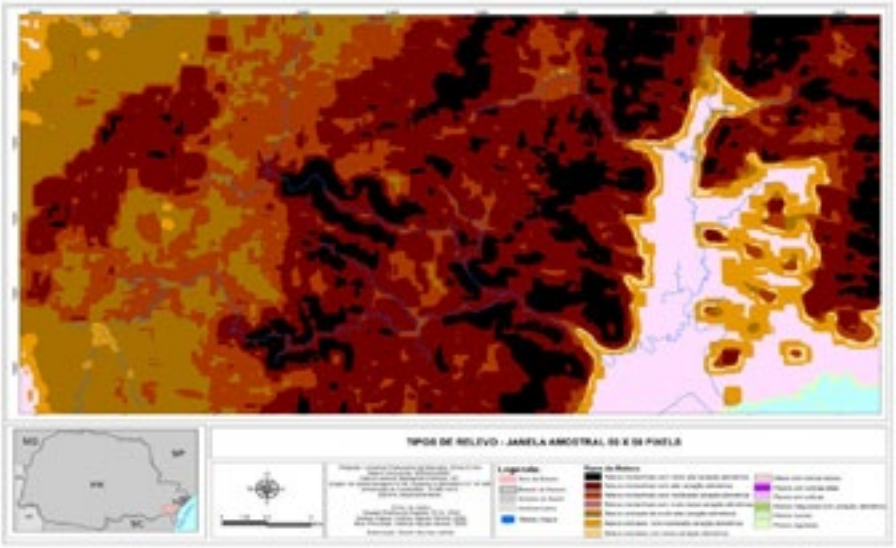


Figura 3 – Classificação de tipos de relevo – Janela amostral de 50 *pixels*.

Considerando o tamanho das janelas móveis testadas, as classes que apresentaram maiores problemas de representação foram as classes planos regulares (se refere a planície litorânea) e relevo montanhoso com alta variação altimétrica (Serra do Mar).

Como resultado positivo, a janela móvel de 20 x 20 pixels, conseguiu representar os tipos de relevo mais complexos da área de estudo, como as classes de relevo montanhoso com moderada variação altimétrica e relevo ondulado com altíssima variação altimétrica, as quais não obtiveram representação significativa no mapeamento com janela móvel de 50 x 50 *pixels* (Figura 3) devido ao grau de generalização imposto.

As superfícies com menores variações locais (planície litorânea) apresentaram problemas devido ao distanciamento das curvas de nível, enquanto a classe de relevo montanhoso com alta variação altimétrica (serra do mar) demonstrou a necessidade de utilização de janelas móveis mais generalizadas, que sejam capazes de analisar a variação dos atributos do relevo em contexto regional.

A validação dos dados a partir do coeficiente de concordância Kappa (TABELA II) demonstrou que a janela de vizinhança 20 x 20 representaram maior concordância no mapeamento, considerando as amostras de validação obtidas em campo.

Tabela II – Coeficiente de concordância Kappa para todos os tamanhos de janela móveis testadas, categorização segundo Landis e Koch (1977) – Classificação Hammond/Dikau (1964)

Tamanho da janela de vizinhança	Índice de correlação global	Coeficiente de concordância	Categoria de concordância
Janela 20x20	71.63%	0.68	Forte
Janela 50x50	36.30%	0.19	Fraco

O coeficiente de concordância Kappa apresentou melhor avaliação com uma janela móvel de 20x20 pixels devido ao detalhamento da resposta derivada do modelo, porém a distribuição dos valores percentuais em classes demonstra como a janela móvel não conseguiu representar o relevo montanhoso satisfatoriamente. Em contrapartida, as classes de planos com morros baixos e relevo ondulado com moderada variação altimétrica foram melhor representados na classificação com janelas 20 x 20 *pixels*, pois estas classes foram generalizadas no mapeamento com janela móvel de 50x50 *pixels*.

4. Considerações Finais

As classificações apresentaram-se demasiadamente sensíveis a variação mínima de parâmetros. Os tamanhos de janelas móveis utilizadas não foram adequadas para o mapeamento da área de estudo completa, porém a classificação poderia obter maior êxito se as janelas móveis fossem adaptadas as características de cada compartimento geomorfológico, considerando o tamanho médio das vertentes presentes em cada um destes compartimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado obtida por meio do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR; ao CNPq, pelo financiamento do Projeto "Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná apoiado em análise digital do relevo", Processo 456244/2014-0; e ao Laboratório de Pesquisas Aplicadas em Geomorfologia e Geotecnologias (LAGEO/UFPR) pelo suporte durante a realização do trabalho.

3. Referências Bibliográficas

AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Orientação**, v. 3, p. 45-48, 1967.

AZEVEDO, A. O planalto brasileiro e o problema da classificação de suas formas de relevo. **Boletim Paulista do Geografia,** n. 2, p. 43-50, 1949

BERTANI, T. C.; ROSSETTI, D. F.; ALBUQUERQUE, P. C. G. Object-based classification of vegetation and terrain topography in Southwestern Amazonia (Brazil) as a tool for detecting ancient fluvial geomorphic features. **Computers & Geosciences**, v. 60, p. 41-50, 2013.

BORTOLINI, W., SILVEIRA, C. T., SILVEIRA, R. M. P., SILVA, J. M. F. Técnicas Geomorfométricas Para a Identificação de Padrões de Relevo: Aplicação nas Cartas Curitiba e Cerro Azul, Estado do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 36, p. 15-32, 2018,

DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis. In: RAPER, J. F. (Ed.), **Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems**. Taylor & Francis, London, p. 51–77, 1989.

DIKAU, R. Geomorphic landform modeling based on hierarchy theory. In: BRASSEL, K.; KISHIMOTO, H. (Eds.), **Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling**. Department of Geography, University of Zürich, Zürich, Switzerland, p. 230–239, 1990.

DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. M. Landform Classification of New Mexico by Computer. Open File report 91-634. **U.S. Geological Survey,** 1991.

DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. K.; PIKE, R. J. Morphometric landform analysis of New Mexico. **Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementband**, v.101: p. 109-126, 1995

DRĂGUŢ, L.; EISANK, C. Object representations at multiple scales from digital elevation models. **Geomorphology**, v. 129, n. 3-4, p. 183-189, 2011.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico do Exército Brasileiro. **Cartas Topográficas**: folhas 2857-2 SE, 2857-4 NE, 2858-1 SO, 2858-3 NO, 2858-1 SE, 2858-3 NE, 2858-2 SO, 2858-4 NO. DSG, 2002

EVANS, I. S. General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: CHORLEY, R. J. (Ed.). **Spatial analysis in geomorphology**. London: Harper & Row, Publishers, 1972.

GHIMIRE, M. Multivariate morphological characteristics and classification of first-order basins in the Siwaliks, Nepal. **Geomorphology**, v. 204, p. 192-207, 2014.

GOMES, S.; SILVEIRA, R.; SILVEIRA, C. T. Aplicação de técnicas geomorfométricas para classificação de formas de relevo em Campo Largo, Estado do Paraná. **Revista Geografar**, v. 13, n. 1, p. 75-97, 2018.

GORINI, M. A. V.; MOTA, G. L. A. Análise geomorfométrica multiescala de modelos numéricos de terreno. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.1333

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

HAMMOND, E. H. Analysis of properties in land form geography: an application to broad-scale landform mapping. **Ann. Assoc. Am. Geogr.** 54, 11 19, 1964.

HENGL, T., BAJAT, B., BLAGOJEVIĆ, D., REUTER, H. I. Geostatistical modeling of topography using auxiliary maps. **Computers & Geosciences,** v 34, p.1886-1899, 2008

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico de geomorfologia. **Manuais técnicos em geociências**. Rio de Janeiro: IBGE: 175 p., 2009

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, 1981.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS. SEMA-ITCG. GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Projeto "Cobertura Aerofotogramétrica do Estado do Paraná". **Fotografias Aéreas**. Escala 1:25.000. Ano de 1980.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. biometrics, p. 159-174, 1977.

MARTINS, F. M., FERNANDEZ, H. M., ISIDORO, J. M., JORDÁN, A., ZAVALA, L. Classification of landforms in Southern Portugal (Ria Formosa Basin). **Journal of Maps**, v. 12, p.422-430, 2016.

MINEROPAR. **Atlas geomorfológico do Estado do Paraná**: Escala base 1:250.000 modelos reduzidos. Minerais do Paraná; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

PEDERSEN, G. B. M. Semi-automatic classification of glaciovolcanic landforms: An object-based mapping approach based on geomorphometry. **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 311, p. 29-40, 2016.

RADAMBRASIL, 1983, **Projeto Radambrasil: levantamento de recursos naturais**. IBGE, Rio de Janeiro

REUTER, H. I. **ArcGis Geomorphometry Toolbox: Version 1.0.2.** Gisxperts GBR, Germany, 2009.

ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 4, p. 25-39, 1985.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia Depto de Geografi a FFLCH-USP/Laboratório de Cartografi a Geotécnica - Geologia Aplicada - IPT/FAPESP, 1997. 63p.

SEIJMONSBERGEN, A. C.; HENGL, T.; ANDERS, N. S. Semi-automated extraction of geomorphological features using DEMs. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. eds. **Geomorphological Mapping: Methods and Applications, Developments in Earth Surface Processes,** v.15, Elsevier, 2011.

SILVEIRA, C. T., SILVEIRA, R. M. P., TRENTIN, R., ROBAINA, L. E. S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos geomorphons.**Revista Brasileira de Geomorfologia**,v. 19, 2018.

VASCONCELOS, V., DE CARVALHO JUNIOR, O. A., DE SOUZA MARTINS, E., JUNIOR, A. F. C., GUIMARÃES, R. F., GOMES, R. A. T. Sistema de classificação geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas: árvore de decisão e classificador espectral, no Parque Nacional Serra da Canastra.**Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, 2012.

ZHU, L. J., ZHU, A. X., QIN, C. Z., LIU, J. Z. Automatic approach to deriving fuzzy slope positions. **Geomorphology,**v.*304*, p. 173-183, 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

COMPARTIMENTAÇÃO MORFOPEDOLÓGICA EM UM AMBIENTE DE VEREDA: MICROBACIA DO CÓRREGO BEZERRA PARQUE ESTADUAL DE TERRA RONCA (GO)

Helena Gladis Bozzo Moreira [(a)], Guilherme Taitson Bueno [(b)]

[(a)] Instituto de estudos socioambientais, UFG, helenagbmoreira@gmail.com
[(b)]Instituto de estudos socioambientais, UFG, gtaitsonbueno@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo: O Parque Estadual de Terra Ronca conserva um fragmento da grande biodiversidade do complexo ecológico Cerrado, incluindo áreas úmidas com veredas. Este trabalho teve como objetivo compartimentar a paisagem de uma microbacia com vereda. Após coletas em campo e por meio do ambiente *SIG*, foi possível classificar as unidades relativamente homogêneas e assim compartimenta-las. Os resultados indicam a heterogeneidade pedológica da microbacia e os principais compartimentos são: I - Superfície Aplanada (Ia, Ib) e o II - Vale que contém dois segmentos, IIA Hidromorfia (IIAa, IIAb, IIAc, IIAd) e o IIB Encaixado. O seguinte trabalho visa contribuir para um melhor entendimento da evolução da paisagem e para o aprimoramento das práticas de gestão do Parque Estadual de Terra Ronca.

Palavras-chave: Compartimentos de paisagem, Vereda, Parque Estadual de Terra Ronca.

1.INTRODUÇÃO

É possível identificar, na paisagem, unidades homogêneas resultantes de interações específicas dos atributos do meio físico (TRICART e KILLIAN, 1979). A identificação destas unidades ou compartimentos é de fundamental importância para compreender os processos evolutivos ao longo do tempo geológico. Auxilia, também, nos esforços de entendimento dos impactos da ação antrópica e no planejamento ambiental. Castro e Salomão (2000) ressaltam a importância dos fluxos hídricos verticais e laterais para a elaboração dos compartimentos morfopedológicos.

As áreas úmidas (*wetlands*) são áreas de grande complexidade e heterogeneidade do ponto de vista físico e ecossistêmico. São também de grande importância ambiental no bioma do Cerrado, pois são responsáveis pela manutenção da qualidade e quantidade dos recursos hídricos, representam ambientes especiais do ponto de vista biológico, além de armazenarem, em seus solos, importantes quantidades de carbono orgânico (OLIVEIRA E ROSOLEN, 2014). As veredas são um exemplo comum de áreas úmidas das superfícies aplanadas do bioma do Cerrado. Apesar de sua importância, há ainda poucos estudos que abordem as paisagens das veredas analisando de forma integrada seus atributos físicos e suas relações.

O Parque Estadual de Terra Ronca, no Nordeste do Estado de Goiás, apresenta superfícies aplanadas com veredas. Não há ainda, entretanto, estudos sobre essas paisagens naquela região. Este trabalho tem como objetivo identificar e mapear os compartimentos de paisagem da microbacia do Córrego Bezerra, situado no P. E. de Terra Ronca.

1.1 AREA DE TRABALHO

A microbacia do Córrego Bezerra está localizada entre as Latitudes Sul 13° 34' 09'' e 13° 35' 37'' e entre as Longitudes Oeste 46° 16' 38'' e 46° 19' 14''. O córrego é afluente do rio Angélica, que faz parte da Bacia Hidrográfica do rio Paranã.

A microbacia possui área de 7,32 km² e está contida no bioma Cerrado. A precipitação média anual é de 1.300 mm, concentrada nos meses de verão, e com temperatura média superior a 21°C (IBGE, 1995). Situa-se sobre uma superfície topográfica em forma de rampa suave embutida no sopé da escarpa da Serra Geral. Segundo CPRM (2000), a escarpa é esculpida nos arenitos do Grupo Urucuia, enquanto a rampa apresenta Coberturas detrito-lateríticas. ROCHA et.al (2017) indicam que os solos predominantes no P. E. Terra Ronca são Cambissolo, Latossolo, Neossolo Litólico, Gleissolo e Neossolo Quartzarênico.

2.METODOLOGIA

O corpo metodológico deste trabalho consiste em dois passos principais: I) Identificação e mapeamento das unidades relativamente homogêneas através da imagem de satélite *DigitalGlobe* de 10/11/2008 disponibilizada pelo *Google Earth Pro*. Os dados (*shape file)* em formato de polígono foram produzidos manualmente em ambiente *SIG* na escala de 1:10.000. A generalização cartográfica dos compartimentos identificados foi feita com base na cor e na textura da imagem de satélite, associadas posteriormente (ver Passo II, abaixo) com os pontos e informações coletadas em campo. II) Trabalho de campo. Em campo foram identificados os compartimentos previamente mapeados e observadas seus atributos físicos mais importantes. Foram abertas sete trincheiras, uma para cada compartimento previamente mapeado, e realizadas tradagens na base das trincheiras, além de tradagens exploratórias em outros pontos da bacia. Nas trincheiras e tradagens foram identificados, descritos e coletados os horizontes pedológicos. Estes procedimentos permitiram checar e aperfeiçoar o mapeamento realizado por

meio das imagens de satélite (Passo I), assim como adquirir novas informações sobre as características dos compartimentos.

3. RESULTADOS

O vale do Córrego Bezerra apresenta dois compartimentos principais, um correspondente à *superfície aplanada* (**I**), em rampa, e outro correspondente aos *vales* associados à rede de drenagem (**II**) (FIGURA 1). A *superfície aplanada* representa os pontos mais altos da vertente, e contempla os sub-compartimentos **Ia** e **Ib**. O compartimento **Ia** possui Revelo plano, onde é encontrado Latossolo Vermelho-Amarelo e vegetação de Cerrado *S.S*. O compartimento **Ib** corresponde ao Relevo plano com Neossolo Quatzarênico e Espodossolo e vegetação natural predominante de Campo Cerrado.

O *Vale* (**II)** contém dois segmentos principais, o Encaixado e o Hidromórfico. O segmento Encaixado é representado pelo sub-compartimento **IIB,** encontrado na média e baixa vertente, com declividade média e alta, onde predominam o Cambissolo e a Mata de Galeria (FIGURA 1). O segmento Hidromórfico é representado pelos sub-compartimentos (**IIAa, IIAb, IIAc, IIAd**). O sub-compartimento **IIAd**, localizado na alta vertente e com baixa declividade, contém Espodossolo e Neossolo Quartzarênico e não apresenta cobertura vegetal (solo exposto). Esse sub-compartimento representa a borda do vale, em seu contato com a vegetação do Cerrado *S.S* ou com o Campo Cerrado, do Compartimento **I**. Uma ruptura de declive marca a transição para ambientes mais hidromórficos, situados a jusante na vertente. Os sub-compartimentos **IIAa, IIAb** e **IIAc** apresenta cores escuras a acinzentadas, refletindo um ambiente de má drenagem e acumulação orgânica. O sub-compartimento **IIAa,** encontrado na média vertente, tem declividade baixa. Predomina o Gleissolo e o nível freático aflora com 20 cm de profundidade. O sub-compartimento **IIAb,** localizado na baixa vertente, tem declividade média. Predomina o Espodossolo e o nível freático aflora com 60 cm de profundidade. O sub-compartimento **IIAc** se encontra em média vertente, sob baixa declividade, predominando o Espodossolo. O nível freático aflora com 70 cm de profundidade. Esses três sub-compartimentos constituem ambiente de vereda, com gramíneas (Campo Hidromórfico) e Buritis.

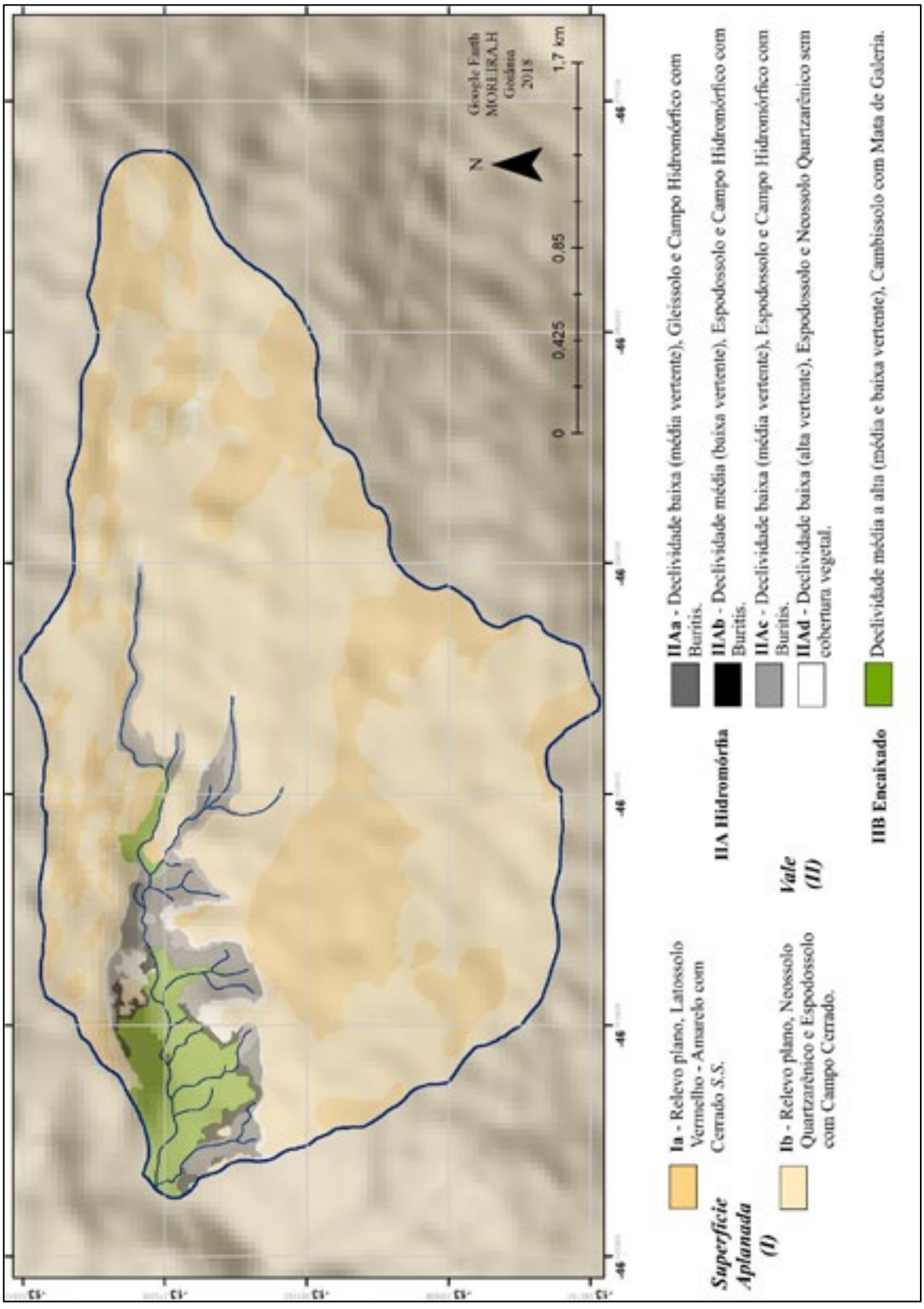


Figura 1 – Mapa de compartimentos de paisagem do Córrego Bezerra.

4.CONCLUSÃO

Este trabalho demonstra a heterogeneidade da paisagem em uma microbacia com vereda, por meio das diferentes associações entre atributos como relevo, solos e vegetação. Sendo ponto de partida para estudos sobre a evolução das paisagens das superfícies aplanadas do Nordeste goiano, entrecortadas por vales com áreas úmidas nas cabeceiras e segmentos encaixados a jusante.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASTRO, S. S; SALOMÃO, F. X. R. **Compartimentação morfopedológicas e sua aplicação: Considerações metodológicas.** GEOUSP, Espaço e tempo, n.7, p.27 – 37, 2000.

CPRM; **Mapa geológico do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Brasília: CPRM, 2000, 1:500:000.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Zoneamento Geoambiental E Agroecológico Do Estado De Goiás Região Nordeste**; Séries Estudos E Pesquisas Em Geociências. Rio De Janeiro, 1995.

OLIVEIRA, D.A. e ROSOLEN, V. **Os sistemas úmidos na paisagem de chapada, o uso da terra e os desafios da preservação ambiental**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v. 15, n. 2, p. 221-230, 2014.

ROCHA, P.R.R; NASCIMENTO, C.T.C; BERNARDI, J.V.E. **Correlação entre dados topográficos e pedológicos na região do parque estadual terra ronca goiás**. Anais do 34° Congresso Brasileiro de Espeleologia. Ouro Preto MG, 13-18 de junho de 2017.

TRICART, J.; KILIAN, J. **L'éco-Geografie et l'amenagement du Milieu Naturel.** Paris: Maspero, 1979. 325p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARACTERIZALÇÃO MORFOMÉTRICA DA SERRA DAS ALPERCATAS, ALTO CURSO DOS RIOS ITAPECURU E MERIM, MARANHÃO

Waldenir Lucas Nina Araujo [(a)], Helen Nébias Barreto [(b)], Delony de Queiroz Ribeiro [(c)]

[(a)] DEGEO, UFMA, waldenir.silva.10@hotmail.com

[(b)] DEGEO, UFMA, helennebias@yahoo.com.br

[(c)] DEGEO, UFMA, idelony@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O alto curso das bacias dos rios Itapecuru e Mearim localizam-se na região centro-sul do Maranhão e correspondem a uma área estratégica do ponto de vista ambiental, visto a importância das bacias para o abastecimento dos municípios. Destaca-se também, as cabeceiras do rio Alpercatas e do rio Corda que bordejam a Serra das Alpercatas, remanescente de chapada que se destaca altimetricamente, onde encontramos o Parque Estadual do Mirador. Tendo em vista a importância desta área, propomos a caraterização morfométrica da Serra, partindo de Modelos Digitais de Elevação, e processamento dos dados coletados nos Sistemas de Informação Geográfica, onde serão calculados os parâmetros morfométricos. Os parâmetros são medidas que possibilitam a quantificação de atributos geomorfológicos e a definição das características e das unidades homogêneas do trabalho (Costa, 2015). A caracterização morfométrica é importante no estudo de bacias, pois auxilia no reconhecimento do comportamento hidrológico e em estratégias de manejo. (Costa, 2015).

Palavras chave: Morfometria. Sistemas de Informação Geográfica. Serra das Alpercatas (MA).

1. Introdução

Os estudos envolvendo a análise da rede hidrográfica podem levar a compreensão e a elucidação de numerosas questões geomorfológicas, pois os cursos d'água constituem processo morfogenético dos mais ativos na esculturação da paisagem terrestre. Nesse sentido, o estudo da morfometria terrestre visa compreender a conformação geomorfológica e a configuração da paisagem, na quantificação das partes físicas da bacia hidrográfica que refletem na hidrologia formada sob condições geográficas e climáticas similares (COSTA, 2015). Assim, a caracterização morfométrica indica a dissecação da paisagem mediante o processo erosivo natural e do padrão de drenagem de cada área, considerando os aspectos do relevo e da rede de drenagem.

2. Materiais e Metodos

A partir da leitura de artigos, teses, trabalhos dos principais autores da área de geomorfologia, como também a análise de imagens de radar e de satélites, que favorecem a elaboração de mapas temáticos fundamentais para a elaboração deste trabalho.

As principais referências consultadas para a descrição e caracterização temática da área de estudo são: Projeto Radar da Amazônia (RADAM, 1973) e Geodiversidade do Maranhão produzido pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2013), este material está na escala 1:750. 000.

3. Resultados e Discussões

A Serra das Alpercatas, localizada na região centro-sul maranhense próximo ao município de Fernando Falcão (Figura 1). Foi dividida em duas vertentes, norte e sul, a seguir temos os resultados dos parâmetros morfométricos calculados para cada vertente.

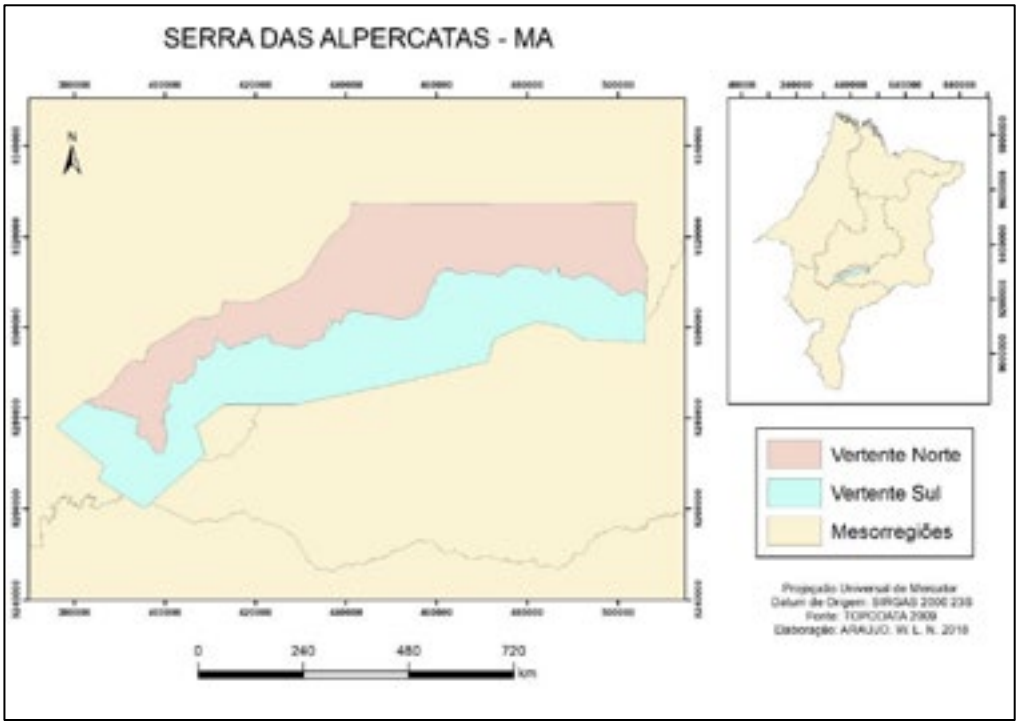


Figura 1 – Localização da Serra das Alpercatas

Na vertente norte tem-se, 617 canais com 1887.2 km de comprimento em uma área igual a 1887,2 km^2 e perímetro 345,3 km. A densidade de drenagem (Dd), que é igual ao comprimento dos canais dividido pela área da bacia, é de 3,1 k/km^2, e densidade hidrográfica (Dh) de 0,33. Na vertente sul tem-se 652 canais, com 1.187 km de comprimento numa área de 1895,1km^2 e perímetro igual a 361,3km. Seguindo o mesmo método de cálculo da vertente norte, temos a densidade de drenagem (Dd), igual a 0,626k/km^2 e a densidade hidrográfica (Dh), igual a 0,34.

As vertentes apresentam uma grande área, a Vertente Norte com 1887,17 km² de área e perímetro igual a 345,337 km². A vertente sul não muito diferente com 1895,15 km² de área e 361,344 km² de perímetro.

O estudo da altimetria torna-se relevante na análise de diferentes elementos climáticos e de diferentes áreas de erosão e de acumulação. Equivalente importância tem a amplitude na determinação das formas de relevo, Trentin e Robania (2005) afirmam que, o mapa hipsométrico tem fundamental importância na análise da energia do relevo, indicando condições mais propícias à dissecação para

áreas de maior altitude e acumulação para áreas de menor altitude, daí a importância de se calcular a declividade da área, para tanto, utilizamos o modelo disponibilizado pela EMBRAPA (Tabela I).

Quadro I - Classificação de Declividade Segundo a Embrapa 1979

Classificação de Declividade Segundo a Embrapa 1979	
Declividade	**Discriminação**
0 - 3	Relevo Plano
3 - 8	Relevo Suavemente Ondulado
8 - 20	Relevo Ondulado
20 - 45	Relevo Fortemente Ondulado
45 - 75	Relevo Montanhoso
Maior que 75	Relevo Fortemente Montanhoso

4. Considerações Finais

Os estudos das drenagens fluviais sempre tiveram grande importância na geomorfologia, esses estudos podem levar a compreensão e a finalização de dúvidas relacionadas a geomorfologia de determinado lugar.

Os parâmetros calculados neste trabalho são fundamentais para a compreensão dos processos fluviais e sua influência na geomorfologia. Para chegarmos aos resultados, a Serra foi dividida em duas vertentes, e usamos o Sistema de Informação Geográfica (SIG), para o processamento dos dados.

A Serra das Alpercatas, mesmo dividida em duas vertentes, Norte e Sul, apresenta resultados muito parecidos para as duas vertentes. Quanto ao número de canais nas vertentes, existem apenas 5 canais de diferença entre elas. A diferença no comprimento dos canais também não é muito grande. A densidade de drenagem já apresenta uma diferenciação entre as duas vertentes, a vertente norte apresenta 3,1 k/km^2 densidade de drenagem, a vertente sul

tem um valor menor, apresentando 0,626k/km^2 de densidade de drenagem. Outro parâmetro é a densidade hidrográfica as vertentes apresentaram valores aproximados, o valor encontrado na vertente norte foi 0,33 de densidade hidrográfica, a vertente sul com 0,34 dh.

Quanto a área e o perímetro das vertentes os valores também não são muito diferentes, a vertente norte a área é 1887,17 km² e a vertente sul 1895,15 km², o perímetro das vertentes são, norte 345,337 km² e sul 361,344 km². Quanto a declividade a Serra das Alpercatas, segundo a EMBRAPA, apresenta um relevo que vai de plano a ondulado em sua maior parte, com alguns pontos que apresentam relevo montanhoso.

5. Referências Bibliográficas

ambientebrasil. 2017 Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/florestal/programas_e_projetos/projeto_sivam_%E2%80%93_sistema_de_vigilancia_da_amazonia.html>. Acessado em: 13 novembro, 2017.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 1980. 188 p.

COSTA, Renata Cristina Araujo**. Indicadores Morfométricos: uma ferramenta no diagnóstico da vulnerabilidade ambiental**

Serviço geológico do Brasil. CPRM, 2013. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>. Acessado em: 13 novembro, 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

CARTOGRAFIA DA VULNERABILDIADE ÍNTRINSECA À CONTAMINAÇÃO POR MEIO DO MÉTODO GOD NO MUNICÍPIO DE SALVADOR, ESTADO DA BAHIA

Nathali Lorena de Santana Rego[(a)], Lucas de Queiroz Salles [(b)], Danilo Heitor Caires Tinoco Bisneto Melo [(c)]

[(a)] Departamento de Geografia/Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, nathali.santana@gmail.com

[(b)] Departamento de Geologia/Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, lucassalles2008@gmail.com

[(c)] Departamento de Geologia/Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, danilohmelo@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo deste trabalho é elaborar um mapa temático de vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos no município de Salvador, o qual constitui o primeiro passo para a avaliação do perigo de contaminação e proteção da qualidade da água subterrânea. Para tanto, foi utilizada a metodologia GOD. No município de Salvador foi encontrado quatro padrões de vulnerabilidade: desprezível, baixa; moderada e alta. O método GOD mostrou claramente a vulnerabilidade natural à contaminação, porém, o mesmo envolve simplificações nas informações hidrogeológicas, o que requer atenção no momento da reclassificação e tratamento dos dados e interpretação dos resultados.

Palavras chave: GOD; Vulnerabilidade; Aquífero; Salvador

1. Introdução

Os aquíferos estão sofrendo grande ameaça de poluição devido ao desenvolvimento industrial, urbanização e atividades agropecuárias. Tucci (2003) aponta o crescente aumento da população urbana como um agravo para a contaminação dos aquíferos, principalmente através de fossas sépticas, postos de gasolina e destinação final dos resíduos. Concomitante a estas adversidades, surgiu uma linha de pesquisa relacionada a implantação de atividades socioeconômicas que avalia a probabilidade de ocorrência de um impacto (positivo ou negativo, social ou natural), com alterações e inter-relações espaciais e temporais, denominada de vulnerabilidade (CHRISTOFOLETTI, 2002, DAUPHINE; PROVITOLO, 2013; EGLER, 1996; ZWAHLEN, 2003).

Em hidrogeologia, esta linha de pesquisa pauta, principalmente sobre a vulnerabilidade à contaminação de aquíferos, com destaque para as investigações pioneiras de Albinet (1963, 1970), LeGrand (1964), Margat e Albinet (1965), Margat; Monition; Ricour (1967; 1968) e Margat (1968). Estes trabalhos estabelecem os conceitos básicos da avaliação da vulnerabilidade à contaminação dos aquíferos, considerando-o como uma ferramenta preventiva, que permite determinar, a priori, a capacidade de proteção natural dos aquíferos e distinguir quais áreas necessitam de medidas mitigatórias e/ou reducionistas ao perigo de contaminação diante da intervenção antrópica. Para tanto, estes autores focam os perigos e ameaças de contaminação, contextualizando o meio ambiente.

O objetivo deste trabalho é elaborar o mapa temático de vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos no município de Salvador através do método GOD. Para Foster *et al.,* 2003, um mapa de vulnerabilidade a contaminação de aquíferos é o primeiro passo para a avaliação do perigo de contaminação da água subterrânea e proteção de sua qualidade, além disso, pode criar mecanismos para a gestão e controle dos recursos hídricos, porém, o grau confiabilidade irá depender da escala de elaboração do trabalho. GOD foi escolhido devido aos simples parâmetros envolvidos na utilização deste método. Com isso, pretende-se que o mesmo permita

conhecer a susceptibilidade a contaminação dos aquíferos na medida em que demonstra os diferentes graus de vulnerabilidade, levando, portanto, a uma definição de padrões.

1.1. Caracterização da área de estudo

Salvador é um município brasileiro localizado na zona litorânea do estado da Bahia, dividido entre o setor continental e o insular, sendo este, detentor das ilhas de Maré, Frades e Bom Jesus dos Passos (figura 1.2.1). Segundo dados estimados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2017, Salvador possuía uma população total de 2.953.986 habitantes distribuídos numa área de 692.818 km².

Figura 1.2.1 Localização do município de Salvador

De acordo com a classificação climática de Köppen (1948), em Salvador o clima é Tropical Chuvoso de Floresta (Af) e em conformidade com a classificação de Thornthwaite (1948) é úmido (B2rÁá). Dados climatológicos do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) registraram pluviometria média em torno de 1873,3 mm/ano com maior concentração de chuvas entre abril e julho, num período que corresponde aos anos 1975 a 1979, 1987, e entre 1992 a 2015. A temperatura média anual no período citado foi de 25,5° C, com máximas entre janeiro e março e mínimas em julho e agosto. A figura 1.2.2 mostra o balanço hídrico calculado a partir dos dados da Estação de Salvador (período 2006- 2017), pelo método de Thornthwaite & Mather (1955). Nela observa-se que há um déficit hídrico nos meses de outubro a março, quando a precipitação média é inferior à média obtida para a

evapotranspiração. A reposição hídrica ocorre no mês de abril. Já os excedentes hídricos se concentram entre os meses de abril a agosto, alcançado um pico no mês de maio.

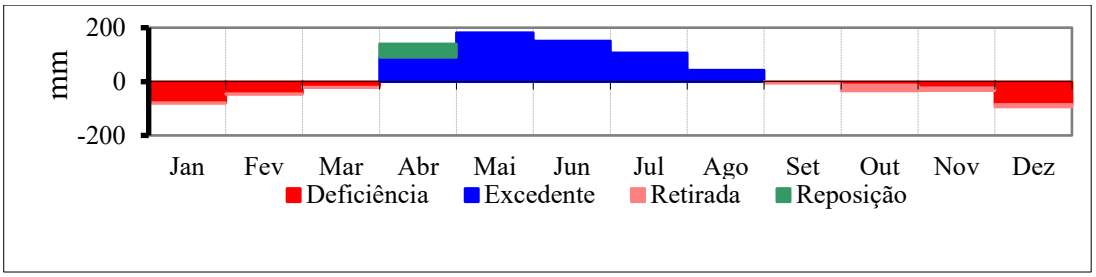


Figura 1.2.2 Balanço hídrico para a Estação Salvador, no período de 2006 a 2017, evidenciando os períodos de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano.

Conforme Barbosa e Nascimento (2010), o município de Salvador possui embasamento formado por rochas metamorfisadas do Complexo Salvador-Esplanada contendo enclaves ultramáficos e diques máficos. Sobre tal embasamento há ocorrência de rochas e coberturas sedimentares derivadas dos Grupos Ilhas, Barreiras e areias quartzosas.

Os solos resultantes da interação entre clima úmido, rochas metamórficas e sedimentares são Latossolos e Argissolos com textura argilosa, ao passo em que se aproxima da costa ocorrem solos arenoquartzosos profundos.

Estas características físicas para Barbosa e Nascimento (2010) proporcionaram dois sistemas de aquíferos diferentes entre si. O primeiro é representado pelos aquíferos porosos dos Sistemas Barreiras, Ilhas e Litorâneo Nordeste-Sudeste. Tais sistemas funcionam como coberturas e contribuem para o armazenamento temporário da água devido a sua variabilidade intergranular e porosidade. O segundo é formado pelo embasamento cristalino, que receberá água na zona fraturada, sendo esta proveniente da região das coberturas, e, portanto, constitui o Sistema Aquífero Fraturado Centro-Sul.

2. Materiais e Métodos

O método paramétrico GOD foi desenvolvido por Foster (1987) e aprimorado para atender as condições dos países Latino Americanos por Foster e Hirata (1988). Este método baseia-se na análise das três variáveis que o compõem, sendo atribuídos valores de 0,0 a 1,0 para cada parâmetro analisado. Quanto mais próximo de 0, menos vulnerável se encontra, e quanto mais próximo de 1 maior a sua chance de contaminação. As variáveis são:

A. O confinamento hidráulico (*Groundwater ocurrence*): identificação do tipo de confinamento do aquífero, refletindo o seu nível de contato a superfície terrestre, sendo classificados como livre, livre (coberto), confinado, semi – confinado ou jorrante. Com indexação num intervalo de 0,0 a 1,0. Utilizaram-se poços já georreferenciados e com as informações sobre o tipo de confinamento fornecidos pela CERB (Companhia de Engenharia e Recursos Hídricos da Bahia), a partir daí, interpolaram-se os mesmos utilizando o algoritmo IDW (*Inverse Distance Weighting)* a fim de buscar uma realidade aproximada em relação a representatividade do confinamento. A justificativa para a utilização do IDW é que o mesmo "implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes" (JAKOB e YOUNG, 2006);
B. Características do estrato de cobertura (*Overall aquifer class*): indexação dos estratos de cobertura, situado acima da zona de saturação do aquífero, incide sobre o grau de consolidação e do tipo de litologia, com valores entre 0,4 a 1,0. Este estrato condiciona o tempo de deslocamento dos contaminantes e os vários processos de sua atenuação. Para tanto, utilizaram-se dados de geologia fornecidos pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Estudos Minerais) fazendo uma reclassificação a partir do algoritmo *reclassify* dos estratos de cobertura;
C. Profundidade do aquífero (*Depth to groundwater*): estimativa da profundidade do lençol freático, com valores entre 0,6 e 1,0. Este parâmetro corresponde à distância que o contaminante terá de percorrer para atingir a zona saturada do aquífero. Importante destacar que para as rochas carbonáticas seu valor é constante e igual a 1,0. Os dados de

profundidade também foram adquiridos junto a CERB e para a representatividade dela foi utilizado também o algoritmo IDW.

A figura 2.1 representa o diagrama para quantificar cada uma das variáveis (FOSTER et al., 2002.). O índice final integral da vulnerabilidade à contaminação do aquífero é o produto da multiplicação dos três índices, dada pela equação:

*Índice: G * O * D*

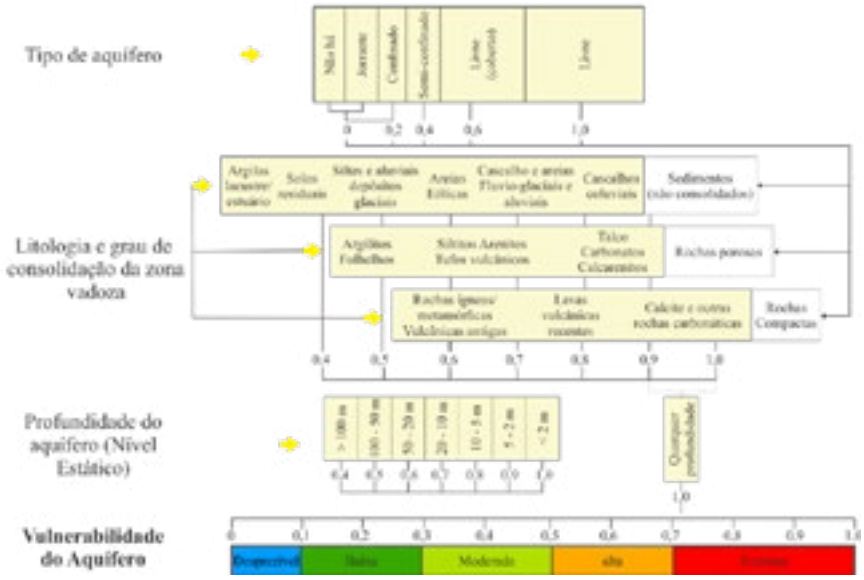


Figura 2.1 Diagrama do método GOD

Fonte: Adaptada de Foster *et al*., (2002).

3. Resultados

No município de Salvador, próximo a costa, foram encontradas áreas onde o aquífero é jorrante e confinado. Isto decorre da pressão e da impermeabilidade das camadas limítrofes inferiores e superiores. Ainda na costa e na porção litorânea, ocorrem áreas onde o aquífero é semi-confinado, possuindo uma camada limítrofe semipermeável no topo ou na base. A maior parte do município é constituída por áreas de aquíferos livres, onde o limite superior é a superfície de aeração (figura 3.1).

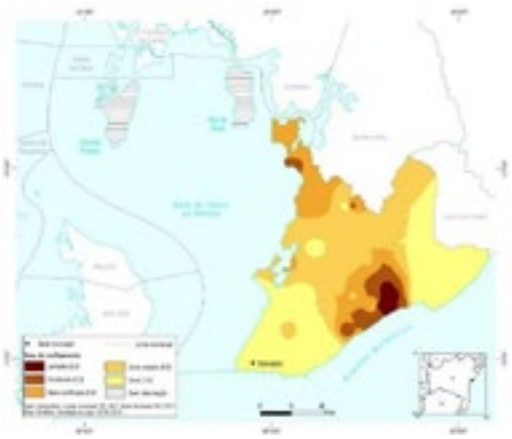


Figura 3.1 Grau de confinamento. Diferentes graus de confinamento para os aquíferos de Salvador decorrente da variada geologia que os compõem.

Em Salvador, grande parte da zona vadosa é formada por solos residuais provenientes da degradação e decomposição das rochas cristalinas do Neoarqueano (2,6 a 2,5 Ga) que compõem o Complexo Salvador-Esplanada. Na porção insular e no litoral leste do município é possível encontrar materiais argilosos, siltosos e arenosos (finos), sedimentados durante o Cretáceo (145 a 66 Ma), na fase *rifte* da Baía de Todos os Santos. Na costa, verifica-se a presença de materiais com textura mais cascalhenta e arenosa, datadas do Cenozoico (66 a 0,0117 Ma). Tais informações podem ser visualizadas na figura 3.2.

Figura 3.2 Grau de consolidação da zona vadosa. A maior parte do município é formada por solos residuais. Materiais arenosos e argilosos constituem depósitos marinhos na costa.

Nas áreas costeiras e litorâneas identificaram-se níveis estáticos pouco profundos, contudo, na porção central do município, foi possível verificar a presença de níveis estáticos mais profundos.

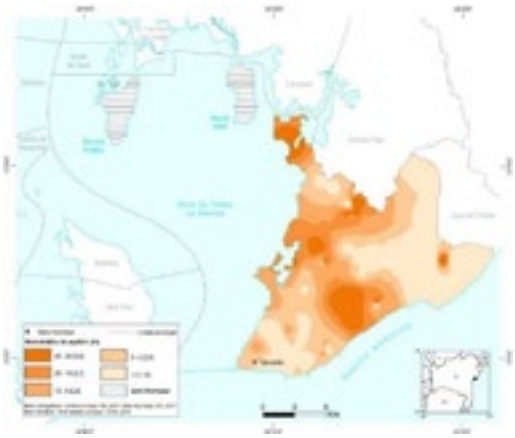


Figura 3.3 Profundidade do nível estático. Os níveis estáticos são menos profundos próximo a costa leste, mais profundos na porção central e na costa oeste.

A vulnerabilidade natural do aquífero foi encontrada a partir da multiplicação dos parâmetros que compõem o método GOD e obteve como resultado quatro padrões: vulnerabilidade desprezível, baixa, moderada e alta.

A área do aquífero que indica vulnerabilidade desprezível ocorre onde o nível estático encontra-se entre 5 a 50 metros e o material que o constitui é argiloso. Isto se dá em decorrência da permeabilidade da zona de aeração, ou seja, uma zona de aeração pouco permeável é um obstáculo à penetração de poluentes no aquífero assim como também a profundidade do nível estático, que permitirá um maior tempo para o deslocamento dos poluentes possibilitando a oxidação dos mesmos.

A vulnerabilidade baixa ocorre em áreas do aquífero que também possuem zona de aeração pouco permeável, no entanto, os níveis estáticos são menores, em torno de 2 a 20 metros, facilitando dessa forma a chegada do poluente à zona saturada.

Intercorre a vulnerabilidade moderada em áreas de aquífero livre e livre coberto que tenha textura areno-argilosa, com níveis estáticos variando entre 1 a 4 metros, que neste caso, contribuirá para um menor tempo de deslocamento dos poluentes.

A vulnerabilidade alta é verificada em áreas onde o aquífero é livre, ou seja, onde a camada imediatamente superior ao aquífero é formada por uma zona de aeração com textura predominantemente arenosa, que possui como objetivo armazenar água temporariamente. Nestes aquíferos também ocorrem níveis estáticos que não ultrapassam 4 metros.

Por fim, o resultado proveniente da metodologia GOD que mostra a vulnerabilidade dos aquíferos, pode ser analisado na figura 3.4.

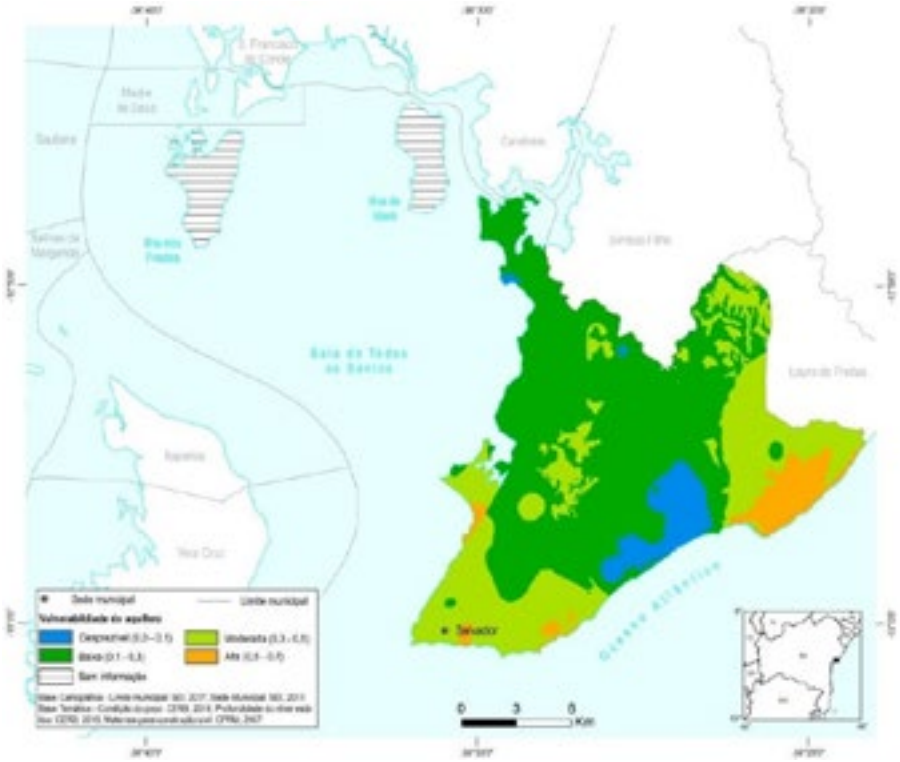


Figura 3.4 Vulnerabilidade intrínseca dos aquíferos do município de Salvador. A vulnerabilidade foi adquirida através da multiplicação do grau de confinamento, grau de consolidação da zona vadosa e da profundidade no nível estático.

4. Considerações finais

O método GOD mostrou claramente a vulnerabilidade natural à contaminação do aquífero no município de Salvador, cuja mesma, está intrinsecamente associada à litologia e as dimensões porosas distintas dos substratos que o compõe, consequentemente diferenciando o comportamento hidrodinâmico do aquífero.

Como este método envolve simplificações nas informações hidrogeológicas e geológicas é necessário ter atenção no momento da reclassificação e do tratamento dos dados e na interpretação dos resultados. Ademais, dados de profundidade da água foram utilizados para a elaboração do mapa e como estes variam no tempo e no espaço, é necessário a atualização destas informações assim como também do mapa de vulnerabilidade.

A escolha de uma determinada metodologia depende da quantidade de informações disponíveis e esta técnica utiliza-se de dados relativamente fáceis de adquirir, sendo assim, a mesma pode ser utilizada para prognósticos iniciais como um apoio à gestão ambiental e é voltada para estudos regionais, pois, não considera as atividades antrópicas e contaminantes como um fator que pode vir a potencializar a vulnerabilidade.

Referências Bibliográficas

ABAS. Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. **Águas subterrâneas**. Disponível em: <http://www.abas.org.br/index.php?PG=aguas_ subterraneas&SPG=aguas_subterraneas_as>. Acesso em: 26 de Novembro de 2018.

ALBINET, M. **La pollution des eaux souterraines. Bureau de recherches geologiques et minieres**, Orléans, DS 63 A 127, oct. 1963. 127 p.

_____. **Les cartes de vulnérabilité des nappes d'eau souterraine à la pollution. Bureau de recherches geologiques et minieres**, Orléans, 70 SGN 325 HYD, aug. 1970. 31 p.

COSTA, M. H. **Balanço hídrico segundo Thornthwaite e Mather, 1995**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola. Engenharia na Agricultura, Caderno didático 19. 22 p. 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais.** 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

DAUPHINÉ, A.; PROVITOLO, D. R**isques et catastrophes: observer, spatialiser, comprendre, gérer**. 2ª ed. Paris: Armand Colin, 2013.

EGLER, C. A. G. Risco ambiental como critério de gestão do território: uma aplicação à zona costeira brasileira. **Revista Território**. Rio de Janeiro, v. 1, n.1. p.31 - 41, jul./dez., 1996.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J.G.A. 2008. (orgs.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3ª ed. ver. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, p. 179-207.

FOSTER, S. **Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy**. In: DUIJVENBOODEN, W.; WAEGENINGH, H. G. (Eds.). **Vulnerability of soil and groundwater to pollutants: proceedings and information** nº 38 of the International Conference held in the Netherlands. Amsterdam: TNO Committee on Hydrological Research, 1987. p. 69-86.

_____, S.; HIRATA, R. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Peru: WHO/PAHO/EHP, 1988.

_____, S.; et al. **A Guide for Water Service Companies, Municipal Authorities and Environment Agencies**. Washington: The World Bank, 2002.

IBGE. **Cidades**. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/salvador/panorama. Acesso em: 30 de Maio de 2018.

INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep. Acesso em 03 de Novembro de 2017.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas**. Disponível em:< http://www.nepo.unicamp.br/vulnerabilidade/admin/uploads/producoes/M%C3%A9todosInterpola%C3%A7%C3%A3o.PDF> Acesso em: 06 de Dezembro de 2018.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: com un estudio de los climas de la Tierra**. F. de Cultura. México. 478pp.

LEGRAND, H. E. System for evaluation of contamination potential of some waste disposal sites. **Journal American Water Works Association,** Denver, v. 56, n. 8, p. 959-974, aug. 1964.

MANFRON, S., THOMÉ, A. **Métodos para avaliar a qualidade das águas subterrâneas**. Passo Fundo: Poá Comunicação, 2012. 80 p.

MARGAT, J.; ALBINET, M. **La pollutiondeseauxsouterraines par leseaux de surface. Bureau de recherches geologiques et minieres**, Orléans, DS 65 A 96, nov. 1965. 21 p.

MARGAT, J.; MONITION, L.; RICOUR, J. **Eaux souterraines et pollutions radio-actives. Bureau de recherches geologiques et minieres**, Orléans, DS 67 A 132, oct. 1967. 7 p.

_____. **Emploi des eauxsouterrainesencas de protection radioactive superficielle. Bureau de recherches geologiques et minieres**, Orléans, 68 SGL 153 HYD, oct. 1968. 13 p.

MARGAT, J. Vulnerabilité des nappes d'eausouterraine á la pollution: bases de la cartographie. **Bureau de recherchesgeologiquesetminieres**, Orléans, 68 SGL 198 HYD, nov. 1968. 12 p.

NASCIMENTO, S. A. M; BARBOSA, J. S. F. **Aspectos Hidrológicos do Alto Cristalino de Salvador Bahia**. Disponível em:< http://www.nehma.ufba.br/wp- content/uploads/2016/03/Revista-Plurais.pdf> Acesso em: 31 de Outubro de 2017.

PEREIRA, R. A. **Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather**. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/brag/v64n2/a19v64n2.pdf> Acesso em: 20 de Dezembro de 2018.

SALVADOR. **Lei nº 9278 de 20 de Setembro de 2017. Dispõe sobre a delimitação e denominação dos bairros do Município de Salvador**. Disponível em:< https://leismunicipais.com.br/a2/ba/s/salvador/lei-ordinaria/2017/928/9278/lei- ordinária-n-9278-2017-dispoe-sobre-a-delimitacao-e-denominacao-dos-bairros-do- município-de salvador-capital-do-estado-da-bahia-na-forma-que-indica-e-da-outras- providencias?q=bairro> Acesso em: 31 de Outubro de 2017.

THORNTHWAITE, C.W. 1948. **An approach toward & a rational classification of climate. Geographical Review**, 38 (1): 55-94.

TUCCI, C. E. M. **Qualidade da água subterrânea**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

VRBA, J.; ZAPOROZEC, A. **Guidebook on mapping groundwater vunerability. International Association of Hydrogeologist**. Hanover, v 16, 131 p. 1994.

ZWAHLEN, F. (Ed.) **Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (Karst) aquifers: scope, goals results**. Luxembourg: Europeancommission, 2003.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Cálculo de volume de sedimentos com Drones, buscando desobstrução do sangradouro do açude Medeiros em Beberibe - CE

MORAIS, João Silvio Dantas[(a)], *SANTOS, Solange Maria da Conceição*[(b)], *CASTRO, Alexandre Roberto da Silva*[(c)], *SANTOS, Johny Leanderson Lima*[(d)], *LIMA, Berthyer Peixoto*[(e)],

(a) **Prof Dr. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE – Analista da COGERH/GESIN – silvio.morais@uece.br**

(b) **Profa Ms. UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ – UECE - solangemcsantosadv@hotmail.com**

(c,d , e) **Analistas da COGERH/GESIN – alex.silva@cogerh.com.br, johny.lima@cogerh.com.br, berthyer.peixoto@cogerh.com.br**

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O estudo realizado demonstra a possibilidade e a efetividade do uso de levantamentos aeofotogrametricos e sua utilização com drones para calculo de volumes de sedimentos, que mostrou eficiência e aplicabilidade como ferramenta ideal para este fim no açude Medeiros, localizado ao sul do município de Beberibe-Ceará-BR

A nuvem de pontos de alta densidade obtida através do processamento das imagens feitas com drone possibilitou o calculo de volumes de pilhas irregulares de sedimentos no sangradouro do açude com maior rapidez e precisão, incluindo valoração de pilhas de estoque de sedimentos trazidos quando de seu transbordamento até dos depósitos de resíduos deixados quando ainda da sua construção.

Palavras chave: Drones, Aerofotogrametria, Calculo de volumes

1. Cálculo de volume de sedimentos com Drones, buscando desobstrução do sangradouro do açude Medeiros em Beberibe - CE

1.1. Introdução

A COGERH, Companhia de Gestão de Recursos Hídricos do Ceará atende uma série de demandas para operações relacionadas a sua eficiente gestão de recursos hídricos, para isso cálculos de volumes, levantamentos cartográficos e topográficos de precisão são fundamentais.

Utilizando-se de pessoal nas áreas de geografia, geologia, engenharia civil e hidráulica, com o uso de instrumentais como GPS geodésicos, Estações totais, sondas para cálculos batimétricos, de vazões anuais a diárias, calculo, aplicando-se ate mesmos questionários de avaliação de modo direto, são utilizados para quantificar possíveis problemas hídricos com adutoras, canais, na segurança de barragens, em suas obras, nos seus planejamentos e estratégias de funcionamento operacionais.

A busca constante por métodos mais eficientes que facilitem e melhorem a quantificação de volumes de águas e de sedimentos dos mais diversos materiais, e principalmente buscando eliminar o risco constante de perdas humanas e de infraestrutura dos seus açudes em áreas com problemas hídricos em potencial, e preconizando o que diz a lei n°12.334 de 20 de setembro de 2010 sobre segurança de barragens fazem com que esta empresa busque sempre o aprimoramento de seu pessoal e de seus métodos de levantamentos e avaliações.

A utilização de drones para calculo de volumes de retirada de sedimentos já mostrou eficiência e aplicabilidade como ferramenta ideal para este fim no açude Medeiros, localizado ao sul do município de Beberibe-CE.

A nuvem de pontos de alta densidade obtida através do processamento das imagens feitas com drone possibilitou o calculo de volumes de pilhas irregulares de sedimentos no sangradouro do açude Medeiros com mais precisão, incluindo desde pilhas de estoque de sedimentos trazidos quando de seu transbordamento até deposito de resíduos deixados quando ainda da sua construção.

2. Materiais e Métodos

Segundo a matemática básica o volume de uma forma representa o espaço tridimensional ocupado por ela, pode-se pensar no volume de um objeto como sendo a quantidade de água (ou ar, areia, etc.) que caberia dentro dele de modo a enchê-lo completamente. As unidades mais comuns de volume são centímetros cúbicos (cm^3), metros cúbicos (m^3), polegadas cúbicas(in^3) e pés cúbicos (ft^3).

Aerofotogrametria segundo *Novo 2018, e a "ciência" ou técnica de se obter medições fidedignas através de fotos aéreas ou terrestres. Hoje com o* processamento das imagens/fotos os computadores oferecem diversas possibilidades de produtos finais a partir de modelos digitais, nuvens de pontos e ortofotos, sendo possível obterem informações sobre relevo, distâncias, tamanhos, alturas de objetos e volumes.

Os softwares de processamento de imagens disponibilizam diversas ferramentas que, com o seu uso, revelam novas funcionalidades à medida que os usuários identificam novas necessidades e aplicações durante os aerolevantamentos, ou seja, esta é uma tecnologia em constante evolução.

Hoje já e possível mapear ou realizar a aerofotogrametria de um local com o uso dos drones, através da programação do vôo pelo computador utilizando um software de planejamento e depois do vôo, com os dados coletados podem ser baixados no computador e, por fim, analisados em plataformas de processamento de imagens.

Em caso recente, a equipe da COGERH realizou mapeamento para geração de nuvens de pontos e conseqüente cálculos de volumes de pilhas de sedimentos que obstruía o sangradouro deste açude, e que ajudou e facilitou o levantamento de custo e hora de máquinas para sua desobstrução.

O objetivo da equipe da COGERH, foi realizar um comparativo entre o método já utilizado na rotina da diretoria de operações e do setor de segurança de barragens, neste caso levantamento por estação total e GPS RTK, e o resultado obtido através da nuvem de pontos gerada pelos processos fotogramétricos das imagens obtidas pelo Drone.

Para assegurar acurácia ao mapeamento e ao comparativo foram implantados 4 pontos de controle em solo conforme figuras de n°1 a 4, devidamente identificados em campo e nas imagens realizadas pelo drone.

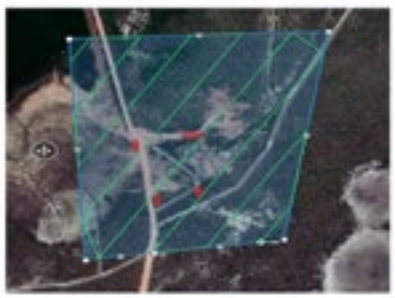
PONTO	EASTING	NORTHING	ELEVAÇÃO
B0	600704,16	9491848,390	41,04
Base-B1	600764,37	9491785,729	41,05
Base-B2	600704,16	9491848,390	41,04
Base-B3	600764,45	9491785,760	41,09

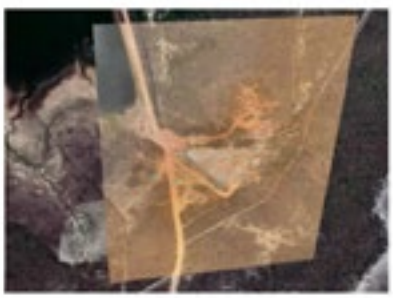
Foi realizada ainda a transferência de RN do IBGE, atrelando os pontos cadastrados e transferidos com DGPS através do GPS GEODÉSICO da TRIBLE R8GNSS r6/5800 e sincronizado conforme a rede geodésica já existente no Ceara, cujo marco inicial de referência encontra-se a menos de 5 km próximo ao canal do trabalhador e cuja base tem a numeração 92143 conforme figuras de n° 5

a 7.

Figuras de 5 a 7 - Base RN IBGE, memorial descritivo e transferência de ponto.

A área aproximada do mapeamento foi de 12 hectares, o planejamento do vôo foi realizado com o software Dronedeploy conforme figuras n° 8 a 10, bem como a escolha da aeronave utilizada foram importantes para o sucesso da medição.





Figuras de 8 a 10 - Área antes do serviço, planejamento de voo e Ortofotocarta já com serviço realizado.

Como a área levantada tinha pequenas dimensões, foi utilizado um drone multirrotor da DJI, um "PHANVICH", um híbrido com características físicas básicas de um Mavich PRO e "maquinário", placa controladora e guimbal de 3 eixos com câmera 4K do Phantom 3 PRO aliada com sensor RGB

de 12MP embarcado, conforme figuras de n°11 e 12.

Figuras 11 e 12 Phanvich em solo e iniciando o levantamento.

O vôo foi executado de modo automático com o softwares DJIGO4 e Drone deploy com altitude de 120 metros, com duração de aproximadamente 8 minutos.

As sobreposições utilizadas foram de 60% frontal e 70% lateral com aproximadamente 86 fotos com perfeita posicionamento de 90° em relação ao solo e cuja resolução em pixel girou em torno de 7,4cm/pixel o que permitiu a confecção de ortofotos e ortomosaico de alta definição

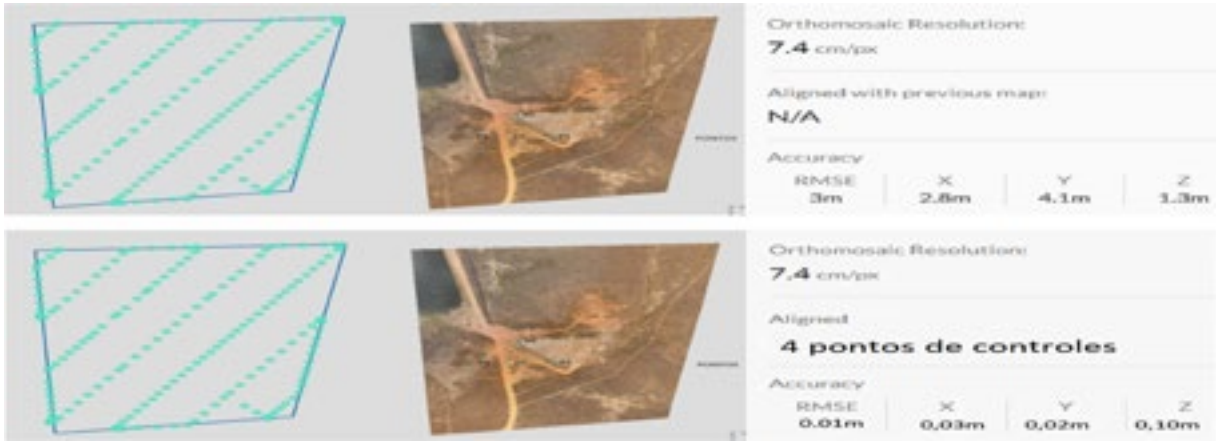
conforme figuras de n°13 a 15.

Figuras de 13 a 15 - Realização do Vôo e ortofotos ajustadas e georeferenciadas.

O tempo total para execução dos serviços em campo foi de 3 horas, incluindo refinamento do planejamento do vôo, locar e ocupar o ponto de apoio geodésico do IBGE em campo, definição dos locais dos pontos de controle, demarcação e coleta dos mesmos, bem como pré-processamento das imagens para conferência de qualidade do mosaico e das sobreposições das imagens.

A precisão mostrou um erro médio entre o local em que o GPS do DRONE informou que a câmera estava, comparado com o ponto onde o software realinhou onde a câmera deveria estar para que as imagens sobrepostas fossem costuradas ou ortorretificadas com menor erro possivel.

Isso não indicou somente a precisão do mapa, mas indicou também onde os locais esperados da câmara deveriam ficar, com a correção através do 4 pontos de controle foi definido uma maior precisão dos dados. RMSE é o erro médio da raiz quadrada, e isso forneceu a precisão em todas as

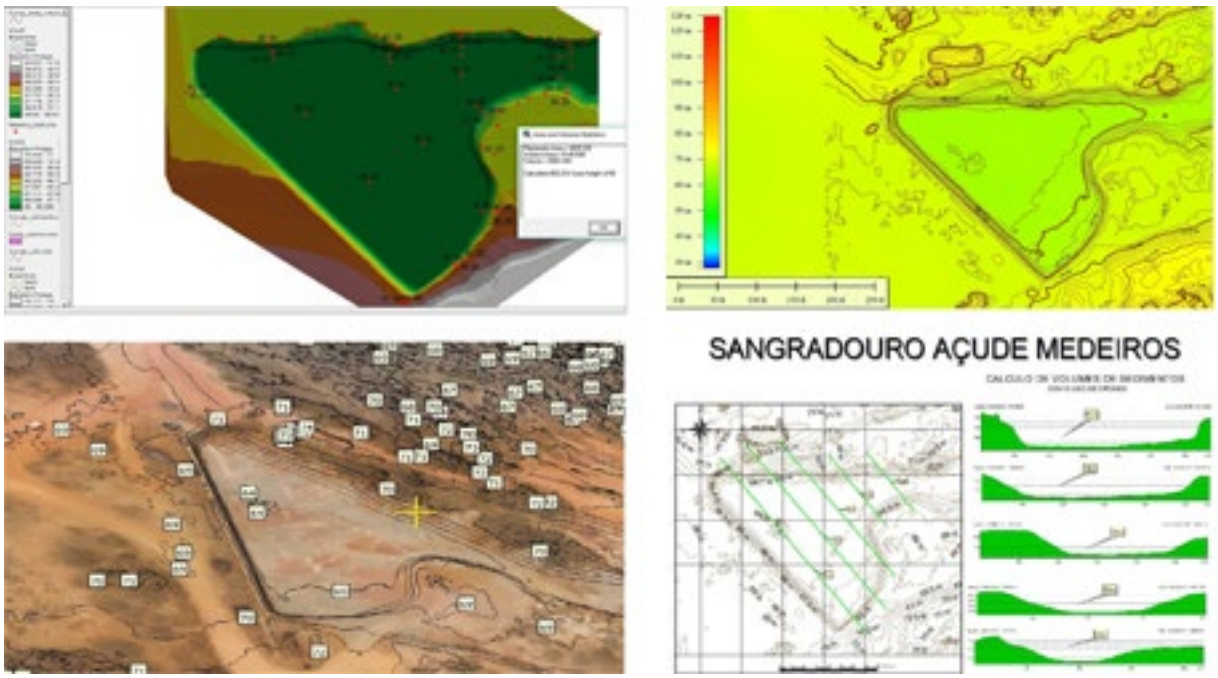


direções X, Y e Z. Conforme figuras n° 16 e 17

Figuras 16 e 17 – Precisão sem e com controle de pontos.

3. Resultados e discussões

Vários foram os produtos gerados: Para o cálculo dos volumes foi utilizado a nuvem de pontos de alta densidade ajustada com pontos de controle em campo, modelos digitais de elevação MDE e modelos digitais de terreno MDT gerada através do software AGISOFOTOSCAN conforme figuras de n°18 a 21. Além da nuvem de pontos e os volumes calculados, foram disponibilizados para a diretoria de operações da COGERH, o mosaico ortorretificado, o modelo digital de superfície, o modelo tridimensional da área, os relatórios de aerotriangulação e os valores estimados de sedimentos.



Figuras de 18 a 21, MDT, MDE, ortofotocarta e perfis topográficos com calculo de volumes.

Os resultados alcançados dos cálculos dos volumes obtidos através da nuvem de pontos foram satisfatórios para o setor de operações da COGERH, apresentando diferenças aceitáveis, quando comparados com os métodos já utilizados e com a operação realizada com a retirada efetiva do montante de sedimentos feita com retroescavadeira e caminhões caçambas conforme figuras de n°22 a 25.

Figuras 22 a 25 Antes e depois da obra de desobstrução do sangradouro

Valores Comparados de sedimentos:

V Est Drone	V Est Obra	Erro
8.960,36m³	10.000 m³	10.1%

No total foram retiradas um volume aproximado de 10.000m³ com extração realizada por uma empresa terceirizada da COGERH, o volume calculado pelo modelo gerado pelo levantamento com drone girou em torno de 8.960,36m³ com um erro aproximado de 10%, salientamos, porém que os valores efetivos da obra da COGERH foram feitas por estimativa do número de viagens das caçambas usadas para esta operação que giraram em torno de 1.000, com uma carga básica de 10m³ cada uma.

Considerações finais

A grande vantagem da utilização de Drones para este fim, foi à facilidade de realizar medições regularmente, agilizando o gerenciamento e o monitoramento de ações em obras de recursos hídricos realizadas pelo setor operações da COGERH.

É uma ferramenta para ser utilizada não só para gerenciamento e monitoramento de obras, mas também em fiscalização de outorgas e licenças e locação de novos empreendimentos hídricos.

Desta forma, visto a operacionalidade do uso deste instrumental a COGERH já ministrou curso sobre o uso destas ferramentas para 20 colaboradores de campo e está iniciando a compra de 10 drones profissionais com RTK instalado.

Referências Bibliográficas

1. Barboudakis M. (1998) "Environmental impacts research of the upstream flood protection constructions of Giofyros hydrological basin", Organization of development for eastern Crete, December 1998.

2. Burn D.H. and Boorman D. (1993) "HEC-RAS. (1995, 1998) "River Stability Analysis". U. S. Army Corp of Engineers. USA.

3. EBOOK – Aerofotogrametria com Drones – Conceitos Basicos, Horus Aeronaves, 2018

4. Vantes e Drones - A Aeronautica a serviço de todos 2° Edição, (2018). Muretto, Luis Editora Contexto. BR.

5. Uso do Sensoriamento Remoto e Aerofotogametria – NOVO, Evilin (2016). Luis Editora Contexto. BR.

6. V. Hydraulic Engineering Circular N° 20. U. S. Department of Transportation. Federal

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DIAGNÓSTICO DA FRAGILIDADE EMERGENTE NO MUNICÍPIO DE CASTELO (ES) UTILIZANDO GEOTECNOLOGIAS

Vinícius Vieira Pontini [(a)], André Luiz Nascentes Coelho [(b)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, pontinivini@gmail.com

[(b)] Departamento de Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, alnc.ufes@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente trabalho pretende definir classes de Fragilidade Emergente (ROSS, 1994) no município de Castelo (ES) por meio do uso concomitante de Sistemas de Informações Geográficas e produtos de Sensoriamento Remoto, possibilitando a constatação da Fragilidade no município por meio do tratamento de imagens orbitais e suborbitais e a integração com outras fontes de dados. O suporte teórico conceitual contou com autores como Corrêa, Florenzano e Nunes, além de outros que discutem a organização espacial, aplicações geotecnológicas em estudos ambientais e desastres. A metodologia empregada, além de expor a problemática socioambiental da área, se apresenta como uma ferramenta acessível e complementar aos mapeamentos oficiais de áreas frágeis em Castelo, além de poder ser aplicada em outros recortes espaciais e ser um importante instrumento para tomadas de decisões e planejamento, como o Plano Diretor Municipal.

Palavras chave: Aplicações Geotecnológicas; Desastres; Castelo (ES); Fragilidade Emergente.

1. Introdução

As populações humanas crescem a nível global e demandam uma quantidade cada vez maior de recursos para acompanhar este crescimento, como água, alimentos, energia, moradia, dentre outros. A organização espacial, ou seja, o conjunto de objetos de criação antrópica e dispostos sobre a superfície terrestre, é um meio de vida no presente (produção), mas também uma condição para o futuro (reprodução) (CORRÊA, 1990), sendo de fundamental importância compreender a configuração natural dos terrenos antes de ocupá-los, executando uma organização espacial que respeita as condicionantes físicas.

Todavia, o histórico desses processos no Brasil mostra que, em muitos casos, estes se dão de maneira predatória e degradante, materializada sobretudo na urbanização crescente das cidades, planejada e executada, em muitos casos, por atores privados e membros sociedade civil que não levam em consideração a dinâmica do ambiente físico onde estão construindo, onde é comum o emprego do termo "falta de planejamento". Como consequência, desencadeiam-se diversos danos socioambientais, como inundações e alagamentos em várias cidades e deslizamentos em encostas com ocupações irregualares, evidenciando um ordenamento e uma gestão territorial em conflito com os elementos naturais.

Castelo, município localizado no sul do Espírito Santo (Figura 1) possui a terceira maior população estimada da região, totalizando 38.304 habitantes, ficando atrás do município vizinho de Cachoeiro de Itapemirim (211.649) e de Marataízes (38.670) (IBGE, 2017). A sede municipal de Castelo, que também é a área mais urbanizada, foi matearilizada às margens dos dois principais rios que cortam o município: Castelo e Caxixe. Tal fato vai de encontro à concepção de que os rios e as suas áreas marginais são locais visados há milhares de anos pelo homem em função não apenas da fundamental importância da água para a sua sobrevivência, mas também, com o avanço técnico-científico e com mudanças culturais, econômicas, políticas e sociais mais recentes historicamente, para fins industriais, de irrigação de áreas cultivadas, recreação, turismo, dentre outras finalidades de natureza antrópica, favorecendo o surgimento e a expansão de núcleos urbanos (CUNHA, 2001). Ademais, o município apresenta um relevo

acidentado e abriga o segundo ponto mais alto do Espírito Santo – Pico do Forno Grande, com 2093m de altitude aproximada. A sede municipal, por sua vez, apresenta um relevo igualmente irregular, com ocupações em áreas topograficamente baixas, próximas às margens dos rios, e também em áreas mais altas.

Figura 1 – Mapa de localização de Castelo.

Essas e outras características físicas aliadas à interferência antrópica propiciam a formação de um cenário vulnerável à ocorrência de desastres no município de Castelo, que apresenta um histórico significativo de registros dessa natureza. Desastres são provocados por processos que envolvem grande quantidade de variáveis geofísicas, tais como o relevo, a hidrografia e a precipitação e que podem ser acentuados por condicionantes socioeconômicas (SAUSEN; LACRUZ, 2015). Dessa forma, faz-se necessário realizar estudos visando a análise

da Fragilidade em escala municipal, como os desenvolvidos a partir do emprego da metodologia de Ross (1994), que envolve a integração entre as características físicas e as interferências antrópicas, possibilitando identificar graus de Fragilidade Emergente ou Ambiental.

No tocante à Fragilidade Emergente, é comum encontrar discussões com o uso de conceitos como risco, vulnerabilidade e suscetibilidade que, embora apresentem conexões, possuem significados distintos. Moraes (2017) compreende risco como uma situação percebida como perigosa na qual se está suscetível ou os efeitos podem ser sentidos, podendo ter múltiplas abordagens e englobando as esferas social, ética e técnica. Alheiros (1996) argumenta que a vulnerabilidade expressa o grau das perdas materiais e humanas frente à um desastre, ao passo que a suscetibilidade representa a fragilidade do meio físico frente a eventos geofísicos, como deslizamentos e inundações. Outra concepção de desastre é defendida por Nunes (2015), para a qual é entendido como uma construção social, produto da interação conflituosa entre uma organização social e processos naturais.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), os produtos e as técnicas de Sensoriamento Remoto (SR) além do *GPS* de navegação são importantes aportes geotecnológicos para e execução deste tipo de metodologia, trazendo à tona um arsenal de possibilidades analíticas de estudos ambientais. Neste contexto, Fitz (2008) afirma que o avanço das geotecnologias tem culminado em uma maior influência na produção da pesquisa geográfica moderna. As imagens acessíveis e gratuitas de satélites como da série *Landsat*, *Cbres*, *Resourcesat*, *Sentinel*, entre outros, por recobrirem sucessivas vezes a superfície da Terra, possibilitam o estudo e o monitoramento de fenômenos naturais dinâmicos do meio ambiente, como inundações, queimadas e tempestades (FLORENZANO, 2011).

Para fins de diagnóstico da Fragilidade Ambiental, é imprescindível a utilização de geotecnologias para extrair, tratar e analisar os diferentes dados que podem ser empregados na problemática proposta, como imagens de satélites orbitais. Ambientes urbanos e periurbanos, como a sede municipal de Castelo incluem áreas ambientalmente sensíveis, como áreas em

bacias hidrográficas urbanizadas que viabilizam o escoamento para mananciais de abastecimento de água potável (JENSEN, 2009). Como argumenta Fitz (2008), o avanço tecnológico que tem provocado maior influência na pesquisa geográfica está relacionado à ascensão das geotecnologias, especialmente os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e o Sensoriamento Remoto (SR), sendo necessário que os diversos profissionais procurem conhecê-lo, unindo os aspectos teóricos e práticos de seu uso.

Assim, este trabalho tem como objetivo geral definir sob uma perspectiva geográfica integrada classes de Fragilidade Emergente no município de Castelo (ES) através da modelagem em ambiente SIG com o uso concomitante de produtos e técnicas de SR.

Especificamente busca-se aprofundar as possibilidades da aplicação de geotecnologias para o desenvolvimento da problemática proposta, destacar as principais etapas da modelagem e possibilitar tomadas de decisões no município, a exemplo da (re)elaboração de planejamentos ambientais e urbanos, como o Plano Diretor Municipal.

2. Materiais e métodos

Com o intuito de se atingir os objetivos propostos, a pesquisa foi fragmentada em duas principais etapas, com metodologia similar à utilizada por Deina e Coelho (2016). Na primeira, fez-se a obtenção de referencial bibliográfico e documental sobre a problemática, como artigos, dissertações, livros e documentos oficiais sobre registros de desastres em Castelo. Assim, foi possível selecionar e compilar um material adequado e que pudesse nortear todo o percurso da pesquisa. Também foram adquiridos planos de informações (*shapefiles*): Limite Estadual (IBGE, 2015) e Hidrografia, Localidade, Município, Rodovia, Solos e Uso e Cobertura da Terra (IJSN, 2013); imagem de satélite da série *DigitalGlobe*, disponível no bando de dados do *software ArcGIS* 10.5, com data de passagem em 03 de outubro de 2015; e dados topográficos da Missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM1S21W041V3) com resolução de 30

metros (USGS, 2014). Em adição a isso, foram adquiridos dados pluviométricos para o Espírito Santo e, especialmente, para Castelo, junto à Agência Nacional das Águas (ANA, 2012).

Em um segundo momento, os dados vetoriais e matriciais foram processados no *software ArcGIS* 10.5 e ajustados, conforme a necessidade, ao sistema de projeção *UTM*, Datum *SIRGAS* 2000, Zona 24 S (IBGE, 2005). O processo de confecção de Fragilidade Emergente se iniciou com a definição de coeficientes de importância entre 1 a 5 de acordo com Ross (1994), com a adaptação das características socioambientais do recorte espacial estudado, com o valor 5 representando o mais alto grau de Fragilidade e da definição do tamanho das células de 30 x 30 metros, compatíveis com a escala da área analisada.

A variável declividade provém do dado *SRTM* recortado no limite de Castelo, gerando a declividade e reclassificado com o uso das classes de relevo (EMBRAPA, 2006) e dos coeficientes a seguir: Plano (0 a 3% de declividade) = 1; Suave ondulado (3 a 8% de declividade) = 2; Ondulado (8 a 20% de declividade) = 3; Forte ondulado (20 a 45% de declividade) = 4; e Montanhoso (45 a 75% de declividade) = 5.

A variável hipsometria também é oriunda do dado *SRTM* recortado no limite do município e reclassificado com o emprego das seguintes cotas altimétricas e dos seguintes coeficientes: 79 a 199m = 5; 199 a 999m = 3; e 999 a 2099m = 1.

A variável pluviosidade foi interpolada para que as informações dos registros históricos de precipitação anuais no estado do Espírito Santo pudessem ser espacializadas. Após, os dados interpolados, compreendendo o período de 1939 a 2011 para Castelo, foram recortados no limite do município e reclassificados em seis gradientes pluviométricos (1279-1399mm; 1339-1399mm; 1399-1459mm; 1459-1519mm; 1519-1579mm; 1579-1639mm), para os quais foram atribuídos o coeficiente 2.

A variável solo foi extraída do plano de informação vetorial "Solos" recortado no limite de Castelo e, após, foi dissolvida nas tipologias de solos com a criação de um campo numérico "Peso" na tabela de atributos com a utilização das seguintes classes e coeficientes:

Latossolo Amarelo Distrófico típico = 1; Chernossolo Argilúvico Órtico = 3; Argissolo Vermelho Eutrófico nitossólico, Argissolo Vermelho Eutrófico típico, Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico e Cambissolo Háplico Distrófico típico = 4; e Neossolo Litólico Distrófico = 5.

A variável uso e cobertura da terra deriva do plano de informação vetorial "Usos" recortado no limite de Castelo que foi dissolvido nas tipologias de usos com a criação de um campo numérico "Peso" na tabela de atributos com a aplicação das seguintes classes e coeficientes: Floresta = 1; Água = 2; Mineração e Silvicultura = 3; Cultura agrícola e pastagem = 4; e Afloramento rochoso e Urbano = 5.

A combinação das variáveis culminou na modelagem do mapa de Fragilidade Emergente por meio da função "*Raster Calculator*", expressa pelo seguinte cálculo: Fragilidade Emergente = [(declividade + hipsometria + pluviosidade + solo / 4) + uso e cobertura da terra / 2]. Com o mapa gerado, houve a reclassificação em 5 classes de Fragilidade: Muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta.

3. Resultados e discussões

Além do mapeamento da Fragilidade Emergente de Castelo (Figura 2), foi possível quantificar a porcentagem de cada classe de Fragilidade em relação à área do município, além de calcular as suas áreas (km²) (Tabela I).

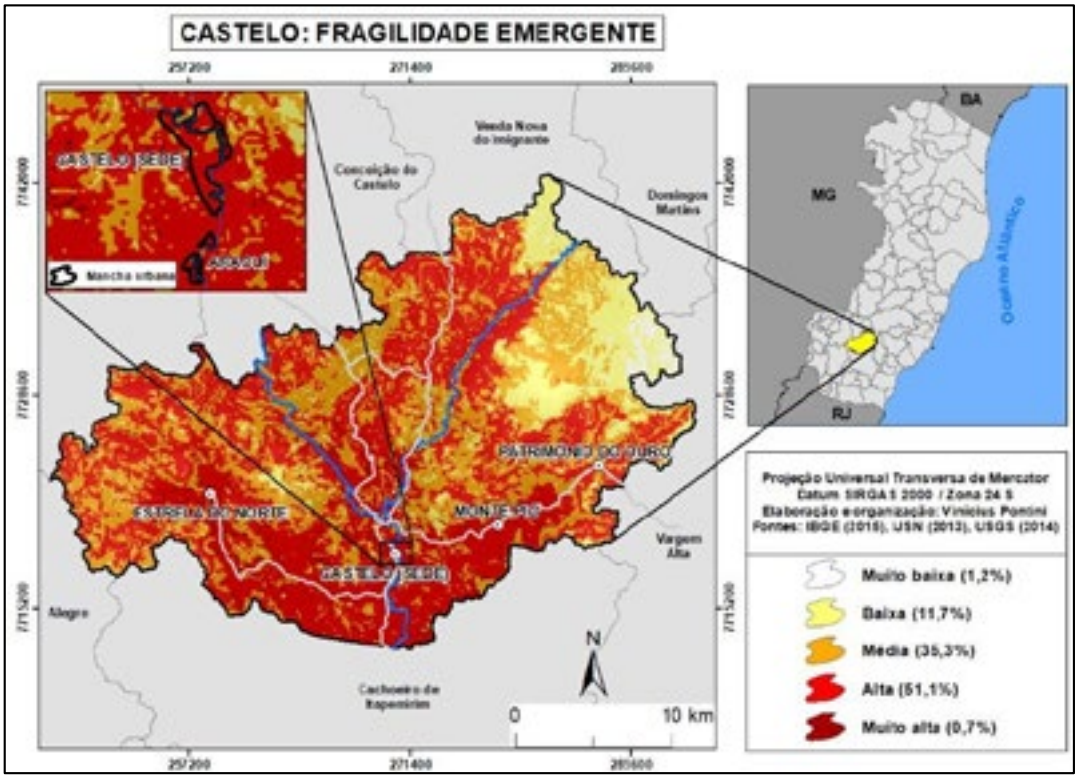


Figura 2 – Distribuição das classes e percentuais de Fragilidade Emergente em Castelo.

Tabela I – Classes de Fragilidade Emergente, suas áreas e seus percentuais em relação a Castelo e à Sede e Aracuí.

Classes de Fragilidade Emergente	Área (km²)		Percentual (%)	
	Castelo	Sede e Aracuí	Castelo	Sede e Aracuí
Muito Baixa	7,7	-	1,2	-
Baixa	77,6	0,018	11,7	0,47
Média	233,3	0,59	35,3	15,03
Alta	338,6	3,3	51,1	83,9
Muito Alta	4,4	0,02	0,7	0,6
TOTAL	661,6	3,93	100	100

Dentre as classes mapeadas se destaca a "alta", que é a predominante tanto em Castelo em sua totalidade quanto na sede municipal e no distrito de Aracuí, os dois principais núcleos urbanos no município, sendo que nestes dois últimos ocupa quase 84% da área total. Ademais, o mapeamento revela que grande parte dos níveis de Fragilidade identificados vão de médio a alto, evidenciando modelos de planejamento urbano e ambiental deficientes.

4. Considerações finais

Com o emprego da metodologia de Ross (1994) adaptada à área de estudo, foi possível expor o cenário de Fragilidade Emergente de Castelo por meio da inter-relação de aspectos fisiográficos e a ação antrópica por meio da urbanização. Assim, evidencia-se a importância do arsenal tecnológico conhecido como geotecnologias enquanto instrumento de análise espacial no contexto contemporâneo, auxiliando seus utilizadores a discutir diversas problemáticas.

Ademais, espera-se que esta pesquisa, ao explanar a problemática abordada em Castelo utilizando ferramentas acessíveis e que podem ser aplicadas em outros recortes espaciais, como municípios e bacias hidrográficas, auxilie na revisão ou mesmo na elaboração de planejamentos socioambientais na área, a exemplo do Plano Diretor Municipal e do Plano de Drenagem Urbana, prevenindo e mitigando os reflexos de desastres no município.

5. Referências Bibliográficas

ALHEIROS, M. M. Avaliação econômica de perdas ambientais na análise de riscos geológicos. In: 1º Encontro Nacional da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica – ECOECO, 1996, Campinas (SP). **Anais...** ECOECO. 1996, p. 1-3. Disponível em: <http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/i_en/mesa4/3.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Portal *HidroWeb*.** Dados pluviométricos vetoriais da estação Castelo. 2012. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 05 set. 2017.

CORRÊA, R. L. Organização espacial**.** In: **Região e organização espacial.** 3ª ed. São Paulo: Ática, 1990. p. 51-60.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.) **Geomorfologia:** uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 211-252.

DEINA, M. A.; COELHO, A. L. N. Avaliação da fragilidade emergente na bacia hidrográfica do rio Jucu. In: VI SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016, Maringá (PR). **Anais...** Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2016. p. 1-12.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Brasil em Síntese:** Castelo, Cachoeiro de Itapemirim e Marataízes. 2017. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 12 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapas interativos do IBGE:** base de dados geográficos. 2015. Disponível em: <http://ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 18 set. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Resolução INGE nº 1/2005 que altera a caracterização do referencial geodésico brasileiro, passando a ser o SIRGAS-2000 (2005)**. Disponível em: < ftp://geoftp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf >. Acesso em: 16 mar. 2017.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES / COORDENAÇÃO DE GEOPROCESSAMENTO – IJSN/CGEO. **Base de dados geográficos:** 2013. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br>. Acesso em: 17 set. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. **Catálogo de imagens *OLI*/*Landsat* 8.** Disponível em: <http//www.dgi.inpe.br/cdsr/>. Acesso em: 17 set. 2017.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto no ambiente:** uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese Editora, 2009. 672 p.

MORAES, M. M. B. **As ocupações irregulares e suas relações com as áreas de risco no espaço urbano de Cariacica-ES:** o caso de Porto de Santana. 133 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Vitória, 2017.

NUNES, L. H. **Urbanização e desastres naturais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 112 p.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo,** n. 8, 1994. p. 63-74.

SAUSEN, T. M.; LACRUZ, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres.** São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 288 p.

SISTEMA INTEGRADO DE BASES GEOESPACIAIS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – GEOBASES. **SEDURB – Áreas de risco geológico.** 2014. Disponível em: <http://mapas.geobases.es.gov.br/ArcGIS/rest/services/SEDURB/SEDURB_AREAS_DE_RISCO/MapServer/19>. Acesso em: 15 maio 2018.

USGS – United States Geological Survey. **Earth Explorer**. *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM (SRTM1S21W041V3 *publication*: 23-SEP-14). Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 04 set. 2017.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DISCRIMINAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E USO DAS TERRAS A PARTIR DE SÉRIES TEMPORAIS DO SENSOR MODIS NO MUNICÍPIO DE EUCLIDES DA CUNHA-BA

Udmilla Moura Contes Fortunato[a], Lucas Amorim Fernandes[b], Elane Fiúza Borges[c]

[a] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, udfortunato@gmail.com
[b] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, lucas.amorimfernandes@gmail.com
[c] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, elaneborges@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

Este estudo tem como objetivo analisar o comportamento espectro-temporal de classes representativas da cobertura vegetal e uso das terras no município de Euclides da Cunha-BA, caracterizando as diferentes classes e as mudanças naturais e antrópicas ocorridas no período de 2001 a 2017, bem como associar tais dados com os mapas temáticos produzidos pelo MAPBIOMAS. Os dados utilizados foram séries temporais de imagens de EVI do sensor MODIS, as quais foram filtradas e suavizadas pelo método Savitzky-Golay no programa Timesat. Os espectro-temporais foram extraídos das classes representativas de cobertura vegetal e uso das terras identificadas pelo MAPBIOMAS para a área de estudo. O filtro minimizou os ruídos temporais das assinaturas e estas foram analisadas considerando os valores de amplitude de EVI. Os resultados obtidos através das assinaturas espectro-temporais indicam que a formação florestal como a classe com valores de EVI mais elevado e a infraestrutura urbana com os menores valores de EVI.

Palavras chave: Caatinga, EVI, Timesat.

1. Introdução

A Caatinga é um bioma rico em biodiversidade e recursos naturais, ocupa uma área equivalente a 11% do território nacional (MMA, 2018). O estudo das alterações no padrão da cobertura vegetal e uso da terras no bioma Caatinga pode ser realizado por meio de dados multitemporais como o do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS)

que através do produto MOD13Q1 disponibiliza séries temporais de composição de imagens de 16 dias, a partir das quais foi produzido o *Enhanced Vegetation Index* - EVI (INPE, 2003). O uso desses dados tornou-se crescente para monitoramento da cobertura vegetal e do uso das terras (RUDORFF et al., 2007).

Para SANO (2015) o "uso de séries temporais do sensor MODIS pode ser considerado de grande valia para a detecção rápida de desmatamentos". Assim, através das séries temporais de índices de vegetação torna-se possível monitorar a dinâmica da vegetação a partir da extração de assinaturas espectro-temporais específicas para classes de uso e cobertura vegetal.

Neste âmbito, surgem estratégias de monitoramento e análise da dinâmica do uso e cobertura do solo. Um dos principais projetos é o Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MAPBIOMAS) que de forma rápida e atualizada quantifica e qualifica os processos e alterações dos biomas brasileiros, através da geração de mapas temáticos anuais (MAPBIOMAS, 2019). O objetivo deste trabalho consistiu em analisar o comportamento espectro-temporal de classes representativas da cobertura vegetal e uso das terras no município de Euclides da Cunha-BA. A partir das séries temporais espera-se caracterizar as diferentes classes naturais e antrópicas entre os anos de 2001 a 2017, bem como associar tais dados com os mapas temáticos produzidos pelo MAPBIOMAS.

2. Materiais e Métodos

O município de Euclides da Cunha localiza-se no nordeste do estado da Bahia (Figura 1), possui área de 2.028,421 km² (IBGE, 2010) e está inserido no bioma Caatinga. A tipologia climática predominante no município é BSwh' segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes e invernos que variam de quentes a frios e com precipitação mínima (KÖPPEN, 1948). A precipitação anual varia positivamente de oeste para leste, entre 650 e 750 mm, com temperatura média anual em torno de 24,5ºC (PEIXOTO, et al., 2001).

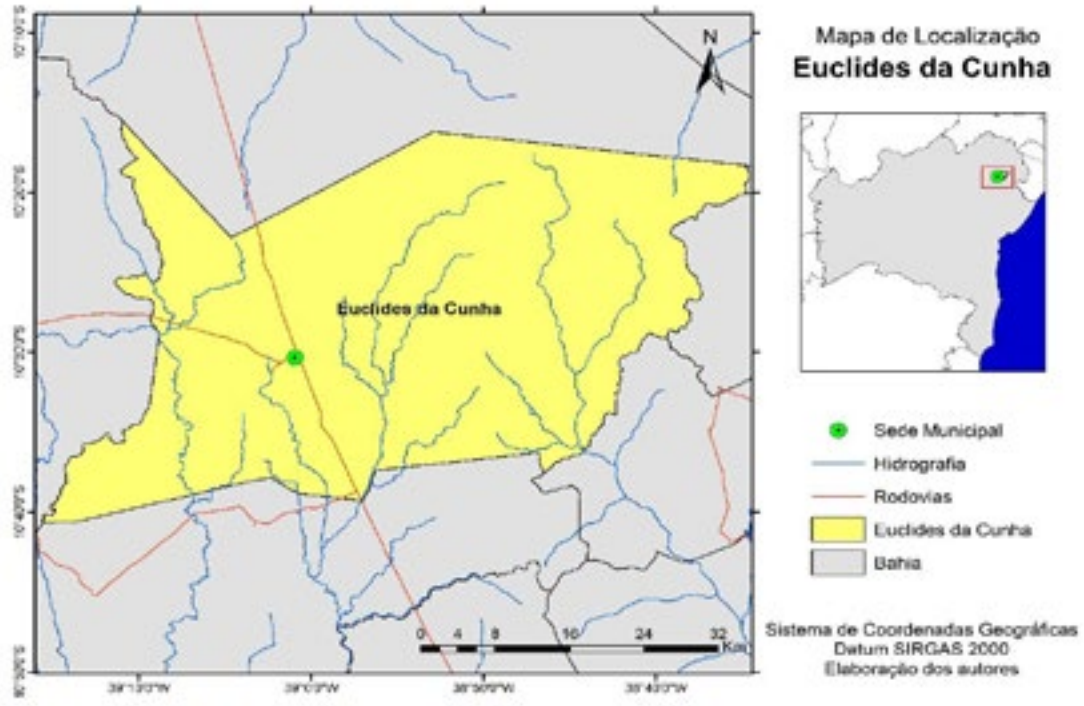


Figura 1 – Mapa de localização do município de Euclides da Cunha-BA.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi realizada a revisão bibliográfica acerca dos principais conceitos para embasar o referencial teórico-metodológico, são eles: sensor MODIS, uso do solo e cobertura das terras, séries temporais e índice de vegetação, Filtros temporais.

Adquiriram-se imagens MODIS/Terra do produto MOD13Q1 (Vegetation Index 16-Day L3 Global 250 m) que contém o índice de vegetação EVI, através do sítio eletrônico (http://www.modis.cnptia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home), desenvolvido pela Embrapa com o objetivo de facilitar o acesso público aos dados do sensor MODIS. As principais características dos dados são: resolução espacial de 250 m e temporal de 16 dias, Datum WGS-84, formato Geotiff. Foram adquiridas 391 imagens para um período compreendido entre os anos de 2001 e 2017, sendo 23 imagens por ano. Esses dados foram recortados no software ENVI conforme o limite da área de estudo e organizados cronologicamente para compor a série temporal.

A série temporal foi filtrada no programa TIMESAT (EKLUNDH e JÖNSSON, 2015) que objetiva principalmente analisar séries temporais e gerar métricas fenológicas. A suavização de séries temporais consiste em uma etapa necessária, pois geralmente são contaminadas por ruídos, o que implica no uso de filtros para removê-los ou minimizá-los (SANTANA et al., 2010).

O método de filtragem utilizado foi o *Savitzky-Golay* que realiza a suavização da curva ao utilizar ajuste linear de mínimos quadrados através de sucessivas equações polinomiais (SATVeg, 2018). Esse método é baseado em média móvel, cujo valor da janela é pré-estabelecido conforme a natureza do ruído, sendo considerado mais flexível, em relação à suavização dos espectros temporais, quando comparado aos demais filtros implementados no Timesat (SANO, et al., 2015).

Também foram utilizados mapas temáticos provenientes do projeto Mapbiomas para o período de 2001-2017 derivados de um mosaico de imagens dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8, cuja resolução espacial foi de 30 m. As classes de uso e cobertura das terras identificadas foram, Formação Florestal, Formação Savânica, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Infraestrutura Urbana e Outra área não vegetada (Figura 2). Os mapas temáticos correspondentes foram importados para o software *TerrSet* 18.31.

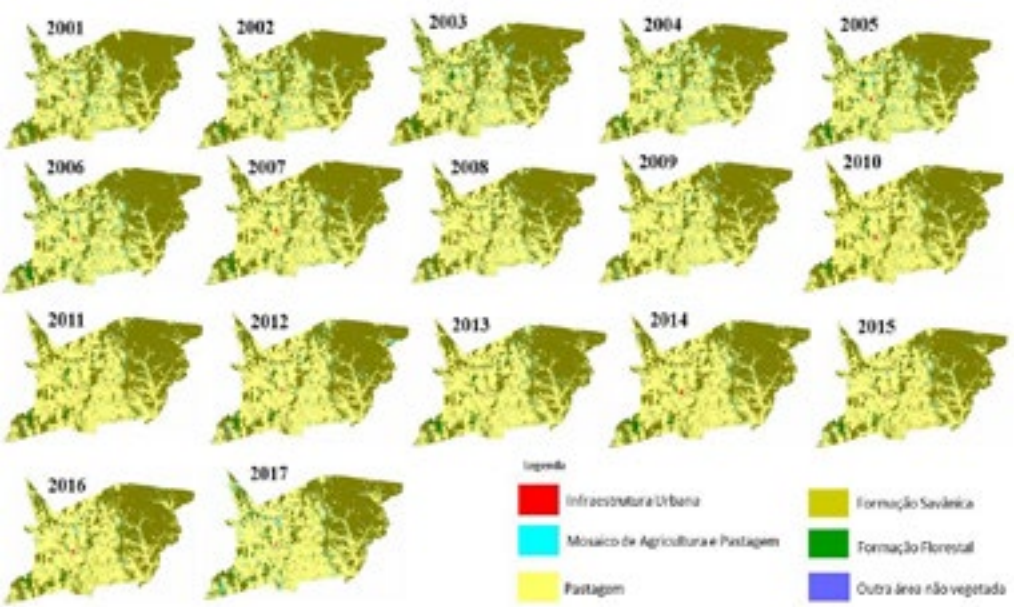


Figura 2 – Mapas temáticos do projeto Mapbiomas do município de Euclides da Cunha para os anos de 2001 a 2017.

Foram coletados pontos (pares de coordenadas), para cada categoria de uso e cobertura vegetal, exceto para a classe “Outra área não vegetada”. Estes foram importados para o ENVI e sobrepostos a série temporal de EVI a fim de extrair a assinatura espectro-temporal do pixel correspondente ao ponto, obtendo assim a identificação dos espectro-temporais correspondentes. Para facilitar o entendimento da metodologia adotada nesta pesquisa o fluxograma apresentado na Figura 3 ilustra as principais etapas utilizadas.

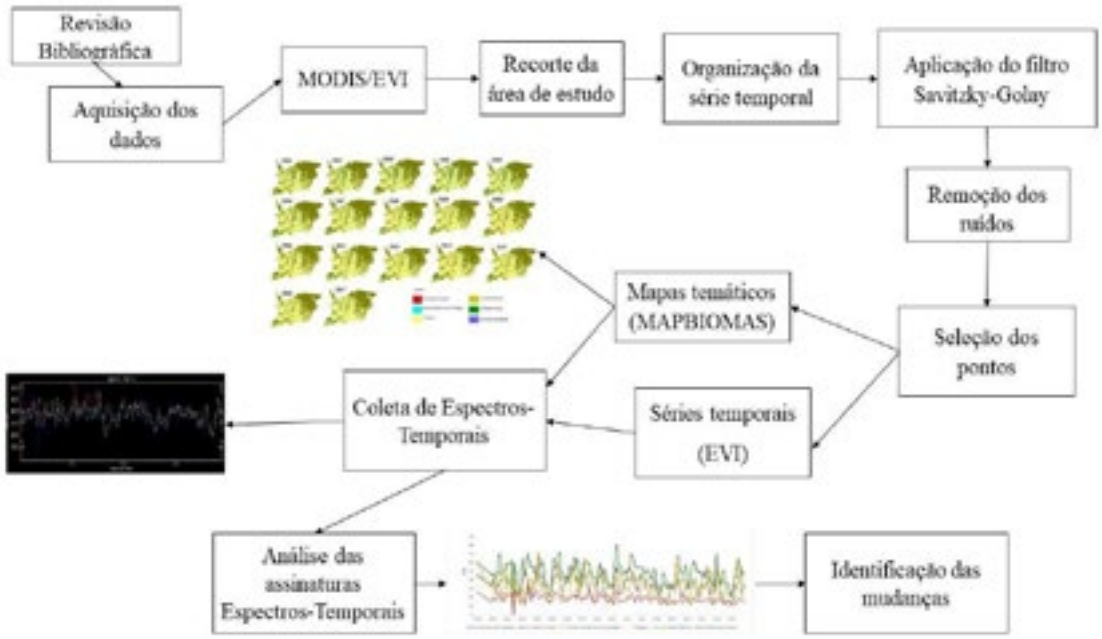


Figura 3 – Fluxograma dos principais procedimentos metodológicos utilizados.

3. Resultados e Discussões

As assinaturas espectro-temporais correspondem a 391 valores de EVI da série do sensor MODIS adquiridos entre os anos 2001 a 2017. Essas curvas apresentam movimentos cíclicos correspondentes a sazonalidade presente em cada fitofisionomia ou classe de uso, associadas aos fatores do clima, relevo e uso do solo, tornando possível detectar tendências e mudanças na dinâmica da cobertura vegetal.

As análises dos espectros demonstraram ruídos nos valores brutos de EVI, geralmente causados pelas limitações oriundas de cobertura de nuvens e/ou por ângulos de incidência relativamente elevados do sensor (COUTO, et al., 2013; BORGES, et al., 2014). Assim como recomendam Shao et al. (2016), para diminuir o efeito dos ruídos, aplicam-se técnicas de filtragem para suavização das séries temporais.

Neste estudo, aplicou-se o filtro Savitzky-Golay, indicado como o mais eficiente para minimizar ou eliminar ruídos sem modificar o padrão da assinatura espectro-temporal do

índice de vegetação (ADAMI, 2010; ARVOR et al., 2011; CHAVES et al., 2017). Na comparação entre assinaturas de pixels filtrados e não filtrados nota-se de maneira geral o desempenho do filtro na suavização de valores excessivamente altos e baixos (Figura 3).

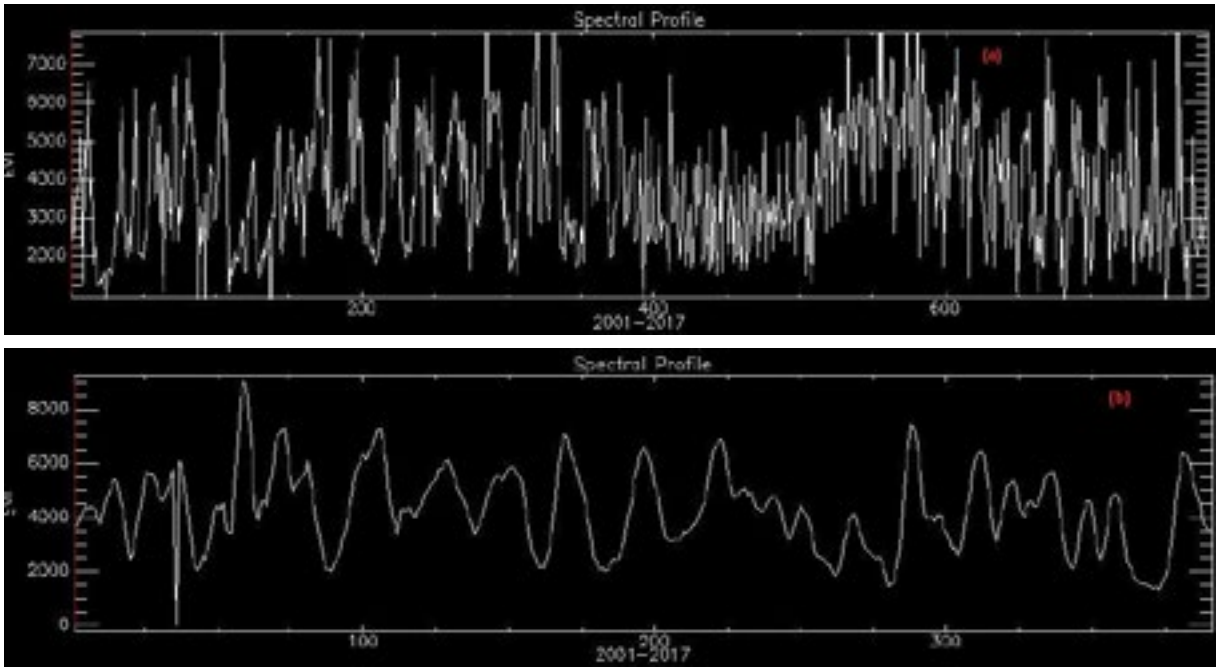


Figura 3. Assinaturas espectro-temporais de pixels não filtrado (a) e filtrado (b).

A Figura 4 mostra a série temporal correspondente à formação florestal, nessa observa-se que a classe alcança um padrão acentuado nos valores de EVI, com valor máximo de 0,8. Porém, ressalta-se que a classe está inserida no bioma Caatinga, assim existindo interferência da sazonalidade climática, especialmente da pluviosidade, possibilitando que a fitofisionomia também apresente valores mínimos, tal como, 0,08, o que indica baixa atividade fotossintética (ARAI, et al., 2009).

Analogamente estudo feito por Sano (2015) no bioma Cerrado no município de São Miguel do Araguaia, a mesma classe apresentou valores médios de EVI de 0,24, que pode ser explicado pela densidade da cobertura vegetal, decorrente de sazonalidade climática regular, diferentemente da Caatinga.

Figura 4. Assinatura espectro-temporal da classe Formação Florestal.

A Figura 5 representa a série temporal da classe Infraestrutura Urbana, nota-se que apesar de não possuir valores de EVI elevados, quando comparada às demais classes identificadas, a partir de 2012 há redução abrupta destes, variando do máximo de 0,33 a mínimo de 0,11, indicando a substituição de outra classe, mais especificamente, aumento das áreas edificadas e redução de remanescentes de vegetação nas áreas consideradas urbanas.

Figura 6. Assinatura espectro-temporal da classe Infraestrutura Urbana.

A classe Formação Savânica, representada na Figura 7, apresentou alterações consideráveis nos valores de EVI, principalmente a partir do ano 2012, as quais podem estar relacionadas às alterações da vegetação como também a alguma interferência climática devido aos efeitos da sazonalidade. O valor mais elevado de EVI encontrado foi de 0,65 no ano 2017

e o valor mínimo foi 0,08. Enquanto no bioma Cerrado a formação savânica apresentou valores médios de EVI variando de 0,26 a 0,38 (BORGES et al., 2014).

Figura 7. Assinatura espectro-temporal da classe Formação Savânica.

A assinatura de Pastagem, representada na Figura 8, apresentou valores de EVI não muito elevados quando comparada às demais assinaturas espectrais. Essa classe apresentou valor máximo de 0,55 em 2013 e valor mínimo de 0,08, sendo que a partir de 2011 é perceptível na assinatura espectro-temporal redução nos valores de EVI, tendo possivelmente ocorrido processos de degradação que podem ocasionar a diminuição gradativa da vegetação no município.

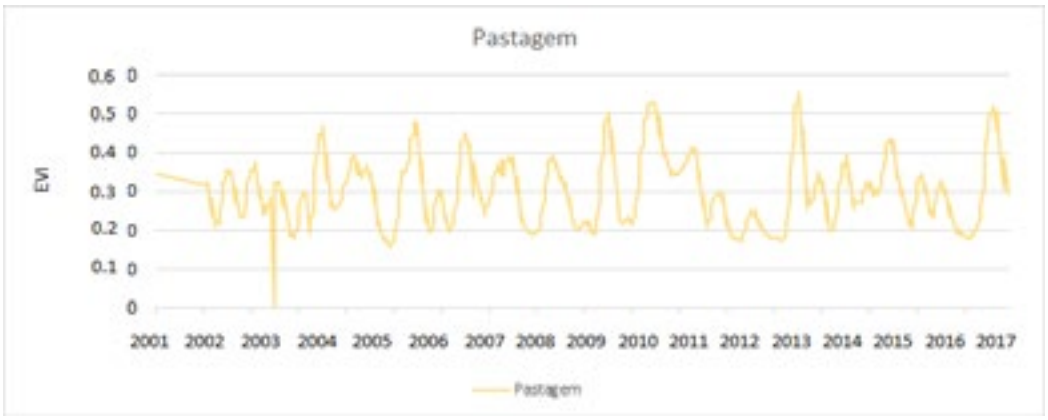


Figura 8. Assinatura espectro-temporal da classe Pastagem.

A figura 9 representa a assinatura espectro-temporal da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem, a qual apresentou fortes variações ao longo da série temporal. A assinatura acompanhou a sazonalidade da região, o que demonstra que as atividades praticadas são dependentes das condições meteorológicas, como a agricultura de sequeiro. Os valores mais elevados de EVI foram encontrados nos meses de estação chuvosa, apresentando comportamento ascendente no início do ciclo. Todavia, o EVI apresentou sensibilidade hídrica no período de baixos índices pluviométricos no município, principalmente no ano de 2012, no qual ocorreu intenso período de seca na região (SANTOS, et al., 2012).

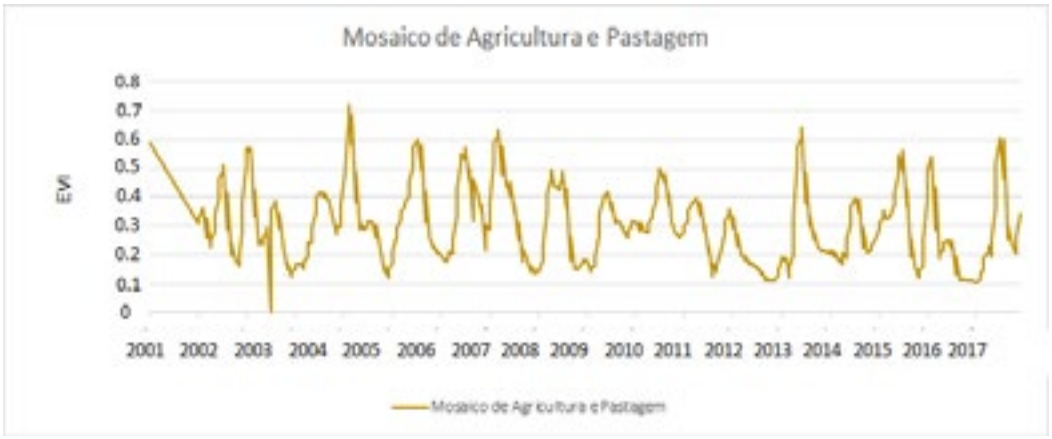


Figura 9. Assinatura espectro-temporal da classe Mosaico de Agricultura e Pastagem.

Na Figura 10 pôde-se realizar um comparativo entre as assinaturas espectro-temporais das classes estudadas. Nota-se que a Formação Florestal alcança os valores mais elevados de EVI, corroborando o que foi apresentado na Figura 4, seguida pela classe Mosaico de Agricultura e Pastagem que em períodos chuvosos alcançou valores elevados próximos ao padrão da formação florestal. Em contrapartida, a infraestrutura urbana é a única classe que apresenta um padrão de valores baixos.

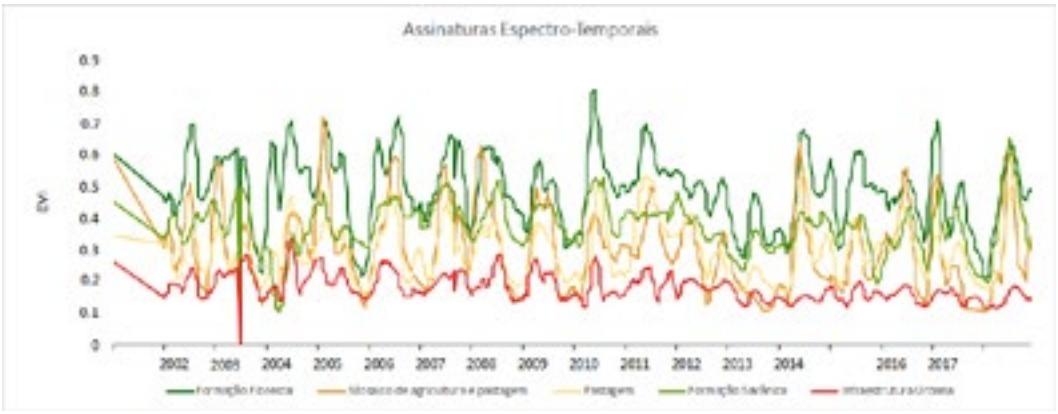


Figura 10. Assinaturas espectro-temporais das classes utilizadas na pesquisa.

4. Considerações Finais

As assinaturas espectro-temporais entre os anos de 2001 e 2017 permitiram discriminar e caracterizar as diferentes classes de cobertura vegetal e uso de terras no município de Euclides da Cunha. As análises de séries temporais de EVI e dos mapas temáticos do MAPBIOMAS demonstram que é possível utilizar assinaturas espectro-temporais para discriminação das classes de cobertura vegetal e do uso de terras no bioma Caatinga, assim como, é viável identificar as principais mudanças associadas aos padrões das fitofisionomias. Recomenda-se o uso das séries temporais e de assinaturas espectro-temporais para caracterização de outras classes, assim como para outros biomas.

Referências

ADAMI, M. **Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens MODIS.** 2010. 163p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.

ARAI, E. et al. Análise de séries temporais MODIS e TRMM nas áreas de caatinga, cerrado e floresta. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, p.5081-5088, 25 abr. 2009.

ARVOR, D.; Jonathan, M.; Meirelles, M. S. P.; Dubreuil, V.; Durieux, L. **Classification of MODIS EVI time series for crop mapping in the state of Mato Grosso, Brazil**. International Journal of Remote Sensing, v. 32, n. 22, p. 7847–7871, 2011.

BORGES, E. F.; SANO, E. E.; MEDRADO E. **"Radiometric quality and performance of TIMESAT for smoothing moderate resolution imaging spectroradiometer enhanced**

vegetation index time series from western Bahia State, Brazil." Journal of Applied Remote Sensing 8 (2014), Paper 083580-1.

COUTO Jr., A. F.; CARVALHO Jr., O. A; MARTINS, E. S. Séries temporais de NDVI, EVI e NDWI do sensor MODIS para caracterização fenológica do algodão. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 65(1), p. 199-210, 2013

EKLUNDH, L.; JÖNSSON, P. Timesat 3.2: **Software Manual**. Lund University and Malmö University, Suécia, 82 p., 2015

INPE. **Sensor Modis: Uma abordagem geral**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2003.

KÖPPEN, W. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Disponível em: <www.mma.gov.br>. Acesso em: 23/12/2018.

MAPBIOMAS. "Projeto Mapbiomas – **"Coleção 3 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil"**, Acessado em 10 de janeiro 2019 através do link: http://mapbiomas.org. Acesso em: 10 de jan. 2019.

PEIXOTO, S. E. A. A. et al. **Sistemas Agrícolas dos Pequenos Produtores do Município de Euclides da Cunha-BA.** Petrolina: Embrapa, 2001. 63 p.

RUDORFF, B. F. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. **O Sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil.** São José dos Campos: Parêntese, 2007. 423 p

SANO, E. E.; BAYMA, P. A.; **Séries temporais de índices de vegetação (NDVI e EVI) do sensor modis para detecção de desmatamentos no bioma Cerrado.** Boletim de Ciências Geodésicas - On-Line version, sec. Artigos, Curitiba, v. 21, no 4, p.797-813, out-dez, 2015.

SANTOS, E. et al. A seca no nordeste no ano de 2012: relato sobre a estiagem na região e o exemplo de prática de convivência com o semiárido no distrito de Iguaçu/Canindé-ce. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v. 1, n. 5, p.819-830, 2012.

SHAO, Y.; LUNETTA, R. S.; WHEELER, B.; IIAMES, J. S.; CAMPBELL, J. B. **An evaluation of time-series smoothing algorithms for land-cover classifications using MODIS-NDVI multi-temporal data**. Remote Sensing of Environment, v. 174. pp. 258-265, 2016.

SATVeg - **Sistema de Análise Temporal da Vegetação**. Disponível em: Acesso em: 01 jan. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SALDO DE RADIAÇÃO INSTANTÂNEO EM BACIA HIDROGRÁFICA DA REGIÃO OESTE DA BAHIA

Elvis Bergue Mariz Moreira [(a)], [(b)] Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley

[(a)] Centro das Humanidades, Universidade Federal do Oeste da Bahia, elvis.moreira@ufob.edu.br

[(b)] Instituto Federal de Alagoas/ Campus Penedo, lucassaw.13@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A quantificação da radiação disponível na superfície, saldo de radiação (Rn) proporciona o entendimento do particionamento em estudos do balanço de energia na baixa troposfera, destacando relevância no monitoramento do clima, culturas agrícolas, hidrologia e cobertura verde. Essa pesquisa objetivou anlisar a distribuição espacial do saldo de radiação instantâneo na bacia hidrográfica do rio de Ondas – BA. Foram utilizadas duas imagens do satélite Landsat 8 OLI/TI nas datas 30/07/2016 e 20/10/2017. Os valores encontrados apresentaram variação do (Rn) entre < 348 a > 534 W . m^{-2} ,com médias situadas nos intervalos 438 W. m^{-2} em 30/07/2016 e 479 W. m^{-2} na data 20/10/2017. As áeras onde há o intenso uso do solo destinado a agropecuária, eluidaram os menores valores do (Rn), enquanto as áreas com presença de vegetação e corpos hídricos destacaram a maior concentração de pixels com valores elevados. Os resultados encontrados apresentaram semelhança com a literatura pesquisada.

Palavras chave: Uso do solo, Fluxos de radiação, Áreas agrícolas

1. Introdução

A quantificação da radiação disponível na superfície, saldo de radiação (Rn) proporciona o entendimento do particionamento em estudos do balanço de energia na baixa troposfera (Bastiaanssen et al., 2005; Allen et al., 2007; Silva et al., 2012), destacando relevância no monitoramento do clima, culturas agrícolas, hidrologia e cobertura verde. Nesse sentido, o saldo de radiação (Rn) é o principal responsável no aquecimento do solo, ar e evapotranspiração de vegetação nativa (OLIVEIRA et al., 2014).

A obtenção do (Rn) pode ser realizado através do saldo radiômetro empregados em estações meteorológias convencionais e automáticas, que realizam o cômputo dos fluxo de radiação de entrada e saída, em áreas com representação espacial pequena, portanto, realizam medições pontuais com elevada precisão. No entanto, são limitados em estudos regionais ou em áreas heterogêneas, além de possuirem custos elevados (GOMES et al., 2009; DI PACE et al., 2008). Diante disso, medições do saldo de radiação que representem os valores instantêos espacializados em diversos tipos de coberturas são realizados através de sensores orbitais e técnicas de sensoriamento remoto que podem ser realizados com imagens de satélites obtidas gratuitamente.

A bacia hidrográfica do Rio de Ondas, localizada na região do oeste da Bahia, destaca-se com alto potencial hídrico e importante polo agropecuário em escala nacional, entretanto ao longo dos anos tem apresentado importantes modificações no uso e ocupação do solo, podendo assim influenciar na redução dos valores de radiação disponível na superfície.

Neste sentido, este trabalho objetivou analisar a influência do uso do solo na distribuição espacial do saldo de radiação instantâneo na bacia hidrográfica do rio de Ondas – BA, através dos sensores orbitais OLI/TI do satélite Landsat 8

2. Materiais e Métodos

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas – BA situada na região Oeste do Estado da Bahia, entre as coordenadas 11°55’ e 12°34’ de latitude sul e 46°23’ e 45°0’ de longitude oeste, (Figura 1). O limite da bacia compreende os municípios de Barreiras e Luís Eduardo Magalhães, regiões em destaque no cenário nacional no setor do agropecuário e importante polos econômicos.

A região da bacia apresenta clima com variação de úmido a sub–úmido e de seco a sub–úmido, conforme classificação (AYOADE, 2007), com estações chuvosa concentrando–se entre os meses de outubro a abril e volumes de precipitações anuais entre 600mm a 1200mm, destacando a região oeste da bacia com os maiores volumes acumulados.

O período seco inicia entres os meses de abril a outubro onde o o registro de precipitação fica próximo de 0,0 mm. O período da aquição das imagens para estimativa não contemplou acumulado de precipitação, assim como nos três últimos meses que correspondem a data da passagem do satélite na região.

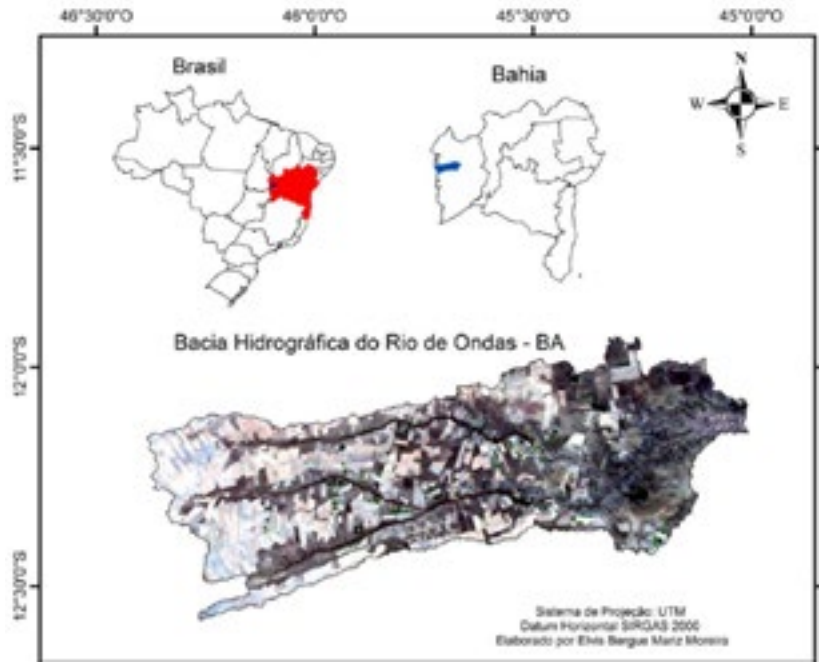


Figura 1. Imagem Landsat 8 (4,3,1), destacando a localização da Bacia Hidrográfica do Rio de Ondas – B.

2.1 Processamento das imagens

Foram utilizadas duas imagens digitais gerada pelo sensores OLI/TIR abordo do satélite Landsat 8, nos dias sequenciais do ano 211/2016 correspondendo a 30 de julho de 2016 e 294/2017 em 21 de outubro de 2017. Essas imagens passaram por etapas de empilhamento, reprojeção e mosaico, após essas etapas, iniciou-se a calibração e estimativa do balanço de radiação. O proessamento dessses

parâmetros foram realizados utilizando os softwares Erdas Imagine versão 9.3, já a elaboração dos mapas ocorreu no ArcGis versão 10.3.

Imagens da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) foram utilizadas para delimitação do limite da bacia, assim como nas etapas de calibração para estimativa do albedo da superfície. Os dadoss do satélite Landat 8 e SRTMs foram obtidas gratuitamente no site da *United States Geological Survey* (USGS).

A seleção das imagens baseou-se na disponibilidade da cobertura espacial da área e no menor percentual de nebulosidade. Não foi registrada precipitação nas datas escolhidas, assim como nos três meses que antecederam a passagem do satélite na área em estudo.

O saldo de radiação Rn é uma variável fundamental para o cômputo do balanço de energia e que envolve a calibração radiométrica, cálculo da reflectância, albedo, índices de vegetação, emissividade e temperatura da superfície (SILVA et al., 2011), sendo calculado através da seguinte equação:

$$Rn = R_{S\downarrow}(1-\lambda) + R_{L\downarrow} - R_{L\uparrow} - (1-\varepsilon_0)R_{L\downarrow} \quad (1)$$

em que $R_{S\downarrow}$ é a radiação de onda curta incidente em cada pixel, calclulada através da equação:

$$R_{S\downarrow} = S.\cos\theta.\mathrm{d_r}.\tau_{sw} \quad (2)$$

onde S é a constante solar (1367 W m^{-2}); d_r é o inverso do quadrado da distância relativa Terra – Sol (em unidade astronômica - UA), dada por Iqbal (1983):

$$\mathrm{d_r} = 1 + 0{,}033\cos\left(\frac{2\pi}{365}DSA\right) \quad (3)$$

em que *DSA* é o dia sequencial do ano

τ_{sw} é a transmissividade atmosférica, que para as condições de céu claro é calculada em função da pressão atmosférica e da água precipitável (ASCE-EWRI, 2005; ALLEN *et al.,* 2007a; GOMES *et al.,* 2009; SILVA *et al.,* 2011), sendo dada por:

$$\tau_{sw} = 0{,}35 + 0{,}627 \exp\left(\frac{-0{,}00146P}{\mathrm{K_t}\ \cos Z} - 0{,}075 \left(\frac{W}{\cos Z} \right)^{0{,}4} \right) \quad (4)$$

A pressão atmosférica foi calculada por:

$$P = 101{,}3 \left(\frac{T_a - 0{,}0065z}{T_a} \right)^{5{,}26} \quad (5)$$

em que: T_a (K) é a temperatura do ar, Z é a altitude da superfície que foi representada através do MDE (Modelo Digital de Elevação) local (m).

$$W = 0{,}14 * e_a P + 2 \quad (6)$$

é o albedo corrigido de cada pixel, é a radiação de onda longa emitida da atmosfera para superfície, é a radiação de onda longa emitida por cada pixel e ε_0 é a emissividade de cada pixel da cena estudada.

O albedo da superfície corrigido para os efeitos atmosféricos foi obtido através da equação:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^{\ 2}} \quad (7)$$

sendo α_{toa} o albedo planetário, α_{ρ}, é a radiação solar refletida pela atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04.

A radiação de onda longa emitida pela atmosfera na direção da superfície – $R_{L\downarrow}$ -foi calculada pela equação de Stefan-Boltmann, em função da emissividade atmosférica - ε_a e da temperatura do ar - T_a obtida na estação meteorológica na área de estudo:

$$R_{L\downarrow} = \varepsilon_a \sigma T_a^{\ 4} \quad (8)$$

Onde ε_a é a emissividade do ar, calculada pelo modelo de Bastiaanssen (1995), calibrado por Allen *et al*. (2002):

$$\varepsilon_a = 0{,}85.\left(\ln \tau_{sw}\right)^{0.09} \quad (9)$$

O terceiro termo do balanço de radiação é representado pela radiação de onda longa emitida pela superfície – $R_{L\uparrow}$ obtida conforme a seguinte equação:

$$R_{L\uparrow} = \varepsilon_0 \, \sigma \, T_s^4 \quad (10)$$

em que σ é a constante de Boltzmann ($5{,}67 \times 10^{-8}$ W $m^{-2}K^{-4}$), T_s é a temperatura da superfície, ε_0 é a emissividade de cada *pixel* calculada em função do IAF e SAVI. Essas etapas são encontradas em Moreira (2014).

3. Resultados e discussões

A Figura 2, apresenta os valores istantâneos do (Rn) à supefície da área em estudo, em imagens do OLI/TIR – Landsat 8, para os dias 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente. As classes apresentaram variação do Rn entre < 348 a > 534 W . m^{-2}. Os valores médios encontrados foram 438 W. m^{-2} em 30/072016 e 479 W na data 20/10/2017. m^{-2} , a variação em torno da média foi de 43 e 44 W . m^{-2} respectivamente, e mínimo de 302 e 330 W . m^{-2} . Oliveira et al (2014), utilizando metodologia semelhante em imagens do MODIS, para Bacia Hidrográfica do Rio Tapacurá – PE , encontrou variação do Rn entre 400 a 700 W. m^{-2} . As feições com intenso uso e ocupação do solo, sobretudo com fins para aggricultura e pecuária, apresentaram variação entre 348 a 395 W . m^{-2} , situados na cor verde. Justifica-se o baixo valor nessas feições alta reflexão da radiação, favorecendo assim um menor percentual disponível para aquecimento da superfície. Di Pace et al. (2008), utilizando imagens do TM Landsat 5 encontraram Rn de 431,4 W m^{-2} em solo exposto.

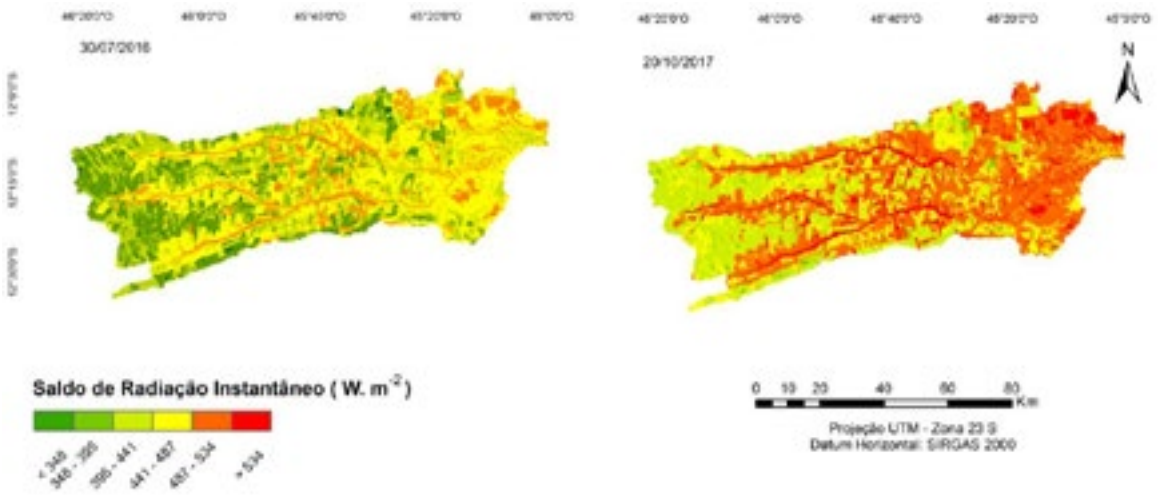


Figura 2. Imagens da distriuição espacial do (Rn) na bacia hidrográfica do rio de Ondas – BA em 30/07/2016 e 20/10/2017, respectivamente

As feições com presença de vegetação nativa, corpos hídricos e superfícies irrigadas, representadas nas classes em cor laranja e vermelho, valores elevados de radiação disponível para aquecimento da superfície e baixos de radiação refletida, destacaram interevalos situados entre 487 a 534 W. m^{-2} e > 534 W . m^{-2}, respectivamente. Cavalvante et al. (2016), utilizando a mesma metodologia encontraram 731,8 e 797,14 W . m^{-2} em corpos hídricos.

Os valores intermediários, foram encontrados ns feições onde há o predomínio de cobertura verde de baixo porte e/ou agricultura sem uso de irrigação com pivôs, apreentaram inrtervalos entre 441 a 487 W . m^{-2} , situados na classe amarela. As áreas onde o solo apresenta intensa ocupação destinado para agricultura de sequeiro ou nas feições com baixo percentual de vegetação, apresentou variação de 348 a 395 W . m^{-2} .

A Figura 3 apresenta o pecentual de pixels em cada classe do saldo de radição nas respectivas datas. Analisando os valores e os comparado com as datas, verifica-se que as classes com maiores representações de Rn em percentuais de pixels, foram encontradas nos intervalos (< 348 W. m^{-2}) e 487 – 534 W. m^{-2}, com percentuais superiores a 29% no ano de 2016, enquanto o ano de 2017 apresentou nas classes 395 – 441 (30%), e 441 – 487 W. m^{-2} (35%). Evidenciou redução de 29% no intervalo < 348 entre o ano de 2016 a 2017 e um aumento de 25% na classe 395 – 441 W. m^{-2}. A

classe com maior valor do saldo (> 534 W. m^{-2}) apresentou aumento de 29% entre as as datas, já a classe com o menor valor (348 W. m^{-2}) destacou redução de 29%.

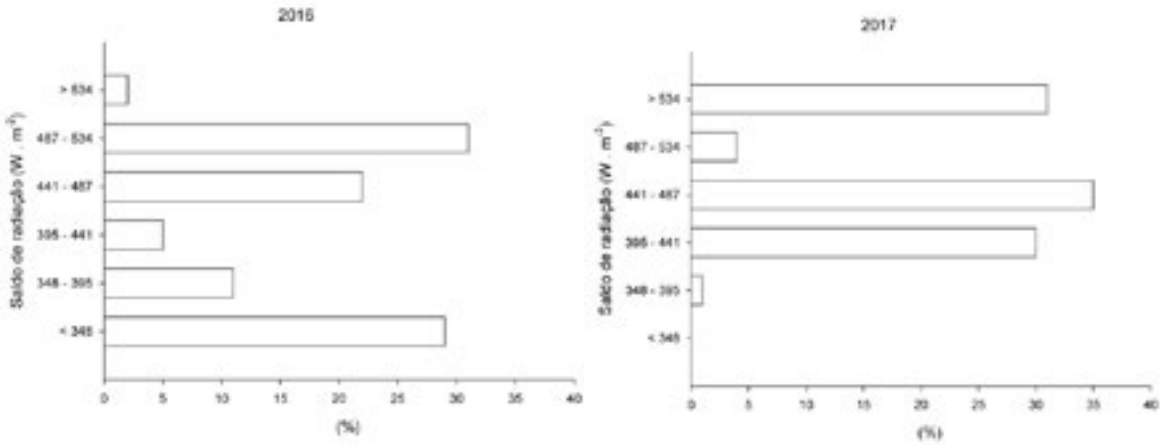


Figura 3. Percentual das classes de pixels do Rn em 20/07/2016 (a) e 20/10/2017 (b), respectivamente.

Foram selecionados e correlacionados (R^2) os valores do Rn e NDVI nos seguintes alvos: Pivô de irrigação, Solo exposto, Veredas, Cerrado, Área urbana e Agricultura de sequeiro nos 2016 e 2017, conforme Figura abaixo. Os alvos representados pelas Veredas e Cerrado, apresentaram Rn superiores a 500 W. m^{-2} e com NDVI > 0,5, enquanto no alvo árrea urbana foi encontrado o menor valor do Rn com 400 W. m^{-2} e 460 W. m^{-2}, 2016 e 2017, respectivamente. Nesse alvo o valor do NDVI ficou próximo de 0,0 %, seguido dos alvos Agricultura de sequeiro e Solo exposto, com NDVI < 0,2%. O Rn nesses alvos no ano de 2016 foi < 375 W. m^{-2} , já em 2017 os valores apresentaram um aumento de 42 W. m^{-2}. Esses resultados apersentaram uma forte corrrelação entre os maiores valores NDVI impulsionando altos valores de Rn nos dois períodos analisados, destacando (R^2) 0,8519 e 0,8068, nos respectivos anos analisados. Esse fato ocorre devido a resposta espectral da vegetação possuir características de absorção de radiação, ocasionando menor alberto e maior concentração de radiação disponível para o Rn.

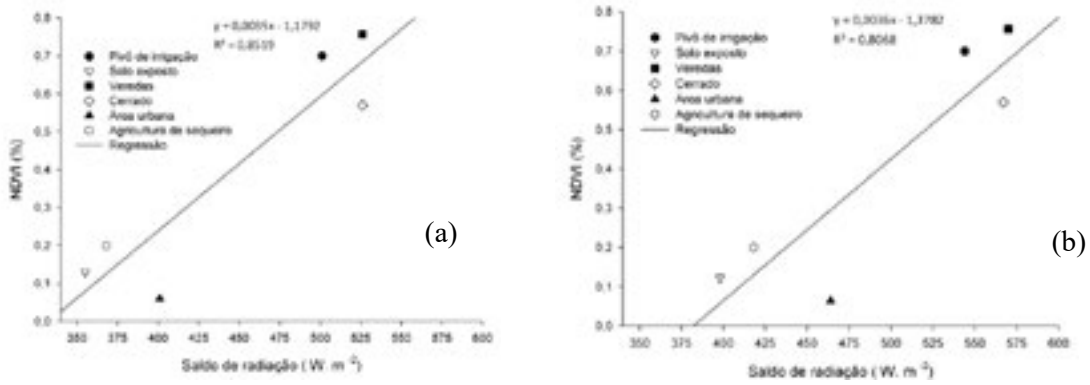


Figura 4. Correlação de alvos do (Rn) e NDVI em 30/07/2016 (a) e 20/10/2017(b).

A Figura 5 apresenta os valores médios do (Rn) e albedo da superfície em seis alvos distintos. As áeas que apresentam os menores percentuais de radiação refletida, na distribuição espacial do Rn, rea relação entre os valores médios dos pixels do (Rn) e Albedo da superfície em seis alvos no período analisado foi representado na Figura 5.

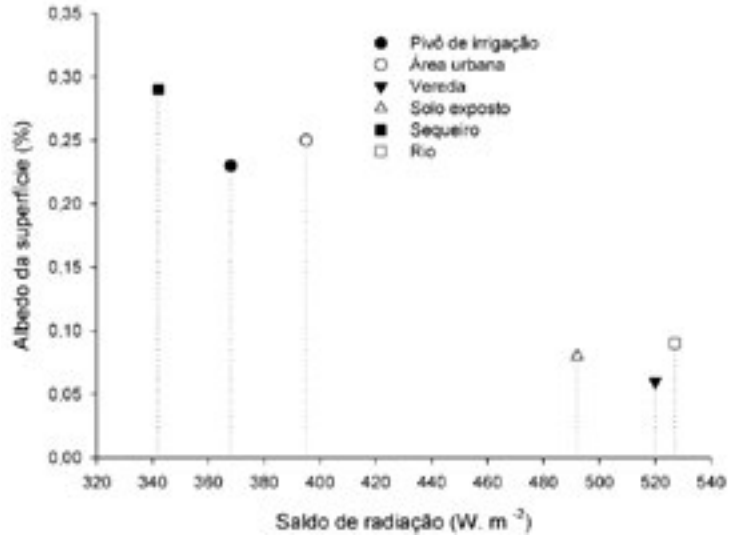


Figura 5. Valores médios de pixels do Rn e Albedo da superfície em seis feições do uso do solo.

Conforme observado, as feições com valores do Rn superior a 490 m^{-2} apresentaram albedo < 0,9% , comportanto esperado para alvos com alta absorção de radiação e baixo percentual de radiação refletida. Já os alvos, com valores do Rn < 400 m^{-2}, destacarm albedo > 0,23. Nesses alvos o maior percentual de radiação é refletido para atmosfera, favorecendo assim a menor quantidade de radiação na superfície, esse baixo percentual modula o comportamento do saldo.

4. Considerações Finais

O saldo de radiação instantâneo na bacia hidrográfica do rio de Ondas, estimado por imagens Landsat 8, representou satisfatoriamente a distribuição espacial dos diversos tipos de coberturas, possibilitando relacionar o comportamento da radiação disponível na superficie com os diferentes usos do solo na área em análise. As áeras onde há o intenso uso do solo destinado a agropecuária, apresentou os menores valores do saldo de radiação, enquanto as áreas com presença de vegetação e corpos hídricos destacaam a maior concentração de pixels com valores elevados.

Referências Bibliográficas

ALLEN, R., TASUMI, M., TREZZA, R. Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL). Advanced training and Users Manual. Idaho implementation, version 1.0, 2002. 98p.

ALLEN, R.; TASUMI, M.; TREZZA, R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.133, p. 380-394, 2007a.

ASCE-EWRI - American Society of Civil Engineers - Environmental and Water Resources Institute. ASCE-EWRI Standardization of Reference Evapotranspiration Task Committee Rep., ASCE, 2005.

AYOADE, J. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Tradução de Maria Juraci Zani dos santos, 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 322p. 2007.

BASTIAANSSEN, W. G. M.; NOORDMAN, E. J. M.; PELGRUM, H.; DAVIDS, G.; THORESON, B. P.; ALLEN, R. G. SEBAL model with remotely sensed data to improve water resources management under actual field conditions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v.131, p.85–89, 2000.

CAVALCANTE, L. BARBOSA.; INÁCIO, A. S.; BARROS, G. H.; JIMÉNEZ, R. M. N. Cálculo do Saldo de Radiação Pelo Algoritmo Sebal na Porção do Baixo-Médio São Francisco, Brasil, Utilizando Um Software de Código Livre. Revista Brasileira de Cartografia (2016), No 68/8: 1515-1529.

DI PACE, F. T.; SILVA, B. B.; SILVA, V. P. R.; SILVA, S. T. A. Mapeamento do saldo de radiação com imagens Landsat 5 e modelo de elevação digital. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.385-392, 2008.

GOMES, H. F.; SILVA, B. B.; CAVALCANTI, E. P.; ROCHA, H. R. Balanço de radiação em diferentes biomas no estado de São Paulo mediante imagens Landsat 5. Geociências, v. 28, n. 2, p. 153-164, 2009.

IQBAL, M. An Introduction to Solar Radiation. Toronto: Academic Press Canada, 1983. 390 p.

MOREIRA, E. B. M.; NÓBREGA, R. S.; SILVA, B. B. da.; RIBEIRO, E. P. O modelo SEBAL para estudos de clima intraurbano: aplicação em Recife, Pernambuco, Raega, v. 39, p.247–265, 2017.

OLIVEIRA, L. M. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B. da.; ANTONINO, A. C. D.; Moura, A. E. S. S. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos MODIS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.18, n.10, p.1039–1046, 2014., 2002. 24 p.

SILVA, B. B da., BRAGA, A. C.; BRAGA, C. C. Balanço de radiação no perímetro irrigado São Gonçalo – PB mediante imagens orbitais. Revista Caatinga, v.24, n.3, p.145-152, 2011.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EMPREGO DA MODELAGEM DIGITAL DO TERRENO NA IDENTIFICAÇÃO DE PADRÕES DE FORMAS DE RELEVO NO ESTADO DO PARANÁ: RESULTADOS SIMPLIFICADOS

Claudinei Taborda da Silveira[(a)], Ricardo Michael Pinheiro Silveira [(b)], Willian Bortolini [(c)], Victor Pierobom de Almeida [(d)],

[(a)] Departamento de Geografia/Universidade Federal do Paraná, claudineits@ufpr.br

[(b)] P.P.G. em Geografia/Universidade Federal do Paraná, ricardomichaelps@gmail.com

[(c)] P.P.G. em Geografia/Universidade Federal do Paraná, willianbortolini@gmail.com

[(d)] Graduação em Geografia/Universidade Federal do Paraná, pierobomvictor@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Apoiado em um método desenvolvido com potencial emprego na identificação dos padrões de formas do relevo, em acordo com o quarto táxon geomorfológico da proposta de Ross (1992), foi realizada a ampliação da escala do Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná para 1:100.000. O método utiliza um Modelo Digital do Terreno para a obtenção de três variáveis geomorfométricas, denominadas de amplitude altimétrica, média da declividade e índice de posição topográfica, que são combinadas para o estabelecimento de classes de mapeamento. Os resultados preliminares são a obtenção de 17 padrões de formas do relevo: 1) colinas suaves, 2) colinas, 3) colinas onduladas, 4) feições dissecadas entre colinas, 5) morrotes, 6) morros, 7) morros alongados estruturais, 8) morros dissecados, 9) morros elevados, 10) serras baixas, 11) serras altas, 12) escarpas, 13) cânions, 14) patamares com vales dissecados, 15) planícies fluviais, 16) planície fluviomarinha e 17) rampas coluvionares.

Palavras chave: padrões de formas do relevo, Modelo Digital do Terreno, Mapa Geomorfológico, Paraná.

1. Introdução

São reconhecidas as potencialidades da classificação digital do relevo, sobretudo em função da minimização da subjetividade, que tem grande contribuição aos trabalhos de mapeamento geomorfológico (SILVEIRA; SILVEIRA, 2017, SILVEIRA et al., 2018).

Nessa abordagem, presente trabalho se concentrou no desenvolvimento de técnicas de análise digital do relevo para aplicar na cartografia geomorfológica, com vistas a representação da escala 1:100.000, os padrões de formas do relevo, coincidentes com o quarto táxon geomorfológico de Ross (1992).

Sua execução demandou o desenvolvido de um método, que depois de submetido a extensivas avaliações em campo, atendeu aos anseios, pois demonstrou fidedignidade com a escala e nível de representação almejado. Nele foi realizado a combinação das variáveis geomorfométricas amplitude altimétrica, média da declividade e índice de posição topográfica, no qual se utilizou janelas móveis na análise matricial.

Diante disso, visando retomar o trabalho de Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná, elaborado por Santos et al. (2006) e Oka-Fiori (2006), ampliando a escala de 1:250.000, atualmente existente, disposta no terceiro táxon, para a escala 1:100.000, equivalente ao quarto táxon, e também demonstrar o potencial empregado do método, foram obtidas 17 distintas classes de padrões de formas do relevo a partir das unidades de relevo preexistentes que são apresentadas aqui de modo preliminar.

2. Método

Quatro métodos com potencial emprego ao escopo da proposta foram inicialmente testados na tentativa de atender os objetivos estabelecidos: i) o índice de posição topográfica (IPT), de Weiss (2001), empregado na região central da Serra do Mar Paranaense por Silveira e Silveira (2016) e no Paraná por Silveira e Silveira (2017); ii) a classificação de Iwahashi e Pike (2007), que se utiliza de uma árvore de decisões com base em três variáveis morfométricas, aplicada por Silveira *et al*. (2014) no Paraná; iii) o método de Dikau (1991; 1995), automatizado por Reuter (2009), empregado no Paraná por Silveira e Silveira (2015) na região central da Serra do Mar Paranaense por Silveira e Silveira (2016) e iv) a proposta de Jasiewicz e Stepinski (2013), que faz a classificação dos elementos de relevo por meio dos *geomorphons*, aplicado no Paraná por Silveira et al. (2018).

Porém esses experimentos não conseguiram atender satisfatoriamente o nível de representação pretendido, o que demandou o desenvolvido de um método cuja execução foi composta por sete etapas, sintetizadas na representação do fluxograma da pesquisa (Figura 1):

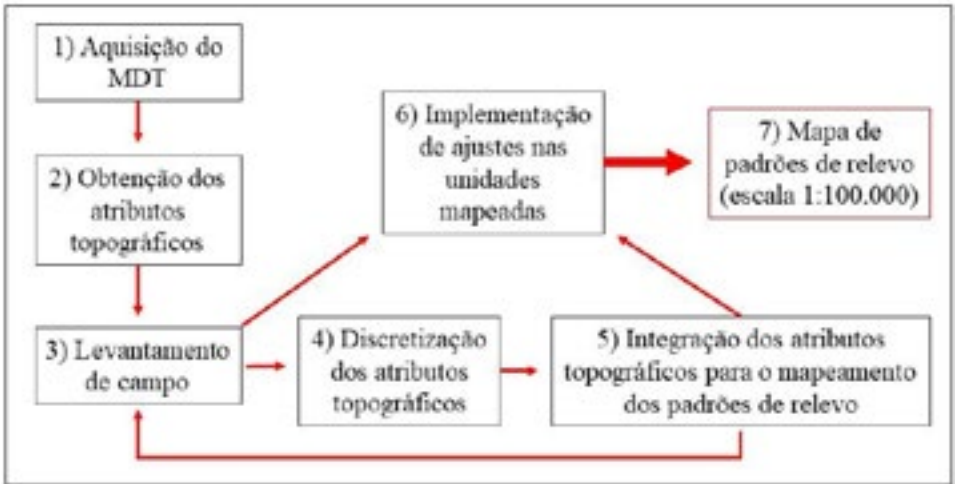


Figura 1 - Fluxograma metodológico.

Etapa 1: Aquisição do Modelo Digital do Terreno (MDT). Foi interpolado a partir do método Topogrid (HUTCHINSON, 1988), disponível no software ArcGIS 10.1, utilizando-se como dados vetoriais de entrada: curvas de nível, pontos cotados e hidrografia, advindos da base de dados das cartas topográficas 1:50.000 e 1:25.000. A resolução espacial adotada para a grade matricial foi de 20 metros, considerando experimentos anteriormente realizadas na avaliação da compatibilidade de representação da base cartográfica.

Etapa 2: Obtenção dos atributos topográficos. Foram calculados do MTD a declividade, o Índice de Posição Topográfico (IPT), a amplitude altimétrica e a média da declividade.

A declividade foi calculada a partir de uma janela móvel *3x3 pixels* (Figura 2), conforme as variáveis direcionais do modelo teórico de Horn (1981) (Equações 1; 2 e 3).

Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_5	Z_6
Z_7	Z_8	Z_9

Figura 2 - Janela 3x3.

$$fx = \frac{[(Z_3+2Z_6+Z_9)-(Z_1+2Z_4+Z_7)]}{8L} \quad \text{(Equação 1)}$$

$$fy = \frac{[(Z_1+2Z_2+Z_3)-(Z_7+2Z_8+Z_9)]}{8L} \quad \text{(Equação 2)}$$

sendo fx o gradiente leste-oeste da janela 3x3, fy o gradiente norte-sul e L o tamanho do *pixel*.

$$Declividade = \sqrt{fx^2 + fy^2} \quad \text{(Equação 3)}$$

A amplitude altimétrica se caracteriza como a diferença entre a altimetria máxima e mínima de determinada área (Equação 4), dado por um raio circular de tamanho determinado a partir da análise de uma série de perfis de vertentes (Figuras 3A e 3C), que demonstraram o valor de comprimento predominante (da moda) na área analisada (Figura 3B):

$$Amplitude\ altimétrica = A_{max} - A_{min} \quad \text{(Equação 4)}$$

sendo A_{max} a altitude máxima presente no área do raio e A_{min} a altitude mínima.

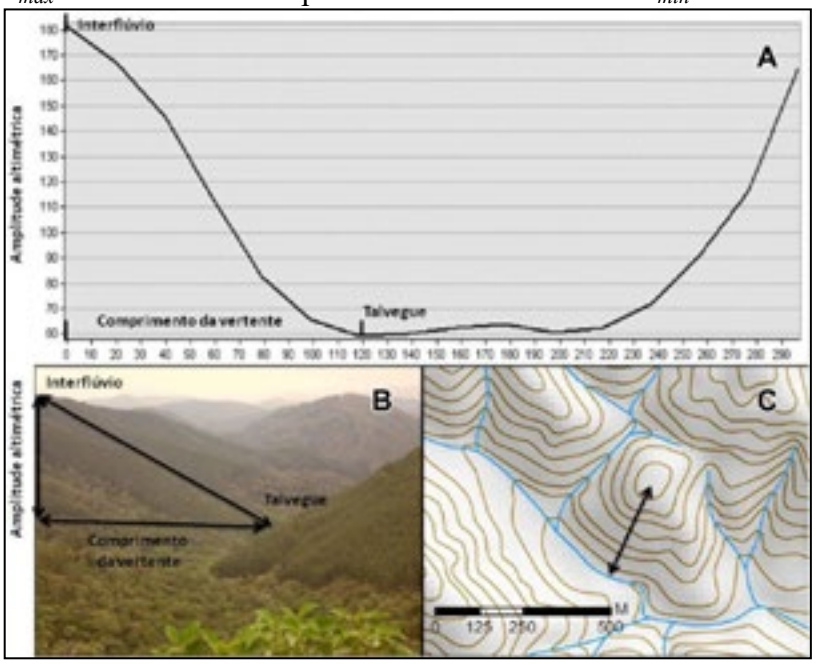


Figura 3 - Perfil de vertente analisado para a determinação do tamanho do raio utilizado no cálculo dos atributos topográficos. É considerada como comprimento da vertente a distância do cateto adjacente, pois a projeção do mapa está em planta.

A média da declividade é caracterizada como a média dos valores de declividade de uma determinada área (Equação 5), sendo esta área dada da mesma maneira como no cálculo da amplitude altimétrica.

$$Média\ da\ Declividade = \frac{\sum D}{n} \quad \text{(Equação 5)}$$

sendo $\sum D$ a soma das declividades de cada pixel abrangido pelo raio de análise e n o número de pixels abrangidos pelo raio.

O IPT, proposto por Wilson e Gallant (2000) se caracteriza como a discrepância entre a elevação de um pixel central (Z_0) e a média de elevação ($\overline{Z}$) (Equação 6). Para o cálculo da média de elevação foi utilizado um raio circular 1 km.

$$IPT = Z_0 - \overline{Z} \quad \text{(Equação 6)}$$

O procedimento de determinação do tamanho do raio para o cálculo dos atributos topográficos foi realizado para cada uma das subunidades morfoesculturais presentes no

estado, considerando que cada subunidade possui características morfométricas específicas, podendo ter comprimentos da moda de vertentes distintos. As dimensões dos raios de vizinhança determinados para cada subunidade morfoescultural são indicados no Quadro 1.

Quadro 1: Tamanho do raio por subunidade altimétrica.

Subunidade morfoescultural	Raio (m)	Subunidade morfoescultural	Raio (m)
1.1.1 - Serras Isoladas Costeiras	1200	2.3.11 - Planalto do Alto Ivaí	600
1.1.2 - Morros Isolados	500	2.3.12 - Planalto de Cândido Abreu	600
1.1.3 - Serra do Mar Paranaense	1200	2.3.13 - Planalto de Ortigueira	540
1.1.4 - Blocos Soerguidos da Serra do Mar	1200	2.3.14 - Planalto de Santo Antônio da Platina	600
1.1.5 - Ramas de Pré-Serra		2.3.15 - Planalto do Médio Cinzas	500
1.2.1 - Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto	500	2.3.16 - Planalto de Carlópolis	540
1.2.2 - Planalto do Complexo Gnáissico-Migmatítico	400	2.4.1 - Planalto de Pitanga/Ivaiorá	700
1.2.3 - Planalto Dissecado de Adrianópolis	600	2.4.2 - Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro	600
1.2.4 - Planalto de Curitiba	400	2.4.3 - Planalto de Clevelândia	500
1.2.5 - Planalto do Alto Iguaçu	450	2.4.4 - Planalto de Palmas/Guarapuava	900
1.2.6 - Planalto Dissecado de Tunas do Paraná	400	2.4.5 - Planalto do Alto/Médio Piquiri	700
1.2.7 - Planalto Dissecado de Rio Branco do Sul	550	2.4.6 - Planalto de Apucarana	600
1.2.8 - Planalto Dissecado do Alto Ribeira	600	2.4.7 - Planalto de Londrina	600
1.2.9 - Planalto do Alto Jaguariaíva	700	2.4.8 - Planalto do Médio Paranapanema	800
1.2.10 - Planalto de Castro	450	2.4.9 - Planalto de Maringá	1500
2.3.1 - Planalto de São Luís do Purunã	700	2.4.10 - Planalto de Campo Mourão	1500
2.3.2 - Planalto de Jaguariaíva	600	2.4.11 - Planalto de Paranavaí*	3000
2.3.3 - Planalto de Tibagi	600		100
2.3.4 - Planalto de Ponta Grossa/Norte	700		30
2.3.4 - Planalto de Ponta Grossa/Sul	750	2.4.12 - Planalto de Umuarama	1500
2.3.5 - Planalto de Guatá	700	2.4.13 - Planalto de Cascavel	1400
2.3.6 - Planalto de São Mateus do Sul	450	2.4.14 - Planalto do Baixo Iguaçu	800
2.3.7 - Planalto de Irati	540	2.4.15 - Planalto de Francisco Beltrão	900
2.3.8 - Planalto Residuais da Formação Teresina	600	2.4.16 - Planalto do Alto Capanema	500
2.3.9 - Planalto de Prudentópolis	600	2.4.17 - Planalto do São Francisco	700
2.3.10 - Planaltos Residuais da Formação Serra Geral	500	2.4.18 - Planalto de Foz do Iguaçu	1000

* Na subunidade 2.4.11, foram usados três tamanhos de raio de análise de vizinhança: 3000 m (para o cálculo da média da declividade; 100 m (para o cálculo de média da declividade que delimitou as voçorocas) e 30 m (para o cálculo da amplitude altimétrica)

Etapa 3: Levantamento de campo. Foram realizadas diversas campanhas de campo, no qual estima-se o total de 8.000km percorridos em vias terrestres. Essas atividades foram realizadas em diferentes etapas do trabalho. Num primeiro momento com o intuito de conhecer e discutir previamente as características do relevo, identificando os padrões presentes, posteriormente foram visitados pontos amostrais para a conferência do mapeamento, os quais eram classificados a partir de suas características geomorfológicas correspondentes ao 4º táxon.

Durante as campanhas de campo foram coletadas fotos georrefenciadas representativas do relevo de 225 pontos amostrais, os quais foram descritos e ilustrados por fotos no nível do solo e, complementados, com 25 voos realizados com um drone, modelo Phantom 3.

Os pontos de campo serviram, ainda, como pontos de controle para a discretização dos atributos topográficos e para a validação dos resultados. Desse modo, essa etapa foi

importante para realizar a avaliação da fidedignidade dos padrões de formas de relevo, estabelecidos e cartografados.

Etapa 4: Discretização dos atributos topográficos. Foi necessário identificar e definir os padrões de relevo a serem mapeados, por sua vez, detectados a partir de observações de campo e interpretação visual do relevo sombreado.

Para o mapeamento das colinas suaves, colinas, colinas onduladas, morrotes, morros, morros dissecados, morros elevados, canyons e/ou patamares com vales dissecados, feições dissecadas entre colinas, serras baixas, serras altas e rampas coluvionares, foram utilizados os atributos amplitude altimétrica e média da declividade, discretizados segundo os intervalos mostrados no Quadros 2, 3, 4 e 5.

Quadro 2: Parâmetros de discretização da amplitude altimétrica (AA) e da média da declividade (MD) nas unidades morfoesculturais Serra do Mar e Litoral Paranaense:

Classes de intervalo	1.1.1 - 1.1.3 - 1.1.4	Classes de intervalo	1.1.5		Classes de intervalo	1.1.2 - 3.5.1		
	AA (m)		MDT (m)	DEC (%)		MDT (m)	AA (m)	DEC (%)
Classe 1	<380	Classe 1	<120	<16	Classe 1	<15	<60	<6
Classe 2	>380	Classe 2	>120	>16	Classe 2	>15	60 a 90	>6
Classe 3		Classe 3			Classe 3		>90	

Legenda:
AA = Amplitude altimétrica
MDT = Modele digital do terreno
DEC = Declividade
1.1.1 = Serras Isoladas Costeiras
1.1.2 = Morros Isolados
1.1.3 = Serra do Mar Paranaense
1.1.4 = Blocos Soerguidos da Serra do Mar
1.1.5 = Rampas de Pré-Serra
3.5.1 = Planícies Flúvio-Marinhas

Quadro 3: Parâmetros de discretização da amplitude altimétrica (AA) e da média da declividade (MD) nas unidades morfoesculturais do Primeiro Planalto Paranaense:

Classes de intervalo	1.2.1		1.2.2		1.2.3		1.2.4		1.2.5	
	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<60	<8	<50	<8	<60	<8	<50	<8	<50	<8
Classe 2	60 a 80	8 a 30	50 a 70	8 a 30	60 a 80	8 a 30	50 a 70	8 a 30	50 a 70	8 a 30
Classe 3	80 a 120	>30	70 a 100	>30	80 a 120	>30	70 a 100	>30	70 a 100	>30
Classe 4	120 a 210		100 a 200		120 a 200		100 a 200		100 a 200	
Classe 5	>200		>200		>200		>200		>200	
Classes de intervalo	**1.2.6**		**1.2.7**		**1.2.8**		**1.2.9**		**1.2.10**	
	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<50	<8	<60	<8	<75	<8	<80	<8	<50	<5
Classe 2	50 a 70	8 a 30	60 a 80	8 a 30	75 a 95	8 a 30	80 a 120	8 a 20	50 a 80	5 a 30
Classe 3	70 a 100	>30	80 a 120	>30	95 a 130	>30	120 a 150	20 a 30	80 a 130	>30
Classe 4	100 a 200		120 a 200		130 a 190		150 a 200	>30	130 a 200	
Classe 5	>200		>200		>190		>200		>200	

Legenda:
AA = Amplitude altimétrica
1.2.1 = Blocos Soerguidos do Primeiro Planalto
1.2.2 = Planalto do Complexo Gnáissico-Migmatítico
1.2.3 = Planalto Dissecado de Adrianópolis
1.2.4 = Planalto de Curitiba
1.2.5 = Planalto do Alto Iguaçu
MD = Média da declividade
1.2.6 = Planalto Dissecado de Tunas do Paraná
1.2.7 = Planalto Dissecado de Rio Branco do Sul
1.2.8 = Planalto Dissecado do Alto Ribeira
1.2.9 = Planalto do Alto Jaguariaíva
3.5.2 = Planícies Fluviais

Quadro 4: Parâmetros de discretização da amplitude altimétrica (AA) e da média da declividade (MD) nas unidades morfoesculturais do Segundo Planalto Paranaense:

Classes de intervalo	2.3.1		2.3.2		2.3.3		2.3.4 Sul		2.3.4 Norte	
	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<80	<8	<100	< 8	<60	< 10	<80	<8	<110	<8
Classe 2	80 a 120	8 a 20	100 a 150	8 a 13	60 a 90	10 a 30	80 a 120	8 a 20	110 a 150	8 a 20
Classe 3	120 a 160	>20	150 a 220	> 13	90 a 120	> 30	120 a 160	> 20	150 a 220	> 20
Classe 4	160 a 200		> 200		120 a 180		160 a 220		>220	
Classe 5	>200				>180		> 220			
Classes de intervalo	2.3.5		2.3.6		2.3.7		2.3.8		2.3.9	
	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	< 80	<8	<60	<7	<80	<8	<90	<8	<90	<8
Classe 2	80 a 120	8 a 20	60 a 110	7 a 20	80 a 110	8 a 20	90 a 120	8 a 20	90 a 130	8 a 20
Classe 3	120 a 160	>20	110 a 150	>20	110 a 150	>20	120 a 160	>20	130 a 150	>20
Classe 4	160 a 200		> 150		150 a 210		160 a 210		150 a 210	
Classe 5	>200				>210		>210		>210	
Classes de intervalo	2.3.10		2.3.11		2.3.12		2.3.13		2.3.14	
	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<90	<8	<80	<8	<70	<8	<60	<8	<80	<8
Classe 2	90 a 120	8 a 20	80 a 110	8 a 20	70 a 110	8 a 20	60 a 80	8 a 20	80 a 110	8 a 20
Classe 3	120 a 160	>20	110 a 160	>20	110 a 160	>20	80 a 130	>20	110 a 155	>20
Classe 4	160 a 210		160 a 210		160 a 210		130 a 200		155 a 240	
Classe 5	>210		>210		>210		>200		>240	
Classes de intervalo	2.3.15		2.3.16							
	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<90	<8	<70	<8						
Classe 2	90 a 110	8 a 20	70 a 110	8 a 20						
Classe 3	110 a 160	>20	110 a 150	>20						
Classe 4	160 a 200		150 a 210							
Classe 5	>200		>210							

Legenda
AA = Amplitude altimétrica
MD = Média da declividade
2.3.1 = Planalto de São Luis do Purunã
2.3.2 = Planalto de Jaguariaiva
2.3.3 = Planalto de Tibagi
2.3.4 = Planalto de Ponta Grossa
2.3.5 = Planalto de Guatá
2.3.6 = Planalto de São Mateus do Sul
2.3.7 = Planalto de Irati
2.3.8 = Planaltos Residuais da Formação Teresina
2.3.9 = Planalto de Prudentópolis
2.3.10 = Planaltos Residuais da Formação Serra Geral
2.3.11 = Planalto do Alto Ivaí
2.3.12 = Planalto Cândido de Abreu
2.3.13 = Planalto de Ortigueira
2.3.14 = Planalto de Santo Antônio da Platina
2.3.15 = Planalto do Médio Cinzas
2.3.16 = Planalto de Carlópolis

Quadro 5: Parâmetros de discretização da amplitude altimétrica (AA) e da média da declividade (MD) nas unidades morfoesculturais do Terceiro Planalto Paranaense.

Classes de intervalo	2.4.1			2.4.2		2.4.3		2.4.4		2.4.5	
	AA (m)	MD (%)		AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<80	<8		<75	<8	<70	<8	<90	<8	<80	<8
Classe 2	80 a 120	8 a 14		75 a 115	8 a 12	70 a 110	8 a 12	90 a 130	8 a 12	80 a 120	8 a 12
Classe 3	120 a 250	14 a 20		115 a 245	12 a 20	110 a 240	12 a 20	130 a 250	12 a 20	120 a 250	12 a 20
Classe 4	>250	>20		>245	>20	>240	>20	>250	>20	>250	>20
Classe 5											
Classes de intervalo	2.4.6			2.4.7		2.4.8		2.4.9		2.4.10	
	AA (m)	MD (%)		AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<75	<8		<75	<8	<85	<9		<5		<8
Classe 2	75 a 115	8 a 14		75 a 115	8 a 14	85 a 125	9 a 14		5 a 8		>8
Classe 3	115 a 245	14 a 20		115 a 245	14 a 20	125 a 250	14 a 20		>8		
Classe 4	>245	>20		>245	>20	>250	>20				
Classe 5											
Classes de intervalo	2.4.11			2.4.12		2.4.13		2.4.14		2.4.15	
	MD 150 px (%)	MD 50 px (%)	AA 30 px (m)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<4,5	<8,5	<90		< 7,5	<160	<8	<85	<8	<90	<8
Classe 2	>4,5	>8,5	>90		>7,5	>160	8 a 12	85 a 125	8 a 12	90 a 130	8 a 12
Classe 3							12 a 20	125 a 255	12 a 20	130 a 250	12 a 20
Classe 4							>20	>255	>20	>260	>20
Classe 5											
Classes de intervalo	2.4.16			2.4.17		2.4.18					
	AA (m)	MD (%)		AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)	AA (m)	MD (%)
Classe 1	<70	<8		<80	<8	<95	<8				
Classe 2	70 a 110	8 a 14		80 a 120	8 a 14	95 a 135	8 a 12				
Classe 3	110 a 240	14 a 20		120 a 250	14 a 20	135 a 265	12 a 20				
Classe 4	>240	>20		>250	>20	>265	>20				
Classe 5											

Legenda

AA = Amplitude altimétrica
MD = Média da declividade
2.4.1 = Planalto de Pitanga/Ivaiporã
2.4.2 = Planalto do Foz do Areia/Ribeirão Claro
2.4.3 = Planalto de Clevelândia
2.4.4 = Planalto de Palmas/Guarapuava
2.4.5 = Planalto do Alto/Médio Piquiri
2.4.6 = Planalto de Apucarana
2.4.7 = Planalto de Londrina
2.4.8 = Planalto do Médio Paranapanema
2.4.9 = Planalto de Maringá
2.4.10 = Planalto de Campo Mourão
2.4.11 = Planalto de Paranavaí
2.4.12 = Planalto de Umuarama
2.4.13 = Planalto de Cascavel
2.4.14 = Planalto do Baixo Iguaçu
2.4.15 = Planalto de Francisco Beltrão
2.4.16 = Planalto do Alto Capanema
2.4.17 = Planalto do São Francisco
2.4.18 = Planalto de Foz Iguaçu

Etapa 5: Integração dos atributos topográficos para o mapeamento dos padrões de relevo. A combinação das variáveis por meio de álgebra de mapas resultou na identificação das unidades de mapeamento.

Para a detecção das planícies fluviais, foram utilizados os atributos topográficos IPT e declividade. O IPT foi discretizado em duas classes (<0 e >0). A declividade, por sua vez, foi discretizada também em duas classes, <3% e >3%. Estes critérios foram utilizados para toda a área do estado do Paraná.

As áreas de IPT abaixo do valor de 0 e com baixa declividade (abaixo de 3%) foram combinadas por álgebra de mapas, delimitando assim as planícies fluviais.

Após a integração e combinação dos atributos topográficos, foi aplicado um filtro que removeu agrupamentos de até 2500 *pixels* (ou 1 km^2). A aplicação do filtro está vinculado à hierarquia taxonômica pretendida pelo mapeamento, sendo valor do filtro definido com base

na hierarquia taxonômica de unidades de relevo de Dikau (1989). Entretanto, em algumas subunidades morfoesculturais específicas foram aplicados filtros que removeram agrupamentos inferiores a outros valores. Foram os casos das Serras Isoladas Costeiras, Serra do Mar Paranaense e Blocos Soerguidos da Serra do Mar, onde removeu-se agrupamentos de até 75000 pixels (30 km^2); das Rampas de Pré-Serras, onde removeu-se agrupamentos de até 250 pixels (0,1 km^2); no Planalto de Maringá e no Planalto de Campo Mourão, onde removeu-se agrupamentos de até 100000 pixels (40 km^2); no Planalto de Umuarama, onde removeu-se agrupamentos de até 10000 pixels (4 km^2); no Planalto de Cascavel, onde removeu-se agrupamentos de até 25000 pixels (10 km^2); e no Planalto de Paranavaí, onde foram aplicados um filtro para remover agrupamentos de até 25000 pixels (10 km^2) nas áreas mapeadas como colinas, 10000 pixels (4 km^2) nas áreas mapeadas como voçorocas e nas áreas mapeadas como morros. Para as áreas de planícies fluviais o valor definido foi metade do valor para os demais padrões, ou seja, 625 *pixels* (ou 0,25 km^2).

Etapa 6: Implementação de ajustes nas unidades mapeadas. Foram realizadas edições manuais no mapeamento obtido, visando a incorporação de pequenas porções de padrão de relevo ao padrão do seu entorno, por possuírem características semelhantes; o ajuste de áreas de contato entre padrões de relevo, que apresentaram limites que cortam as vertentes; e ajuste de áreas classificadas como determinado padrão de relevo que abrange apenas uma face de vertente. Esses ajustes foram realizados a partir de interpretação visual do relevo sombreado, como exemplificado na Figura 4.

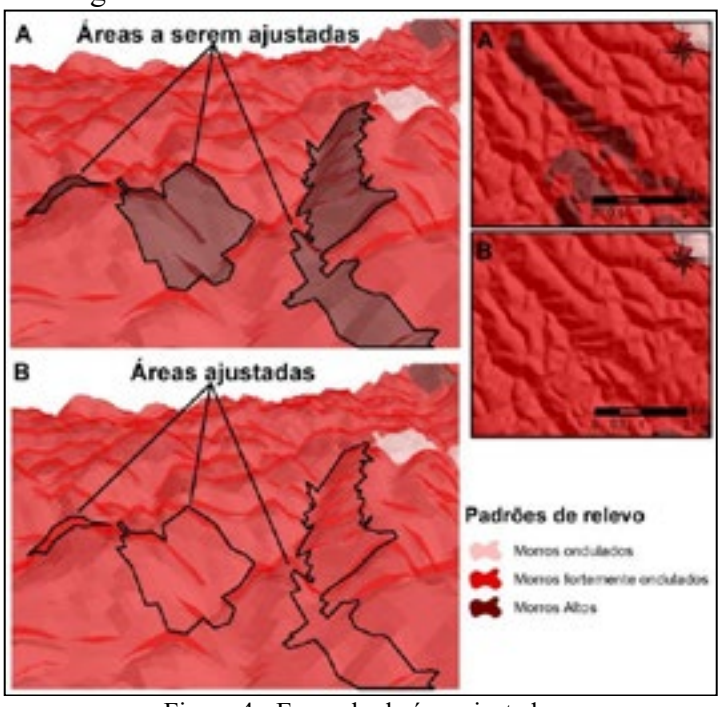


Figura 4 - Exemplo de área ajustada.

Etapa 7: corresponde à construção do mapa de padrões de relevo na escala 1:100.000 e a construção da legenda representativa dos fatos geomorfológicos cartografados, onde cada padrão de forma de relevo foi representado por polígonos, diferenciados por cores e por intensidade.

3. Resultados

Foram identificados e mapeados 17 padrões de formas de relevo no estado do Paraná (Figura 5): 1) colinas suaves, 2) colinas, 3) colinas onduladas, 4) feições dissecadas entre colinas, 5) morrotes, 6) morros, 7) morros alongados estruturais, 8) morros dissecados, 9) morros elevados, 10) serras baixas, 11) serras altas, 12) escarpas, 13) cânions, 14) patamares com vales dissecados, 15) planícies fluviais, 16) planície fluviomarinha e 17) rampas coluvionares.

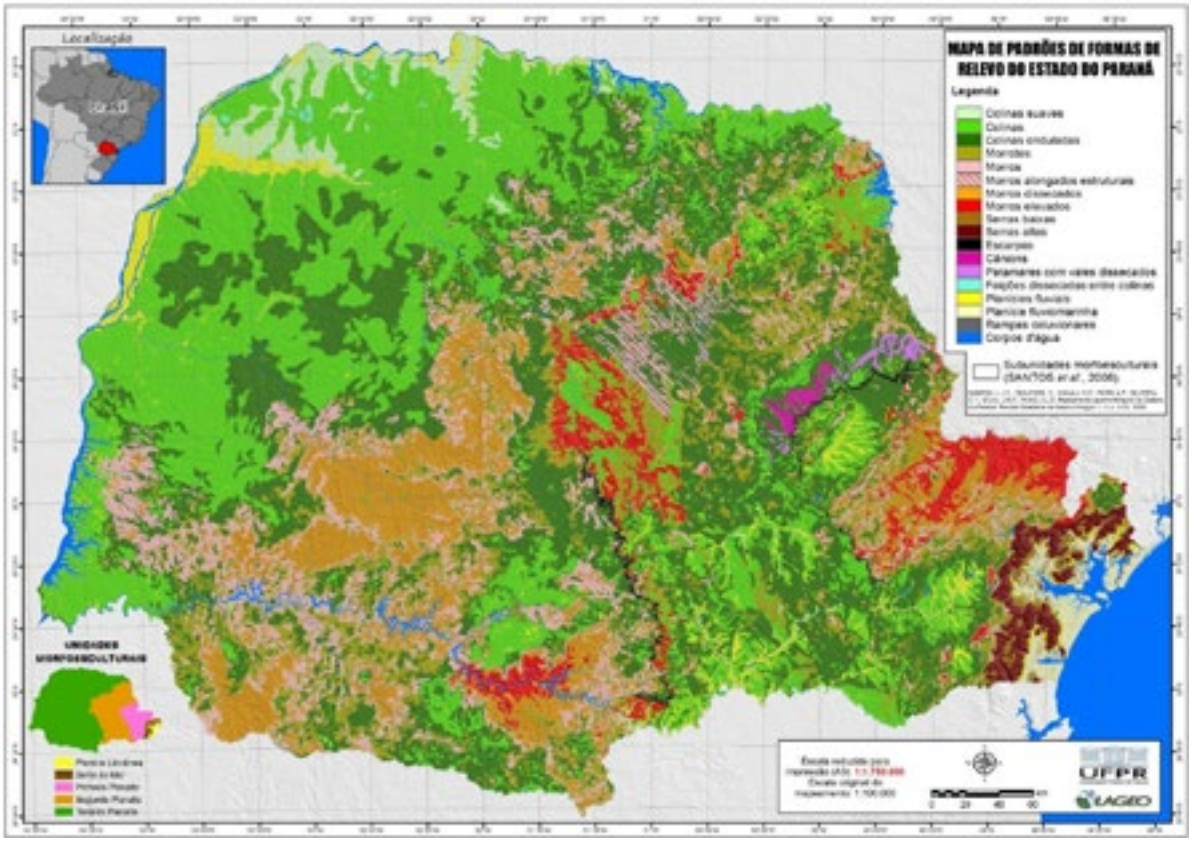


Figura 5: Mapa dos padrões de formas do relevo classificados para o estado do Paraná

3. Considerações finais

A relevante contribuição oferecida pelo trabalho é o desenvolvimento de um método compatível com os requisitos propostos na representação de padrões de relevo em escala intermediária. Está amparado na análise digital do relevo e é favorecido pela facilidade de aplicação. O método se mostrou exequível e com potencial contribuição à cartografia geomorfológica, visto que os resultados preliminares que foram obtidos no Mapeamento Geomorfológico do Paraná demonstrou fidedignidade com os levantamentos de campo.

4. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela disponibilização de recursos para a pesquisa por meio do Processo 456244/2014-0.

5. Referências Bibliográficas

DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis. In: RAPER, J. F. (Ed.), **Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems.** Taylor & Francis, London, pp. 51–77, 1989.

DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. M. **Landform Classification of New Mexico by Computer.** Open File report 91-634. U.S. Geological Survey, 1991.

DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. K.; PIKE, R. J. Morphometric landform analysis of New Mexico. **Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementband**. v. 101, p. 109-126, 1995.

GOMES, S.M.A; SILVEIRA, R.M.P.; SILVEIRA, C.T. Aplicação de técnicas geomorfométricas para classificação de formas do relevo em Campo Largo, estado do Paraná - Brasil. Revista Geografar, v. 13, n. 1., p. 75-97, 2018.

HUTCHINSON, M. F. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. **Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney,** Australia, 1988.

JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147–156, 2013. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.11.005

NEUMAN, G. **Classificação de unidades morfológicas por análise digital do relevo na porção sudeste do Paraná.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná (Programa de Pós-Graduação em Geografia). Curitiba, 2017.

OKA-FIORI, C., SANTOS, L.J.C., CANALI, N.E., FIORI, A.P., SILVEIRA, C.T., SILVA, J.M.F., ROSS, J.L.S. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná: Escala base 1:250.000 modelos reduzidos 1:500.000.** Curitiba, Minerais do Paraná SA. - MINEROPAR; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 59p.

PIKE, R. J.; EVANS, I., HENGL, T. Geomorphometry: A Brief Guide. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**, Series Developments in Soil Science vol. 33, Amsterdam: Elsevier, pp. 3-30, 2009.

ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**. São Paulo, IG-USP, 1992.

SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Ano 7, n. 2. p. 03-11. 2006

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Índice de Posição Topográfica (IPT) para classificação geomorfométrica das formas de relevo no estado do Paraná - Brasil. **Revista Ra'e Ga**, v. 41 Temático de Geomorfologia, p. 98-130, 2017. DOI: 10.5380/raega.v41i0.51674.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos *geomorphons*. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n.01, p. 33-57, 2018. DOI: 10.20502/rbg.v19i1.1263.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Emprego de técnicas de inferência espacial para identificação de unidades de relevo apoiado em atributos topográficos e árvore de decisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 87-101, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.433.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Classificação hierárquica automatizada de formas do relevo no estado do Paraná apoiada na modelagem digital do terreno. **Revista Brasileira de Geografia Física,** v. 08, n. 05, p. 1509-1523, 2015.

SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Análise digital do relevo aplicada à cartografia geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense. **Revista Brasileira de Geomorfologia** , v. 17, nº 4, 615-629, 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17i4.1063.

WEISS, A. **Topographic Position and Landforms Analysis.** Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA, 2001.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, p.1-27, 2000.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EQUAÇÃO DE EROSIVIDADE MENSAL PARA A BACIA DO ALTO JAGUARIBE

Pedro Henrique Lima Alencar[(a)], Nazaré Suziane Soares[(a)], José Carlos de Araújo[(b)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, pedrohlalencar@gmail.com, soaresns@alu.ufc.br

[(b)] Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, jcaraujo@ufc.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Erosão e consequentes empobrecimento da camada superficial do solo e assoreamento de reservatórios são problemas centrais na sustentebilidade de ambientes semiáridos. Diversos modelos foram desenvolvidos para possibilitar a estimativa da perda de solo devido à erosão hídrica, sendo possivelmente o mais difundido a *Universal Soil Loss Equation* (Wischmeier e Smith, 1978). Não obstante, a equação requer um grande número de variaveis que podem ser de difícil acesso. A fim de simplificar a implementação, diversas equações baseadas em dados empiricos regionais vem sendo propostos, dentre elas para a obtenção da erosividade de chuvas mensais. Este trabalho visa propor uma equação para a erosividade mensal obtida a paritr de dados de pluviometria coletados ao longo de 13 anos na Bacia Experimental de Aiuaba/CE.

Palavras chave: erosão laminar; intensidade de chuva; USLE.

1. Introdução

A erosão hídrica provocada pela pluviometria é um dos principais processos de produção de sedimentos no planeta, gerando perda de solo em sua camada mais superficial e mais rica em nutrientes, aumento do risco ecológico, assoreamento de corpos hídricos e perda da qualidade da água, aumentanto o custo com tratamento da água para consumo.

Diversos modelos para predizer a quantidade de perda de solo foram propostos ao longo do último meio século, como a USLE (Universal Soil Loss Equation – WISCHMEIER;

SMITH, 1978) RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation – RENARD et al., 1997) e WEPP (Water Erorion Prediction Project – ASCOUGH II et al., 1994), sendo o primeiro um dos mais utilizados até hoje dada sua simplicidade. No entanto, a USLE requer a definição de diversos fatores que tem forte influencia local, como a intensidade da chuva a cada trinta minutos, para a definição da variável erosividade. A erosividade representa a quantidade de energia erosiva que a chuva possui para produção de sedimentos. Este trabalho visa determinar uma equação simplificada de erosividade que possibilite calcular a erosão com base em dados mensais de pluviosidade no Estado do Ceará.

2. Materiais e Método

Para a obtenção de uma equação de erosividade mensal para a bacia do Alto Jaguaribe foram utilizados dados de precipitação diários da estação meteorológica localizada na Bacia Experimental de Aiuaba (Figura 1). A estação conta com pluviometro de báscula com precisão de 0,25 milímetros e resolução temporal de cinco minutos (DE FIGUEIREDO, 2016).

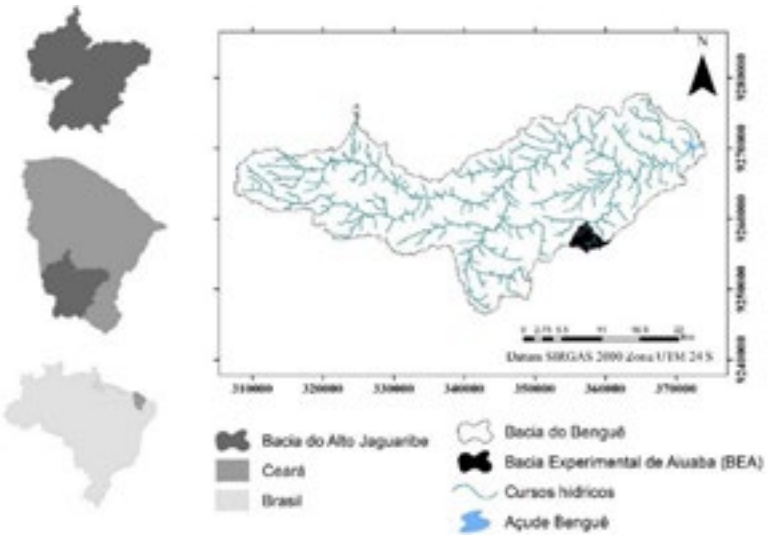


Figura 1 - Localização da área de estudo.

A intensidade de chuva na bacia é monitorada desde 2004, apresentanto falha na coleta entre abril de 2014 e dezembro de 2015. Estes meses foram descartados para este estudo. A base de dados pluviométricos é composta, portanto, de um total de 723 dias chuvosos distribuidos em 100 meses entre: 01/2004 – 03/2014 e 01/2016 – 12/2016 (FIGURA 1)

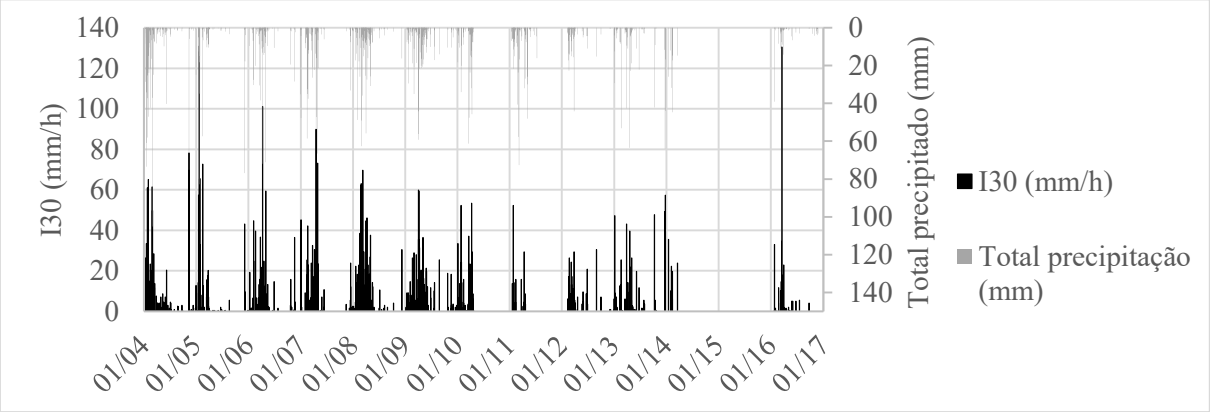


Figura 2 - Insensidade I_{30} (A) e total precipitado mensal (B) para o período de estudo

A erosividade de cada evento (R) é relacionada com a intensidade de 30 minutos (I_{30}) e a intensidade média (I_a), segundo a equação 1 proposta por Wischmeier e Smith (1978). A erosividade mensal é, portanto, a soma da erosividade de todos os eventos de precipitação do mês (Eq. 2).

$$R = \left(12{,}14 + 8{,}88 \times \log_{10} I_a\right) \times I_{30} \quad (1)$$

$$R_m = \sum_{i\ eventos} R_i \quad (2)$$

A partir dos dados de erosividade mensal obtidos pelas Equações 1 e 2 foi calibrada uma nova equação de erosividade mensal para a região, correlacionando o total precipitado mensal (P_m) e a precipitação anual média (P_a), como indicado na equação 3.

$$R_m = \alpha \times \left(\frac{P_m^2}{P_a}\right)^{\beta} \quad (3)$$

Os valores α e β são parâmetros a serem calibrados. A equação acima tem a mesma forma da equação 4 de Bertoni e Lombardi Neto (1993) amplamente utiliziada em estudos de erosão para todo o Estado do Ceará (LOPES et al., 2011).

$$R_m = 67{,}355 \times \left(\frac{P_m^2}{P_a}\right)^{0{,}85} \quad (4)$$

Para avaliação do desempenho da equação obtida, foi ainda esta foi aplicada para a Bacia Experimental de Aiuaba e para a Bacia do Benguê em que utilizou-se a USLE (Universal Soil Loss Equation) para a estimativa do total assoreado nos respectivos reservatórios. A USLE, expressa pela Equação 5 de Williams (1975), tem como termos: E que é a perda de solo em t (ou Mg).ha^{-1}; R o fator energia cinética da chuva ou fator de escoamento (MJ mm ano^{-1} ha^{-1}), K é erodibilidade do solo (Mg h MJ^{-1} mm^{-1}), LS é o fator topográfico (adimensional), C é o fator de cobertura do solo (adimensional) e P é o fator de práticas conservacionistas (adimensional). Os parâmetros da USLE foram determinados para a área de estudo, sendo aplicáveis na avaliação de perdas de solo das bacias e, assim, no estudo do assoreamento nos pontos de exultório dessas bacias.

$$E = R \times K \times LS \times C \times P \quad (5)$$

A erodibilidade solos foi determinada com base na classificação dos tipos de solo presentes na bacia, tomando como base os valores apresentados por Silva (1978) presentes no trabalho de Lopes et al. (2011). Assim, utilizando os tipos de solos da bacia, a erodibilidade do solo foi determinada

O fator LS foi determinado pela Equação 2 proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1993) utilizando dados obtidos em medições em campo.

$$\mathrm{LS} = 0{,}00984 \times {L_R}^{0{,}63} \times D^{1{,}18} \quad (6)$$

Sendo LR o comprimento de rampa (m) e D a declividade (%). Os dados de comprimento de rampa (25,75 m) e área da parcela (51,50 m²) foram obtidos com trena. A declividade foi determinada por diferença de nível com o auxílio de uma mira topográfica. As medições foram realizadas em três pontos no início da parcela e em três pontos no final da parcela (Figura 2).

$$Lr = \sqrt{(resolução\ espacial)^2 + \left[\frac{D}{100} * (resulução\ espacial)^2\right]} \quad (7)$$

Os valores de C foram obtidos a partir de Pham et al. (2018) em função do IVDN (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada), em especial para a região da BEA obteve-se um parâmetro C em torno de 0.04, devido ao caráter preservado da vegetação e serrapilheira (WISHMEIER; SMITH, 1978). Ao fator P foi atribuido o valor 1, uma vez que práticas preventivas e conservacionistas não são tomadas na região (LIMA, 2010)

Pzara o estimar da quantidade de sedimentos que atingiu o reservatório foi calculado o SDR (Razão de Aporte de Sedimentos) dado pela equação 8 (DE ARAÚJO, 2003). L_m é o comprimento da bacia e F_t a diferença entre a cota do exultório e a cota média do divisor de águas.

$$\log(SDR\%) = 2{,}943 - 0{,}824 \times \log\frac{L_m}{F_t} \quad (8)$$

3. Resultados e discussão

A equação obtida após a calibração e validação é apresentada abaixo:

$$R_m = 565 \times \left(\frac{P_m^2}{P_a}\right)^{0,42} \quad (9)$$

A equação obtida apresenta melhores avaliadores de desempenho que a equação de Bertoni e Lombardi Neto (1993 – Eq. 4), como apresentado na Tabela I. Na Figura 3 podemos observar a dispersão de valores de erosividade obtidos pela equação de Wischmeier e Smith (EWS) bem como pelas equações de Bertoni e Lombardi (EBL) e a equação para o Alto Jaguaribe (EAJ).

Tabela I - Avaliadores de desempenho das equações

	Eq. 4	Eq. 5
NSE	0.546857	0.583942
R^2	0.676909	0.814483
RMSE	1047.653	675.7629

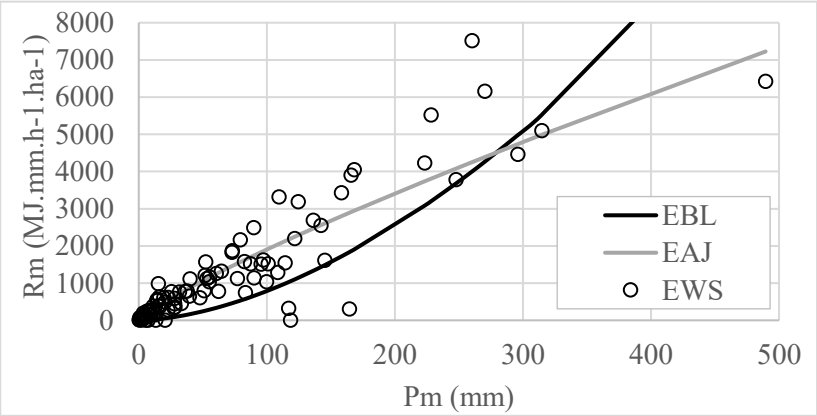


Figura 3 - Dispersão dos valores de erosividade mensal pelas diversas equações. EBL = Equação de Bertoni e Lombardi, EAJ = Equação do Alto Jaguaribe. EWS = Equação de Wischmeier e Smith.

Observa-se da figura que, para a equação calibrada para a região do Alto Jaguaribe, meses com pluviosidades menores que 270 mm (cerca de 98% dos meses) a erosividade é maior que a obtida pela equação de Bertoni e Lombardi (EBL). O resultado é compatível com o regime e tipos de chuva da região, com predominância de precipitações orográficas e convectivas, que produzem chuvas de curta duração e alta

intensidade, ao passo que chuvas na região sudeste comumente tem forma ciclônica, produzindo chuvas longas e pouco intensas, logo menos erosivas.

A fim de validar a equação obtida para o Alto Jaguaribe dois reservatórios foram selecionados, Benguê (exultório da Bacia do Benguê) e Boqueirão (exultório da Bacia Experimental de Aiuaba). Ambos os reservaórios possuem curvas de cota-área-volume obtidas em datas distintas permitindo a determinação do volume assoreado no periodo, conforme indicado na Tabela II.

Tabela II – Capacidade de armazenamento de reservatórios estudados, ano da obtenção das CAV e volume assoreado no período.

	Aiuaba		**Benguê**	
	Ano	Volume (m³)	Ano	Volume (m³)
1º CAV	2003	59,700(1)	2000	33,940,000(2)
2º CAV	2009	59,453(1)	2012	32,300,000(3)
Total Assoreado	247 m³		1,640,000 m³	

Fonte: 1- Lima (2010); 2- Mamede (2008); 3- COGERH (2019).

Para a obtenção da massa de sedimentos assoreado o volume foi multiplicado pela massa específica aparente seca do sedimento depositado nos reservatórios, sendo 1,3 g.cm^{-3} no reservatório Boqueirão (LIMA, 2010) e 1,60 g.cm^{-3} para o reservatório Benguê (MAMEDE, 2008).

Os valores de erosividade acumulados no período estão apresentados na Tabela III. Observa-se uma grande aproximação entre os valores obtidos por EAJ e EWS, como esperado de acordo com a Figura 3.

Tabela III - Valores de erosividade acumulada para o período de assoreamento em cada bacia.

Erosividade acumulada (MJ.mm.ha^{-1}.ano^{-1})	**Aiuaba**	**Benguê**
	2003-2009	2000-2012
EAJ	87,108	140,703
EBL	57,456	81,330
EWS	94,260	132,676

Para a obtensão do total assoreado a USLE (Equação 5) foi utilizado o software de sistema de informação geográfica e álgebra de mapas. O valor obtido foi multiplicado pelo SDR de cada bacia. Para a Bacia Experimental de Aiuaba este valor é de 3,6% (DE ARAÚJO, 2007) e para o Benguê 25% (MEDEIROS, 2009). Os valores de assoreamento (em massa) obtidos a partir do modelo USLE-SDR estão apresentados na Tabela IV.

Tabela IV - Assoreamento nos reservatórios Benguê e Boqueirão (em toneladas) obtidos a partir do modelo USLE-SDR e as diversas equações de erosividades (EAJ: Equação do Alto Jaguaribe; EBL: Equação de Bertoni e Lombardi; EWS: Equação de Wischmeier e Smith)

		EAJ	EBL	EWS	Medido
Benguê	Assoreamento	1,320,847	763,484	1,245,494	2,624,000
	Erro relativo (%)	49.7%	70.9%	52.5%	-
Boqueirão	Assoreamento	276	182	299	321
	Erro relativo (%)	14.0%	43.3%	7.0%	-

Observa-se um ganho significativo da qualidade do modelo quando tomada a erosividade obtida a partir de dados coletados na região por 12 anos. Para o açude Benguê a redução do erro foi da ordem da ordem de 42 % e para o Boqueirão o erro foi três vezes menor. Nota-se ainda a proximidade dos valores obtidos pela equação calibrada e a equação da USLE, indicando que mesmo em baicas sem dados de assoreamento para validação a equação proposta deve ser aplicada em detrimento da EBL.

5. Conclusão

Concluimos que a equação calibrada neste trabalho (Equação de Erosividade para o Alto Jaguaribe – EAJ) reduziu de forma signficativa o erro e, portanto, deve ser aplicada em estudos para a região do Alto Jaguaribe, bem como outras localidades do semiárido brasileiro, quando na ausência de dados locais. A preferencia pela nova equação se dá pelo tratamento local dado a erosividade, intimamente ligada a o tipo de precipitação ocorrente na região.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

7. Referências Bibliográficas

ASCOUGH II, J. C. et al. The WEPP watershed model: I. Hydrology and erosion. **Transactions of the ASAE**, v. 40, n. 4, p. 921-933, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 3ª edição, Ícone Editora, São Paulo. 1993.

COGERH. Disponível em <http://www.hidro.ce.gov.br/reservatorios/volume/nivel-diario> Acesso em 16 de janeiro de 2019.

DE ARAÚJO, J. C. Entropy-based equation to assess hillslope sediment production. **Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group**, v. 32, n. 13, p. 2005-2018, 2007.

DE ARAÚJO, J. C. Assoreamento em Reservatórios do Semi-árido : Modelagem e Validação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 8, pp. 39–56. 2003.

DE FIGUEIREDO, J. V et al. Runoff initiation in a preserved semiarid Caatinga small watershed, Northeastern Brazil. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 13, p. 2390-2400, 2016.

LIMA, Y. C. P., (2010) Análise do assoreamento de um pequeno reservatório: Estudo de caso Açude Boqueirão, Aiuaba, Ceará. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. 2010.

LOPES, F. B. et al. Uso de geoprocessamento na estimativa da perda de solo em microbacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Agro@ mbiente on-line**, v. 5, n. 2, p. 88-96, 2011.

MAMEDE, G. L. (2008) Reservoir Sedimentation in Dryland Catchments: Modelling and Management. Tese de Doutorado, Instituto de Geoecologia, Universidade de Potsdam, Alemanha. 2008.

MEDEIROS, P. H. A., (2009) Processos hidrossedimentológicos e conectividade em bacia semiárida: Modelagem distribuída e validação em diferentes escalas. Tese de Doutorado,

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. 2009.

PHAM, T. G.; DEGENER, J.; KAPPAS, M. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 6, n. 2, p. 99-110, 2018.doi: 10.1016/j.iswcr.2018.01.001.

RENARD, K.G.; et al. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: USDA, 1997. 404 p.

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses. **Supersedes Agriculture Handbook**, v. 282, n. 537, pp. 1–69. doi: 10.1029/TR039i002p00285. 1978

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTIMATIVA DE CASOS DE DENGUE VIA SENSORIAMENTO REMOTO NO MUNICÍPIO DE FORTALEZA - CE

Pedro Henrique Lima Alencar[(a)], Camila Cristina Souza Lira[(b)] Nazaré Suziane Soares[(a)], José Carlos de Araújo[(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, pedrohlalencar@gmail.com; soaresns@alu.ufc.br

[(b)] Bolsista de transferencia técnológica, Funceme, eng.camilalira@gmail.com

[(c)] Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, jcaraujo@ufc.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Arboviroses são doenças causadas por arbovírus, assim designados por terem parte de seu ciclo de vida em artrópodes. No município de Fortaleza há registros de Dengue bem catalogados desde a década de 1980, com mais de trezentos mil casos de Dengue confirmados nos últimos 30 anos. Este trabalho se visa propor um modelo simplificado de apoio a gestores para alocação de recursos na mitigação do efeito de doenças arboviroses bem como no combate ao mosquito. O modelo obtido é capaz prever com uma taxa de acerto de 65% os bairros em que haverão no mês seguinte casos acima ou abaixo da média.

Palavras chave: SIG; Arbovírus; Temperatura; Endemias; LandSat

1. Introdução

Arboviroses são doenças causadas por arbovírus, assim designados por terem parte de seu ciclo de vida em artropodes (*Arthropod-borne virus*). O vírus da Dengue (DENV) é transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti*, afetando todas as faixas etárias e causando sintomas que incluem febre, dor retro-orbital, dor de cabeça intensa, mialgia, artralgia e manifestações hemorrágicas (LOPES et al., 2014).

No município de Fortaleza, há registros de Dengue bem catalogados desde a década de 1980, período classificado como de reemergência da doença, que já é registrada desde a década de 1940 (LOPES et al., 2014; SMS, 2017). Entre 1986 e 2016, 302.015 casos de Dengue foram confirmados em Fortaleza, com oito anos epidêmicos dentre os 30 de dados observados (1994, 2001, 2006, 2008, 2011, 2012, 2015 e 2016), como ilustrado na Figura 1 no número absoluto de casos (eixo vertical esquerdo) e taxa de incidência (eixo vertical direito).

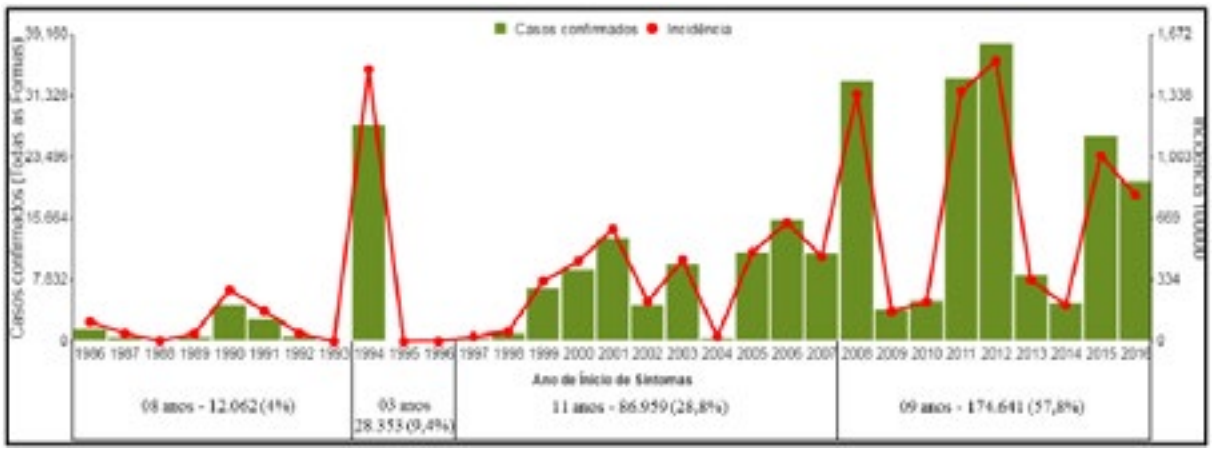


Figura 1 - Histórico de casos confirmados de Dengue em Fortaleza entre os anos de 1986 e 2016.

O elevado número de casos de Dengue e, mais recentemente, outras doenças arbovirais, como Zika e Chikungunya levam a um aumento na demanda hospitalar assim como o custo de prevensão, diagnóstico e tratamento (TALIBERTI; ZUCCHI, 2010; PEREIRA et al, 2014). No ano de 2016 o prejuízo causado pelas três doenças citadas chegou a R$ 2,3 bilhões (DANTAS, 2018).

Dado o ciclo de vida do mosquito é de em torno 30 a 45 dias e sofre forte influência da temperatura (MAGALHÃES; ZANELLA, 2013; MUTURI, 2013), sendo o tempo de eclosão da larva variavel de 16 a 7 dias a depender da temperatura ,variando de 20ª 30 ºC (CARRINGTON, 2013). Portanto a capacidade preditiva do modelo é restrita a um mês de antecedência, bem como a resposta do modelo é a estimativa do número de casos mensal. Este

trabalho se visa propor um modelo simplificado (e metodologia para sua implementação) de apoio a gestores da capital cearense para alocação de recursos financeiros e humanos na mitigação do efeito de doenças arboviroses bem como no combate ao mosquito vetor.

2. Materiais e Método

O foco deste estudo foi o município de Fortaleza/CE (Figura 2A), localizado (UTM 24S, 550000E;9850000S). A capital cearense é a quinta cidade mais populosa do País, com mais de 2,6 milhões de habitantes (IBGE, 2018). A cidade ocupa uma área total de 314,93 quilometros quadrados no nordeste do Estado. A cidade é dividida em 119 bairros (Figura 2B) organizados em seis regionais.

Fortaleza possui um clima Aw pela classificação Köppen, com precipitação média anual de 1400 mm e temperatura média anual de 26 ºC com máxima média de 30,3 ºC e mínima média de 23,5 ºC. A umidade do ar é elevada, com média anual de 78% e cobertura de nívens de no primeiro semestre de 6/10 em média (MOURA, 2008).

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas imagens do satélite LandSat 8 nas datas: 03/03/2016, 20/04/2016 e 25/07/2016 (path/row: 217/63). As imagens foram obtidas junto ao USGS (*United States Geological Survey,* 2018) em seu projeto *Earth Explorer.* O critério de seleção das imagens foi a baixa cobetura de nuvens no polígono do município.

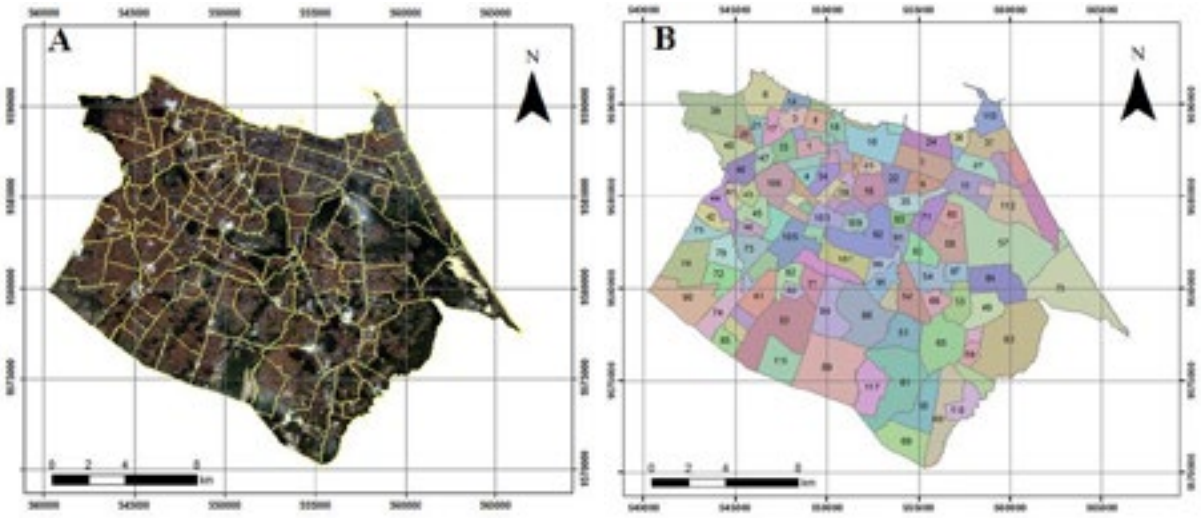


Figura 2 - Localização de Fortaleza/CE (A) e sua divisão de bairros (B).

Para a estimativa dos casos de dengue optou-se por um modelo multiplicativo simples com efeito pepita dado pela equação 1 abaixo:

$$N = \alpha \left[\frac{Temp \times N_{pix} \times P_{pix}}{IDH}\right] + \beta \quad (1)$$

onde *Temp* é a temperatura normalizadade, N_{pix} o número de pixels de cada bairro, representando a área, P_{pix} a popolação de cada píxel (30 x 30 metros), indicando a densidade populacional de cada bairro e *IDH* o Índice de Desenvolvimento Humano de cada bairro. α e β são parâmetros a serem calibrados. A normalização da temperatura é realizada segundo a equação 2.

$$Temp_i = \left(\frac{TC_i - \min(TC)}{\max(TC) - \min(TC)} + 0{,}1\right) \Big/ _{1{,}1} \quad (2)$$

TC é a temperatura média em graus Celcius de cada bairro. Os valores de temperatura (*Temp*) normalizada variam entre 0,1 e 1,0. O *nudge* de 0,1 é importante para evitar que o bairro mais frio zere o fator multiplicativo da equação 1.

Foram obtidos junto a Prefeitura Municipal de Fortaleza dados de população e IDH por bairro para o ano de 2015 (Figura 3). Os dados foram espacializados em Sistema de Informação Geográfica.

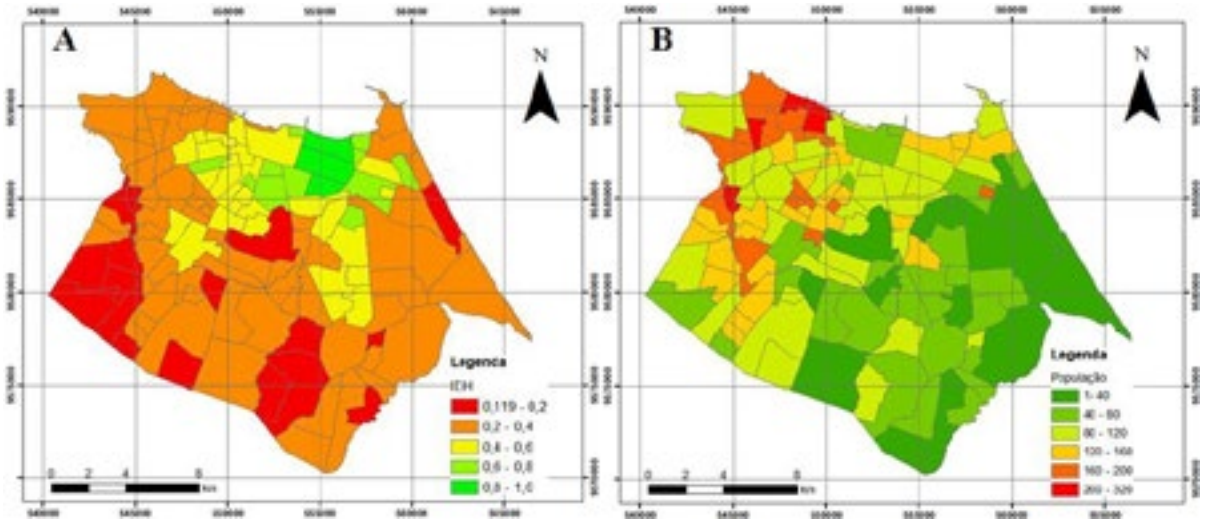


Figura 3 - Valores de IDH (A) e População (B) por pixel.

Junto à Coordenadoria de Vigilância em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Fortaleza obteve-se os dados de ocorrência de Dengue por bairro em Fortaleza, descritos no Boletim Semanal da Dengue (CÉLULA DE VIGILÂNCIA EPIDEMIOLÓGICA, 2016). O ano de 2016 encontra-se acima da média histórica em praticamente todo o ano e acima do máximo histórico entre a 16ª e 18ª semanas (abril de 2016; Figura 4).

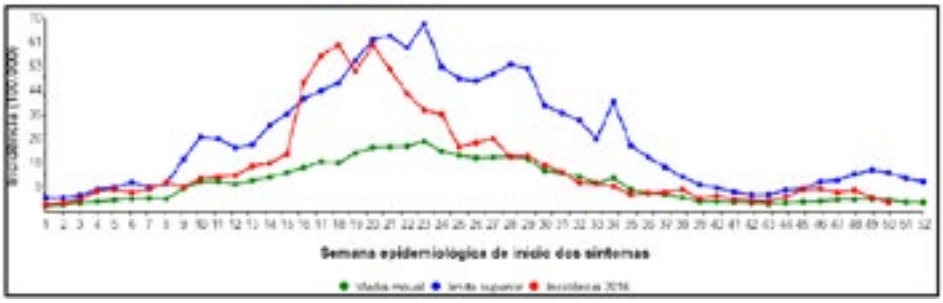


Figura 4 - Diagrama de casos de Dengue, Fortaleza, 2016 (Fonte: SMS Fortaleza, 2016).

3. Resultados

A partir das bandas 10 e 11 das imagens Landsat foi possivel calcular a temperatura da superfície, como ilustrado abaixo (Figura 5).

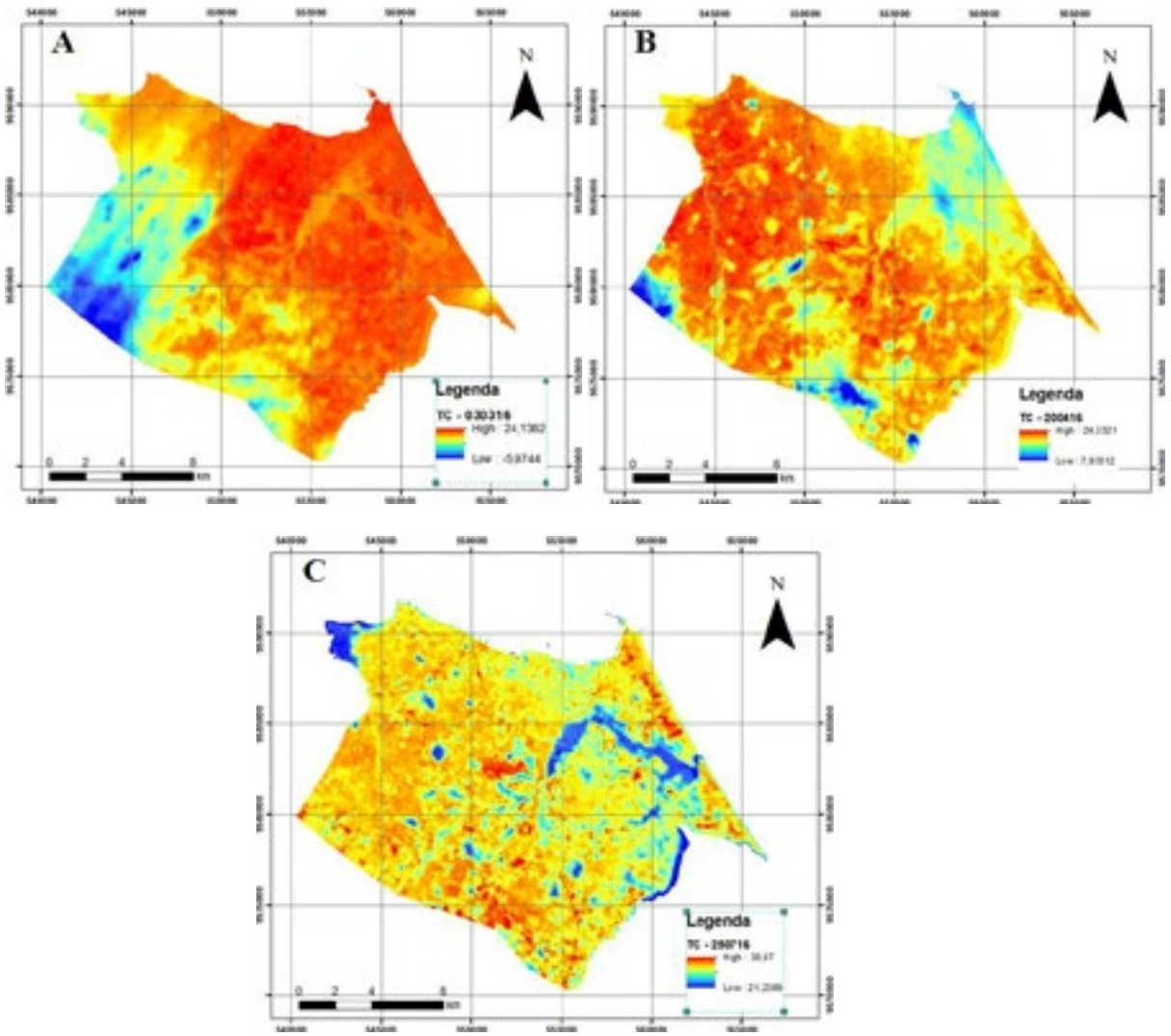


Figura 5 - Temperatura da superfície de Fortaleza. (A) 03/03/16; (B) 20/04/16; (C) 25/07/16.

Na Figura 5C, em julho, não possui nuvens, já em A e B a cidade está parcialmente encoberta, o que é facilmente constatável pelas temperaturas negativas. Excluindo as nuvens com das imagens A e B tem-se (Figura 6):

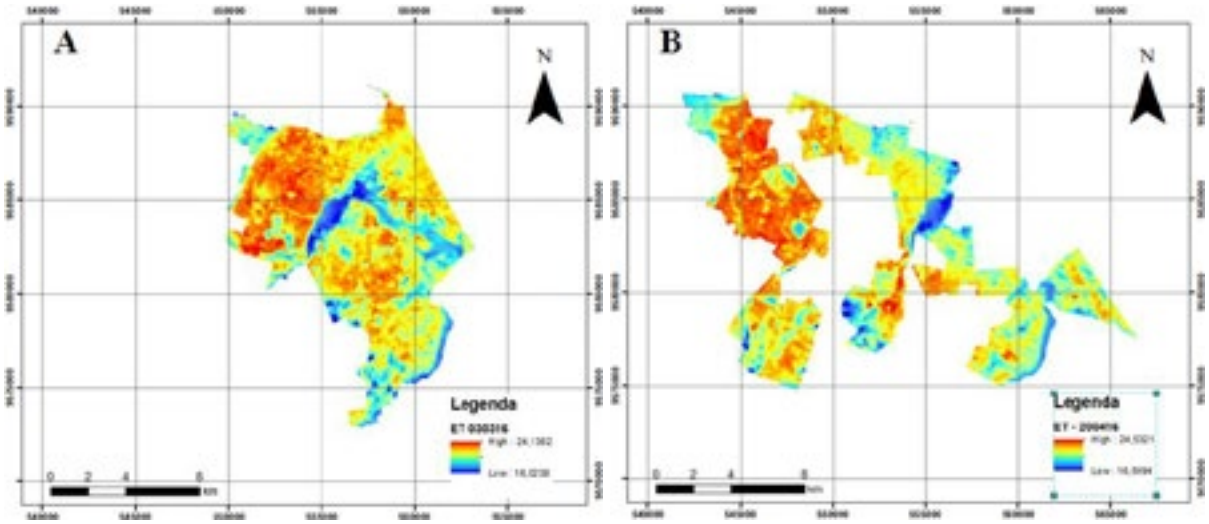


Figura 6 - Temperatura da superfície de Fortaleza sem nuvens. (A) 03/03/16; (B) 20/04/16.

Das imagens acima, observa-se uma amplitude térmica na cidade é da ordem de 8 graus. A região do Parque do Cocó, Salinas, Sabiaguaba, Barra do Ceará, Vila Velha e entorno de lagoas apresentam zonas de baixa temperatura. Regiões do oeste da cidade (Conjunto Ceará, João XXIII, Henrique Jorge, etc) apresentam temperaturas mais elevadas, bem como a região da Praia do Futuro e Vicente Pizon. A área do Aeroporto Pinto Martins é uma grande ilha de calor devido à grande área de pista e coberta metálica.

A partir das análises dos dados observou-se que a variável P_{pix} (número de habitantes por pixel) não apresenta grande influência sobre o número de casos como indicado abaixo (Figura 7).

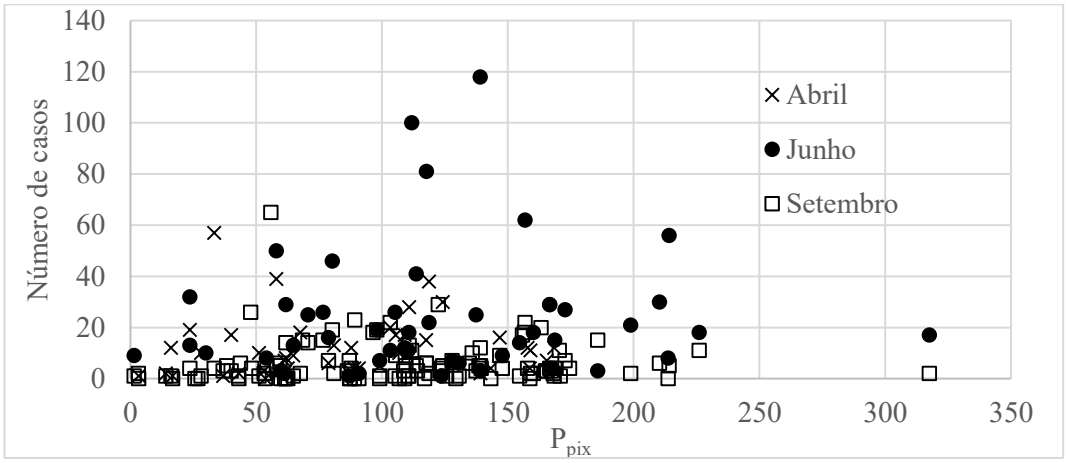


Figura 7 - Relação entre densidade populacional e casos registrados de Dengue.

Observou-se, no entanto, satisfatória correlação entre as demais variáveis e o número de casos (Figuras 8, 9 e 10):

i) Temperatura

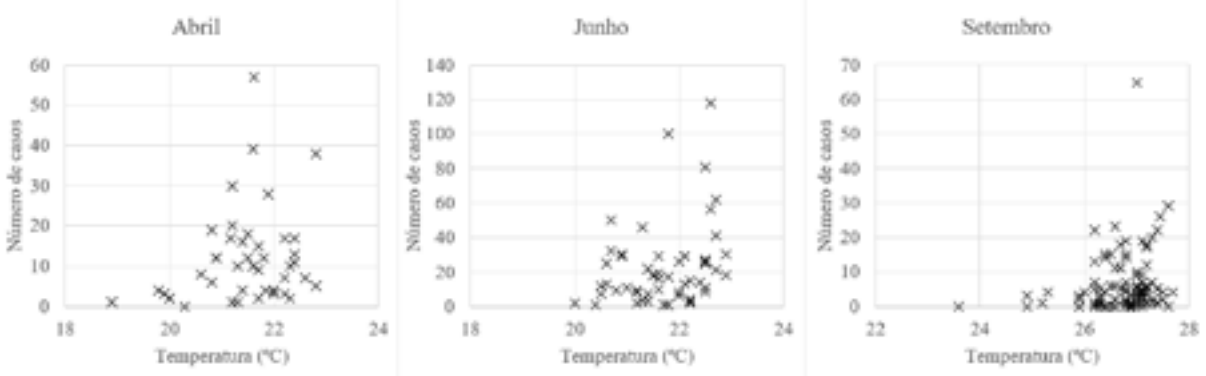


Figura 8 - Relação temperatura e número de casos - Fortaleza, 2016.

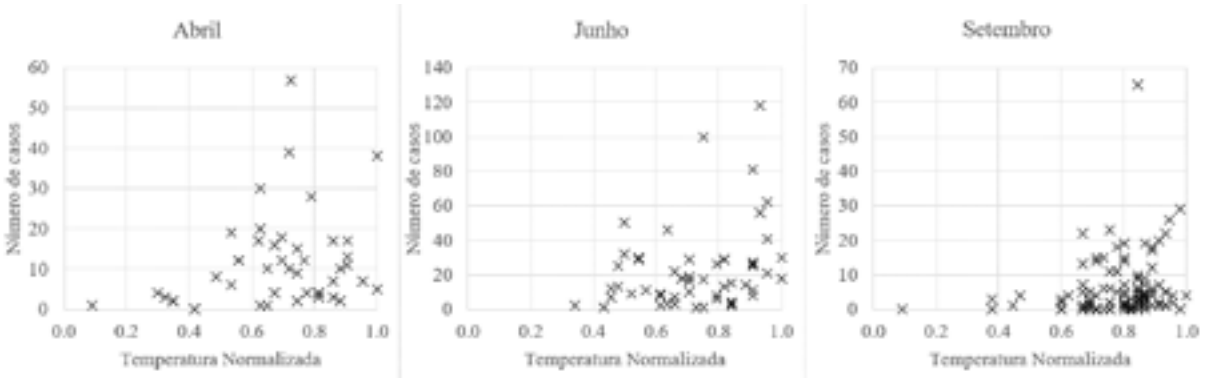


Figura 9 - Relação temperatura normalizada e número de casos - Fortaleza, 2016.

ii) Índice de Desenvolvimento Humano

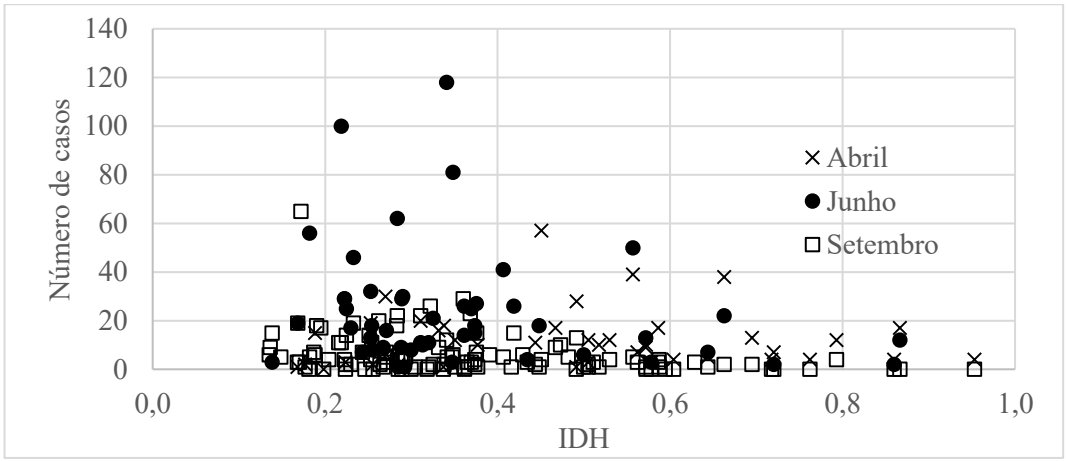


Figura 10 - Relação IDH e número de casos - Fortaleza, 2016.

3.1. Resultados da modelagem

A partir das 3 imagens um total de 213 pontos foram obtidos. 106 foram separados para calibração e 107 para validação. A equação de calibração com melhor desempenho foi:

$$N = 4{,}903 \times \ln\left[\frac{Temp \times N_{pix}}{IDH}\right] - 16{,}952 \quad (3)$$

A equação acima apresentou um NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) na calibração de 0,07, e coeficiete de determinação similar, superior a proposta inicial de equação linear (Equação 1). No entanto, os valores obtidos de NSE são bastante inferiores aos obtidos na literatura (MORIASI et al., 2007; RITTER; MUÑOZ-

CARPENA, 2013). O valor de NSE para a validação foi inferior, ficando em apenas 0,01. Ao aplicar a equação para cada uma das imgens obteve-se valores negativos para duas das três.

4. Discussão

Como apontado, há uma correlação positiva entre temperatura da superfície e casos de Dengue, bem como um correlação negativa quanto ao IDH. A mesma correlação não é observada para os dados de densidade populacional (P_{pix}), isto se deve a alta densidade populacional da cidade (~8.400 habitantes por quilometro quadrado, em média, atingindo valores até 40 vezes maiores nas zonas mais densas). A grande densidade populacional torna indiferente seu valor para o risco de incidência.

Apesar da equação 3 apresentar índices de qualidade pobres (R^2, NSE) a mesma é exitosa do ponto de vista qualitativo. Para os três meses indicados a equação conseguiu prever com uma taxa de 65% de acerto a ocorrência de casos em quantidade acima ou abaixo da média para o mês de interesse (Figura 11), ou seja, permite com prever onde seram necessários mais esforços em combate e prevensão.

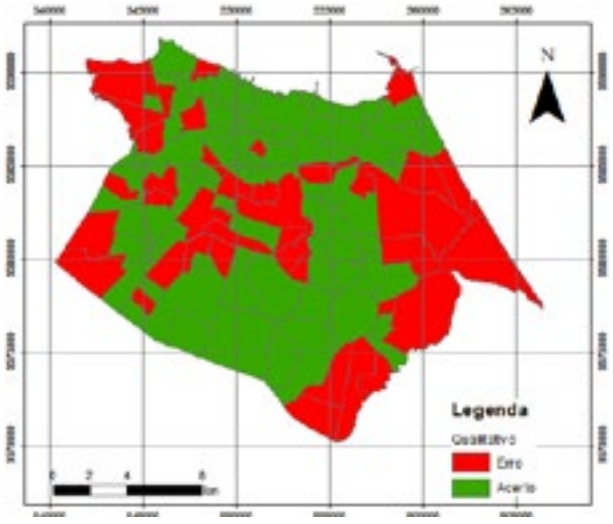


Figura 11 - Indicação de acerto e erro do modelo em termos de média para o mês 09/2016 com base em dados de temperatura de 25/07/2016.

O exito na análise qualitativa indica que as variaveis selecionadas apontam para a direção certa. O mau desempenho quantitativo, por sua vez, indica carência de dados, em quantidade e precisão. O modelo pode ser aprimorado a partir de outras fontes de dados, já existem porém não são de acesso público, que podem estar correlacionadas com ocorrência de doenças causadas por arbovírus, quais sejam:

- Esgotamento sanitário;
- Drenagem;
- Corpos hídricos (lagoas);
- Distribuição populacional por quadra;
- Validação da temperatura com dados de campo.

5. Conclusão

O sensoreamento remoto é uma poderosa ferramenta que pode auxiliar a gestão de recursos para melhorar as condições de vida em uma cidade, como indicado ao para a cidade de Fortaleza. É possível construir uma ferramenta baseada em sensoreamento remoto para auxiliar a tomada de decisão na alocação de recursos (financeiro e humano) para melhor satisfazer a demanda por saúde publica, no entanto este produto deve partir de uma visão integrada junto aos orgãos competentes uma vez que a demanda por informação.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

7. Referências Bibliográficas

CARRINGTON, L. B. et al. ‘Effects of Fluctuating Daily Temperatures at Critical Thermal Extremes on Aedes aegypti Life-History Traits’, **PLoS ONE**, 8(3). doi: 10.1371/journal.pone.0058824. 2013.

DANTAS, C. Consultoria estima que Brasil perdeu R$ 2,3 bilhões em um ano com doenças do Aedes. **G1**. Disponível em: <https://g1.globo.com/bemestar/aedes-

aegypti/noticia/consultoria-estima-que-brasil-perdeu-r-23-bilhoes-em-um-ano-com-doencas-do-aedes.ghtml>. Acessado em: 03/12/2018.

IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>. Acesso em: 30 de novembro de 2018

MAGALHÃES, G. B.; ZANELLA, M. E. Comportamento espacial da dengue e sua relação com o clima na região metropolitana de Fortaleza. **Revista Brasileira de Climatologia**, 21, pp. 295–312. 2013.

MORIASI, D. N. et al. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations. **Transactions of the ASABE**, 50(3), pp. 885–900. doi: 10.13031/2013.23153. 2007.

MOURA, M., O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.

MUTURI, E. J. Larval rearing temperature influences the effect of malathion on Aedes aegypti life history traits and immune responses. **Chemosphere**. Elsevier Ltd, 92(9), pp. 1111–1116. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.01.055. 2013.

PEREIRA, C. A. R. et al. Avaliação econômica dos casos de Dengue atribuídos ao desastre de 2011 em Nova Friburgo (RJ), Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, 19(9), pp. 3693–3704. doi: 10.1590/1413-81232014199.01682014. 2014.

RITTER, A.; MUÑOZ-CARPENA, R. Performance evaluation of hydrological models : Statistical significance for reducing subjectivity in goodness-of-fit assessments. **Journal of Hydrology**. Elsevier B.V., 480, pp. 33–45. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.12.004. 2013.

SMS, Prefeitura de Fortaleza. **Boletim Semanal da Dengue nº 52**. Fortaleza. 2016.

SMS, Prefeitura de Fortaleza. **Boletim Semanal da Dengue nº 52**. Fortaleza 2017.

TALIBERTI, H.; ZUCCHI, P. Custos diretos do programa de prevenção e controle da dengue no Município de São Paulo em 2005', **Revista Panamericana de Salud Pública**, 27(3), pp. 175–180. doi: 10.1590/S1020-49892010000300004. 2010.

USGS. <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 12 de novembro de 2018

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTO EM BACIAS HIDROGRÁFICAS USANDO O CONCEITO DE ENTROPIA

Pedro Henrique Lima Alencar[(a)], Mateus Tomé de Sousa[(a)], José Carlos de Araújo[(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, pedrohlalencar@gmail.com

[(b)] Bolsista de PIBIC, Universidade Federal do Ceará, mateustome@alu.ufc.br

[(c)] Professor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, jcaraujo@ufc.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A região semiárida brasileira é um ambiente de extrema vulnerabilidade ambiental e o entendimento dos processos hidrossedimentológicos da região é de fundamental impotância para o seu correto manejo e conservação. Este trabalho apresenta uma metodologia, baseada no princípio da entropia máxima (POME) e em dados de campo, para estimar a razão de aporte de sedimentos em bacias com e sem monitoramento. Obteve-se melhora significativa dos valores, com um erro absoluto na estimativa da produção de sedimento de 21% para bacias monitoradas e 27% para bacias não monitoradas, resultado até quatro vezes menor que o erro obtido por metodoloogias clássicas.

Palavras chave: Princípio da Entropia Máxima, Razão de Aporte de Sedimentos, Eventos subdiários

1. Introdução

A região semiárida brasileira, que compreende o bioma Caatinga, ocupa uma área de aproximadamente um milhão de quilômetros quadrados (11% do território nacional) e abriga cerca de 25 milhões de habitantes. A região é sujeita a eventos de secas frequentes, o que levou à prática de açudagem, gerando uma densa rede de reservatórios artificiais – cerca de um reservatório a cada 5 km² (ARAÚJO e MEDEIROS, 2013). Neste contexto de escassez de recursos hídricos e alta dependência de reservatórios superficiais, o assoreamento está fortemente associado à redução da disponibilidade de água (de ARAÚJO, GÜNTNER e BRONSTERT, 2006).

Este trabalho apresenta uma metodologia para a avaliação da produção de sedimentos em bacias hidrográficas e do assoreamento de reservatórios baseada no Princípio da Entropia Máxima (POME, acrônimo do inglês *Principle Of Maximum Entropy*).

Sistematizado por Jaynes (1957), o Princípio da Entropia Máxima indica que, para um dado sistema, sobre o qual se deseja fazer inferência a partir de um conhecimento incompleto de suas propriedades, a distribuição de densidade de probabilidade que deve ser selecionada é aquela que apresenta maior entropia. A entropia é, nesse contexto, definida como uma medida da desordem sobre dado sistema (SINGH, 2007). A determinação da função de densidade de probabilidade ($p(x)$), portanto, passa pelo processo de maximização descrito da função entropia (h) – como indicado na Equação 1 – dadas as restrições, que representam o conhecimento prévio que se tem sobre o sistema analisado.

$$h = -\int p(x)\ln[p(x)] \tag{1}$$

2. Modelagem

Partindo-se da premissa que a Razão de Aporte de Sedimentos (SDR) pode ser interpretada como a probabilidade de uma particula de solo que foi mobilizada pelo processo erosivo chegar à rede de drenagem, a função de densidade de probabilidade que melhor descreve o processo pode ser obtida através do POME (SINGH, 1997).

A produção de sedimento (Q_s) pode ser descrita pela Equação 2 (DE ARAÚJO, 2007), em que x é a distância entre o divisor de águas e o ponto de origem dos sedimentos, L_0 o compimento da encosta, w a largura da faixa, L_m a distância máxima de transporte pela água e p a probabilidade de a particula erodida chegar ao corpo hídrico .

$$Q_S = 2 \cdot \int_0^{w0} \left[\int_{x0}^{L0} \varepsilon(x,w) \cdot \left(\int_{L0-x}^{Lm} p(x) \cdot dx \right) \cdot dx \right] \cdot dw \tag{2}$$

O termo referente à integral de p(x) na Equação 2 pode ser interpretado como o SDR da bacia. Utilizando a restrição fundamental (integral da função densidade de probabilidade

igual a 1) e da concervação da massa via equilibrio da concentração de sedimentos ($\bar{c}$ – Equação 3), de Araújo (2007) obteve a equação de produção de sedimentos (Equação 4).

$$\bar{c} = \frac{\bar{\varepsilon} \cdot w_0}{T^j \cdot Q(T^j)} \cdot \int_0^{L0} x \cdot p(x) \cdot dx \tag{3}$$

$$Q_S = \bar{\varepsilon} \cdot A \cdot \frac{e^{\lambda \cdot Lm} \cdot (L_0 - x_0) \cdot \lambda - \left(e^{\lambda \cdot (L0 - x0)} - 1\right)}{\lambda \cdot L_0 \cdot (e^{\lambda \cdot (x0 + Lm)} - 1)} \tag{4}$$

onde Q é a vazão, T a duração do escoamento e λ um parâmetro de processo.

Vazão, duração, e produção de sediemnto (ε), no entanto, são dependentes de informações relativas à duração e à intensidade das chuvas, somente obtidos em bacias monitoradas com pluviógrafos e pluviômetros de báscula, que correspondem a um número sabidamente muito pequeno.

Para lidar com este problema propõe-se a aplicação de um método estocástico para estimativa de escoamento para períodos sub-diários, pela Equação 5.

$$T^j = \bar{T} + k^j \cdot S_T \tag{5}$$

$$k^j = \frac{H^j - \bar{H}}{S_H} \cdot \chi^j \cdot \tag{6}$$

onde T^j é a duração do j-ésimo evento, $\bar{T}$ a duração média dos eventos, S_T o desvio padrão na duração dos eventos e k^j é uma variavel estocástica para o j-ésimo evento, dada pela Equação 6. Nesta, $\bar{H}$ é a média da precipitação, H^j a precipitação do j-ésimo evento, S_H o desvio padrão da precipitação e χ^j uma variavel aleatória de distribuição uniforme variando de zero a $\chi_{máx}$, devendo este ser calibrado para cada bacia hidrográfica.

No caso de bacias não monitoradas, os dados de duração de chuva podem ser estimados via modelos (MAMUN et al., 2018) ou a partir de extrapolação de bacias próximas com dados disponíveis (ALENCAR, 2018). Isto permite a obtenção das caracteristicas subdiárias de uma chuva a partir de seus dados diários.

3. Áreas experimentais

O modelo foi parametrizado e validado para sete bacias experimentais localizadas em climas semiáridos e temperados, como indicado na Figura 1 (Aiuaba, Sumé, Acarape, Canabrava, Várzea da Volta, Nünzemberg e Lanënbachtal), com monitoramento de eventos sub-dirários de precipitação e escoamento (DE ARAÚJO 2007).

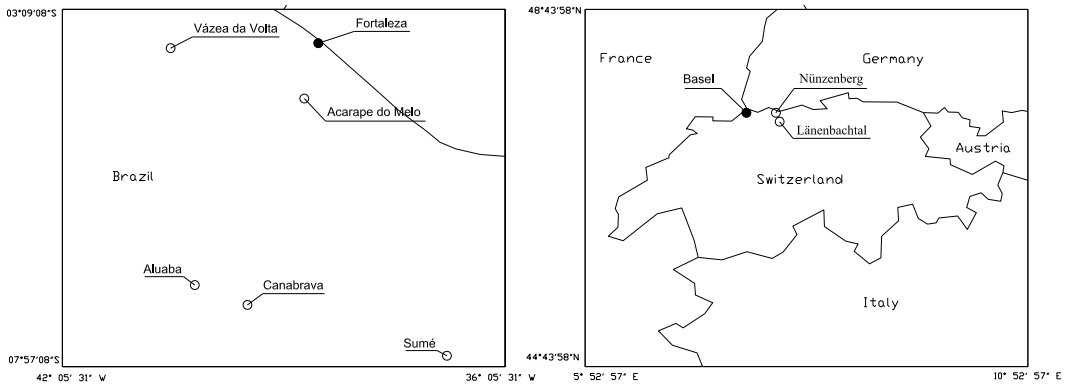


Figura 1 - Localização das bacias experimentais

4. Resultados e discussão

O modelo resultou em um erro absoluto de 21% para as bacias monitoradas, utilizando-se o modelo apresentado nas equações 2 a 4 (DE ARAÚJO, 2007). Para as bacias não monitoradas, o erro absoluto foi de 27%, quando utilizada a rotina de eventos sub-diários juntamente com o modelo baseado no POME, como indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultados de assoreamento para bacias não monitoradas

Bacia	Area (km^2)	Período de assoreamento (anos)	Produção de sedimentos ($Mg.km^{-2}.ano^{-1}$)	Erro (SDR Roehl)[1]	Erro (SDR Maner)[1]	Erro (SDR POME)
Canabrava	3	57	704	**-34%**	**-20%**	**+14%**
Acarape	208	74	233	**+118%**	**+48%**	**-39%**

[1] Dado disponível em de Araújo (2003).

Ainda acerca das bacias não monitoradas, observa-se um ganho significativo de precisão na determinação do aporte de sedimentos à rede de drenagem quando comparado com métodos clássicos, como Roehl (1962 citador por de ARAÚJO, 2003) e Maner (1958 citado por de ARAÚJO, 2003). Os modelos citados levam em conta na estimativa da razão de aporte de sedimentos fatores topográficos, como cota de divisor de águas e do exultório, comprimento e declividade da bacia, que na escala temporal de analise não variam. Ao passo que o modelo

proposto lança mão de equações de equilíbrio de massa (de sedimentos), potência de corrente e processos estocásticos em seu equacionamento, sem no entanto inserir hipóteses não comprovadas, graças à aplicação do Princípio da Entropia Máxima.

5. Conclusão

O modelo proposto, baseado no Princípio da Entropia Máxima, apresentou ganho significativo de desempenho frente a modelos tradicionais. O trabalho também apresenta uma proposta para estimativa da produção de sedimentos em eventos de escoamento para bacias não monitoradas, resultando em um avanço na modelagem ambiental.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e dentro do contexto do Projeto Entropia (CNPq – processos 301677/2015-8 e 407999/2016-7).

7. Referências Bibliográficas

ALENCAR, P. H. L.; PATON, E. N.; ARAÚJO, J. C. Gully-walls soil loss effect on gully modelling: a Brazilian Semiarid case of study. **Geophysical Research Abstracts**. v. 20. EGU2018-15389-1, 2018.

de ARAÚJO, J. C.; MEDEIROS, P. H. A. Impact of dense reservoir networks on water resources in semiarid environments, **Aust J Water Resour**, v. 17, n. 1, p. 87–100. 2013.

de ARAÚJO, J. C.; GÜNTNER, A.; BRONSTERT, A. Loss of reservoir volume by sediment deposition and its impact on water availability in semiarid Brazil, **Hydrolog Sci J**, v. 51, p. 157–170. 2006.

de ARAÚJO, J. C. Entropy-based equation to assess hillslope sediment production, **Earth Surf Proc Land**, v. 32, n. 1, p. 2005–2018. 2007.

JAYNES, E. T. Information theory and statistical mechanics. **Physical Review**. v. 106, n. 4, p. 620– 630. 1957.

MAMUN, A.; SALLEH, M. N.; NOOR, H. M. Estimation of short-duration rainfall intensity from daily rainfall values in Klang Valley, Malaysia, **Applied Water Science**. v. 8, n. 7, p. 203. 2018.

SINGH, V. P. The Use of Entropy in Hydrology and Water Resources, **Hydrol Proces**, v. 11, n. 6, p. 587–626. 1997.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ESTUDO DA EMISSÃO DE CO² DA LINHA 021 DO SISTEMA PÚBLICO DE TRANSPORTE DO MUNICÍPIO DE VÁRZEA GRANDE/MT

Joelson Cardozo de Arruda [(a)], Patrícia Mota Rausch [(b)]

[(a)]Departamento das Áreas da Construção Civil – aluno do curso de Geoprocessamento/ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT – Campus Cuiabá – Octayde Jorge da Silva, cardozojoelson@gmail.com

[(b)]Departamento das Áreas da Construção Civil – coordenadora do curso de Geoprocessamento/ Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT – Campus Cuiabá – Octayde Jorge da Silva, patricia.rausch@cba.ifmt.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

No Brasil o transporte público, apresenta principalmente nos grandes centros urbanos, problemas que se agravam devido a fatores como: a falta de frota, a distribuição desordenada e desigual de linhas e as condições precárias das vias urbanas, tornando assim um tema muito importante no debate das questões políticas de mobilidade urbana das cidades brasileiras. Este projeto tem como área de estudo o município de Várzea Grande – MT, vizinha da capital Cuiabá. O objetivo foi correlacionar à dinâmica da frota do transporte público da linha 021 com a emissão de Dióxido de Carbono (CO^2) utilizando as metodologias do IPCC (International Panel on Climate Change das Nações Unidas) levando em consideração o atual cenário do transporte público municipal bem como as aplicações das geotecnologias. Dados preliminares mostram que as condições de logísticas podem interferir na emissão do CO^2: tempo para embarque e desembarque ou em um semáforo; condições das vias; localização incorreta dos pontos de paradas obrigatórias; sucateamento, variáveis que norteiam a dinâmica de emissão. Espera-se que com os resultados desse estudo possa ser implantado um modelo de gestão de controle da emissão de CO^2 no transporte público.

Palavras chave: transporte público; emissão de CO^2; geotecnologias; ambiental.

1. Introdução

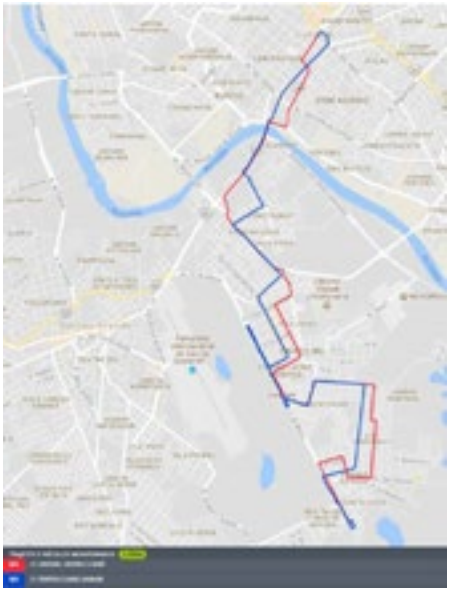
A população varzeagrandense utiliza diariamente o transporte público, segundo o IBGE (2016), a frota de ônibus do total no município comtemplando a área urbana era de 631 veículos fazendo os trajetos entre os bairros. A linha 021, consolidada a mais de 30 anos faz a conexão intermunicipal ligando à capital Cuiabá, percorrendo cerca de 15 bairros. A engenharia ambiental associada ao geoprocessamento e suas ferramentas de SIG consolidam-se uma área do conhecimento onde possibilita estudos armazenamento e coleta de dados, estudos cartográficos, banco de dados relacional, georreferenciamento, análise de dados, gerando produtos para tomada de decisões. Dentro deste contexto, as rotas de ônibus, os pontos de paradas, o tempo de percurso, cruzamento ou sobreposição de linhas podem ser vistas com maior facilidade utilizando ferramentas de geotecnologia. O objetivo deste trabalho é correlacionar à dinâmica da frota do transporte público de uma linha do município de Várzea Grande com a emissão de Dióxido de Carbono (CO_2) utilizando as metodologias do IPCC (International Panel on Climate Change das Nações Unidas).

2. Materiais e Métodos

Este estudo tem base inicial às imagens Google Earth, os dados teóricos foram obtidos através da SMUT (Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana e Transporte) do município de Várzea Grande, AMTU (Associação Matogrossense dos Transportadores Urbanos) e a concessionária responsável.

Como trabalho inicial para este estudo de caso foi selecionado somente a linha 021 (Unipark), analisando a dinâmica do seu itinerário, onde a empresa responsável adotou uma logística de monitoramento por meio de um GPS acoplado aos veículos. Este monitoramento é realizado numa central, onde técnicos acompanham o deslocamento do veículo por software, com informações da velocidade, horário, número de passageiros e localização exata, conforme mapa na **figura 1**, disponibilizado pela Secretária de Mobilidade Urbana de Cuiabá – MT a pedido de ofício regular.

Figura 1: Rota da linha 021 (bairro-centro, centro-bairro).



Fonte: Secretaria de Mobilidade Urbana de Cuiabá.

Para obtenção dos dados referentes à demanda de passageiros dos pontos de embarque e desembarque, além do tempo médio de deslocamento, foram realizados levantamentos em campo, junto aos usuários através do acompanhamento do percurso (sentido bairro – centro; centro – bairro)

O trajeto bairro/centro e vice-versa pode ser observado conforme a **figura 2.**

Figura 2: Rota da linha 021 que percorre maior trajeto dentro do bairro Cristo Rei, conforme trajeto do Bairro – Centro/ Centro – Bairro.

Fonte: Google Earth 2018

A quantificação das emissões de CO_2 baseia-se na metodologia do IPCC, oficialmente adotada pelo governo brasileiro para a elaboração do inventário nacional de gases de efeito estufa. Essa metodologia, conhecida como abordagem de referência, leva em conta apenas as emissões de dióxido de carbono (CO_2) a partir dos dados de produção e consumo de energia, sem especificar como essa energia é consumida. (JOÃO & JOÃO, 2007).

Mattos (2001) simplifica a metodologia através da equação 1:

$$\mathbf{QCO^2 = CC \times FE} \quad (1)$$

Onde: QCO_2: quantidade de carbono (tC); CC: consumo de combustível (TJ); FE: fator de emissão (tC/TJ).

Como cada combustível possui um conteúdo energético diferente (JOÃO & JOÃO, 2007). A obtenção da emissão é dada por seis passos, por meio de equações para o cálculo da emissão real de CO_2:

I Passo - Cálculo do Consumo de Energia (CC), definido pela equação 2 a seguir:

$$\mathbf{CC = CA \times Fconv \times 45{,}2 \times 10^{-3} \times Fcorr} \quad (2)$$

Onde: Consumo Aparente do Combustível (CA) por $45{,}2 \times 10^3$, para transformar a quantidade de energia de 1 tEP brasileiro para terajoule (TJ); Fator de Conversão (Fconv); Fator de Correção (Fcorr).

II Passo - Cálculo da Quantidade de Carbono (QC), definido pela equação 3 a seguir:

$$\mathbf{QC = CC \times Femiss \times 10^3} \quad (3)$$

Onde: Consumo de energia (CC); Fator de Emissão de Carbono (Femiss).

III Passo: Cálculo da Quantidade de Carbono Fixado (QCF), dado pela equação 4 a seguir:

$$\mathbf{QCF = QC \times FCFix} \quad (4)$$

Onde: Quantidade de carbono (QC); Fração de Carbono Fixado (FCFix).

IV Passo: Cálculo das Emissões Líquidas de Carbono (ELC), conforme equação 5 a seguir:

$$\mathbf{ELC = QC - QCF} \quad (5)$$

Onde: Quantidade de carbono (QC); Quantidade de carbono fixado (QCF).

V Passo: Cálculo das Emissões Reais de Carbono (ERC), dada equação 6 a seguir:

$$\mathbf{ERC = ELC \times FCO} \quad (6)$$

Onde: Emissões líquidas de carbono (ELC); Fração de Carbono Oxidada (FCO).

VI Passo: Cálculo das Emissões Reais de CO_2 ($ERCO^2$), dada equação 7 a seguir:

$$\mathbf{ERCO^2 = ERC \times [44/12]} \quad (7)$$

Onde: Emissões reais de carbono (ERC); Peso molecular do dióxido de carbono e do carbono (44/12).

Os fatores de conversão foram obtidos no Balanço Energético Nacional (1999) e o valor médio de energia do tEP brasileiro (tEP - tonelada equivalente de petróleo, onde o conteúdo energético de 1 tEP é função do tipo de petróleo utilizado como padrão) usado foi 1 tEP brasileiro = 10.800 Mcal = 45,2174 TJ. (JOÃO & JOÃO, 2007).

3. Resutados e discurssões

Após o acompanhamento das rotas constatou-se que dos 24 pontos de parada obrigatória, 14 não atendem as diretrizes trazidas pela secretaria de Mobilidade Urbana e Transporte do município e pelo Sistema Nacional de Trânsito, como as condições físicas: a cobertura que protege do sol e chuva, a placa indicadora que caracteriza que o lugar é um ponto de parada obrigatória, os bancos, este último item muitas vezes é substituído por algum outro objeto, como troncos de madeira.

Estima-se que se aplicado o método aprimorado por Mattos (IPCC) na rota da linha 021 (Unipark), pode-se calcular a emissão de CO_2, conforme **tabela 1.**

Tabela 1: Emissão de CO^2.

Resultados aplicando a equação do IPCC (2001) conforme padrões do diesel	
Valor estimado padrão considerando 1 km	QCO_2 = 2,81804 CO^2 (TJ)
Valor medido do percurso semanal	QCO_2= 108,7144 CO^2 (TJ)

Fonte: Elaboração própria a partir de coleta de dados.

Resultados do valor tabelado pela marca do ônibus em análise e do valor real medido dos dados coletados na concessionária União Transportes e Turismo Ltda, observa-se uma diferença de valores, estima-se que as influencias como as condições de logísticas como infraestrutura física das vias, juntamente com a regulação dos motores dos veículos, tempo levado para completar a rota, a localização incorreta dos pontos de paradas obrigatórias e o sucateamento, são variáveis que determinam a quantidade e intensidade da emissão de CO_2.

4. Considerações finais

As diretrizes ambientais e o geoprocessamento aliado à linguagem de programação de software mostram-se eficazes no gerenciamento do transporte coletivo por ônibus no município de Várzea Grande/MT, possibilitando futuro planejamento tanto para a melhoria deste tipo de transporte quanto no âmbito das questões ambientais no âmbito das emissões de CO_2. Desta forma este estudo, futuramente poderá ser implantado o modelo de Mattos (IPCC) em mais linhas da frota de transporte coletivo do município, contemplando por meio das geotecnologias às responsabilidades ambientais na mobilidade urbana.

Referências Bibliográficas

ANTP – **Associação Nacional de Transporte Público**. Dados do sistema de informações. São Paulo, 2006. 56 p.

IBGE, **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <www.ibge.gov.br> Acesso em: 20 maio. 2018.

IPCC**. Intergovernmental Panel on Climate Change.** Special report on managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2011.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE (CNT). **Oficina Nacional: transporte e mudança climática**. Brasília, 2009. 102 p.

JOÃO, M. M. & JOÃO, D. M. et al **Transportes e emissões de CO2: uma abordagem baseada na metodologia do IPCC, 2007**. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/PROJETOS/Emissoes.pdf> Acesso em: 21 jul. 2018.

MATTOS, L.B.R. **A importância do setor de transportes na emissão de gases do efeito estufa: o caso do município do Rio de Janeiro.** Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. 68 p.

ROOT, A. **Cultural and environmental aspects of transport regulation.** Endeavor, Oxford, Volume 20, Issue 3, 1999. Disponível em:<https://www.sciencedirect.com > Acesso em: 20 mar. 2018.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **O que é trânsito.** São Paulo: Ed. Brasiliense, 1998. 05 p.

WANG, C. et al. **CO^2 mitigation scenarios in China's road transport sector.** Energy Conversion and Management, Beijing, Volume 48, Issue 7, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com> Acesso em: 21 jan. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

EVOLUÇÃO HOLOCÊNICA DO ARQUIPÉLAGO FLUVIAL DO RIO AMAZONAS À MONTANTE DA CIDADE DE PARINTINS-AM

Rildo Oliveira Marques[(a)], Hugo Levy da Silva de Melo[(b)]

(a) Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas (UFAM) rildomarques.geo@gmail.com
(b) Doutorando em Ensino e História De Ciências da Terra. Universidade Estadual De Campinas (UNICAMP) hugo-am@hotmail.com

Eixo:
Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:
O presente artigo teve por objetivo realizar uma análise multitemporal do arquipélago fluvial localizado no rio Amazonas à montante da cidade de Parintins - AM, a partir da sobreposição vetorial de dados obtidos em uma série histórica de imagens Landsat adquiridas nos intervalos de 1985, 1998 e 2015. Considerando o período total, verificou-se que os processos fluviais mais significativos atingiram as costas sinuosas e a face montante do complexo de ilhas. Dentre os processos erosivos, inclui-se erosão das margens, erosão parcial em ilha e erosão total em ilha. Com relação à deposição, houve acréscimo em ilhas, novas ilhas formadas, barras laterais acrescidas à planície de inundação, colmatação de lagos e deposição em diques marginais. A migração do canal revelou que os processos fluviais foram mais intensos no intervalo entre 1985-1998 e que as taxas de erosão foram superiores as de deposição para todo período estudado.
Palavras-chave: Dinâmica fluvial, Erosão, Deposição.

1. Introdução

Os processos fluviais alternam-se no tempo e espaço, sendo definidos pela distribuição da velocidade e turbulência do fluxo dentro do canal. São processos dependentes entre si e resultam não apenas das mudanças no fluxo, como também da carga existente (CUNHA, 2013). Dentro desse contexto incluem-se os processos de erosão e deposição que estão entre os elementos mais dinâmicos da paisagem fluvial holocênica Amazônica.

O presente estudo teve por objetivo realizar uma análise multitemporal do arquipélago fluvial localizado no rio Amazonas à montante da cidade de Parintins – AM, a partir da sobreposição vetorial de dados obtidos em uma série histórica de imagens Landsat adquiridas nos intervalos de 1985, 1998 e 2015.

A área de estudo é recoberta por uma única cena Landsat (órbita/ponto 229/62) e as imagens utilizadas para análise foram selecionadas com a mínima cobertura de nuvens e datas de aquisição coincidente com período de vazante para evitar possíveis interferências da

variação do nível das águas. As imagens foram adquiridas no acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE e no site do Instituto USGS. O processamento de classificação e vetorização foi realizado no software ENVI 5.1; o georreferenciamento, análise multitemporal e o cálculo de áreas erodidas e depositadas foi obtido a partir de planos de informações gerados no ArcGis 10.3.

O primeiro período corresponde a um intervalo de treze anos e as imagens utilizadas datam de 09/08/1985 e 13/08/1998, sendo as cotas fluviométricas de 5,77m e 6,08m, com variação de 31 cm no nível do rio Amazonas. O segundo período compreende dezessete anos e as imagens datam de 13/08/1998 e 13/09/2015, sendo as cotas de 6,08m e 6,55m, respectivamente, com variação de 47 cm entre ambas as datas de passagem do satélite.

Considerando o período total, verificou-se que os processos fluviais mais significativos atingiram as costas sinuosas e a face montante do complexo de ilhas. Dentre os processos erosivos, inclui-se erosão das margens; erosão parcial em ilha e erosão total em ilha. Com relação à deposição, houve acréscimo em ilhas; novas ilhas formadas; barras laterais acrescidas à planície de inundação; colmatação de lagos e deposição em diques marginais. Considerando o intervalo total, a área erodida encontrada no período de 1985 a 2015 foi de aproximadamente 68,87 km², enquanto que a deposição foi de 42,39 km², estando as taxas anuais em 2,29 km²/ano e 1,41 km²/ano, respectivamente.

2. Materiais e Métodos

O levantamento das imagens para a análise multitemporal foi realizado de forma gratuita no acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, e no acervo do Instituto U.S. Geological Survey. Para este trabalho foram utilizadas imagens Landsat 5 e 8 dos anos de 1985, 1998 e 2015 na órbita/ponto 229/62 e com 30 m de resolução espacial. A área de interesse do estudo é recoberta por uma única cena Landsat e as imagens utilizadas foram selecionadas com a mínima cobertura de nuvens e datas de aquisição coincidente com período de vazante, para evitar possíveis interferências da variação do nível do rio.

2.1 Análise multitemporal

Na etapa de análise multitemporal, os vetores dos anos de 1985 e 2015 foram organizados e processados em um plano de informação dentro do ArcGIS 10.3. Inicialmente, criou-se a partir da junção destes um terceiro vetor com a ferramenta de geoprocessamento Intersect. Esse novo vetor, denominado intersect, é gerado com base nas áreas comuns ou de interseção entre os dois períodos. Posteriormente, criou-se na tabela de atributos desse vetor uma coluna com o nome intersect com a informação 1985-2015.

No segundo momento, utilizando a ferramenta de geoprocessamento Union, juntou-se os vetores de 1985 e de 2015 ao vetor intersect, dando origem a um quarto vetor, denominado union/intersect, que agrega dados de áreas de interseção e áreas de erosão e deposição.

No terceiro momento, utilizando a tabela de atributos do vetor union/intersect, deletou-se a coluna intersect, deixando apenas os vetores que representam as mudanças observadas por erosão e deposição. Ressalta-se que este mesmo procedimento foi feito para os períodos de 1985-1998 e 1998-2015.

Definida essa etapa, foi realizado o cálculo das áreas e estimaram-se as taxas de erosão e deposição no período de tempo estudado. A obtenção das taxas anuais foi feita a partir da divisão do total das áreas erodidas e acumuladas pelo número de anos de cada período e para o período total.

2.2. Medição batimétrica transversal do rio amazonas

O perfil transversal do leito do rio Amazonas foi elaborado a partir dos dados de um ecobatímetro digital da marca GPS/sonar Garmin Echomap 52dv. Para a realização da metodologia foi utilizada uma embarcação de pequeno porte, onde em sua lateral foi instalada uma peça de madeira na posição vertical para que o sensor do aparelho fosse submerso a uma profundidade de aproximadamente 40 cm. A velocidade de deslocamento da embarcação de uma margem à outra durante os trabalhos de campo era de aproximadamente 5 a 6 Km/h e a

cada 10 segundos se registrava em uma caderneta de campo um dado do visor do aparelho correspondente à profundidade do rio.

3. Resultados e Discussões

3.1. Evolução multitemporal do rio amazonas no município de Parintins: A dinâmica fluvial no período de 1985 a 1998

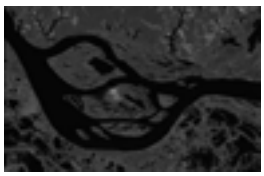
O primeiro período da sobreposição corresponde a um intervalo de treze anos e as imagens utilizadas para essa análise datam de 09/08/1985 e 13/08/1998, sendo as cotas fluviométricas de 5,77 m e 6,08 m, com variação de 31 cm.

Com relação ao processo erosivo, observa-se que este foi mais intenso nos trechos sinuosos localizados na margem esquerda do paraná do Arari e na margem direita do rio Amazonas, entre a localidade Borralho e Saracura, locais onde possivelmente o talvegue está sendo encaixando devido o desvio do fluxo principal pela presença das ilhas. Verifica-se ainda que, devido ao impacto hidráulico, a face lateral esquerda das ilhas do Arco e das Onças sofreu erosão de forma que a mudança do fluxo promoveu alargamento dos paranás entre as mesmas. Dentre os processos erosivos ocorreram, simultaneamente, erosão nas margens e erosão parcial em ilhas.

Com relação à deposição, verificou-se cinco processos principais: deposição em ilhas, novas ilhas formadas, barras laterais acrescidas à planície de inundação, deposição em diques marginais e colmatação de lagos.

A principal mudança ocorreu no arquipélago das ilhas Marinho onde o rio passou a depositar uma extensa área de sedimentos, levando a considerar que houve redução da velocidade da corrente por conta da distância em relação ao talvegue que encontra-se encaixado na margem direita (figura 01).

Imagem Landsat 5 - 1985



Fonte: INPE.

Imagem Landsat 5 - 1998

Fonte: INPE.

Figura 01: Evolução holocênica do arquipélago no período de 1985-1998.

Considerando a área total, constatou-se que as áreas perdidas por erosão corresponderam a aproximadamente 37,86 km², e as áreas acrescidas somaram 22,38 km². De acordo com os dados houve predominância dos processos erosivos sobre os deposicionais, onde as taxas de erosão e deposição anuais corresponderam a 2,91 km² e 1,72 km², respectivamente.

3.2. A dinâmica fluvial no período de 1998 a 2015

O segundo período compreende um intervalo de dezessete anos e as imagens utilizadas datam de 13/08/1998 e 13/09/2015, sendo as cotas fluviométricas de 6,08 m e 6,55 m, respectivamente, com variação de 47 cm entre ambas as datas de passagem do satélite.

Nesse intervalo é possível notar que a paisagem marginal e flúvio-lacustre apresentou, em sua maior parte, mudanças nas mesmas áreas atingidas no período entre 1985 e 1998, no

entanto, em outras áreas houve inversão de processos, ou seja, áreas antes atingidas por erosão passaram a formar zonas de depósito, assim como estas, no segundo momento, sofreram perdas parciais por conta da erosão marginal (figura 02).

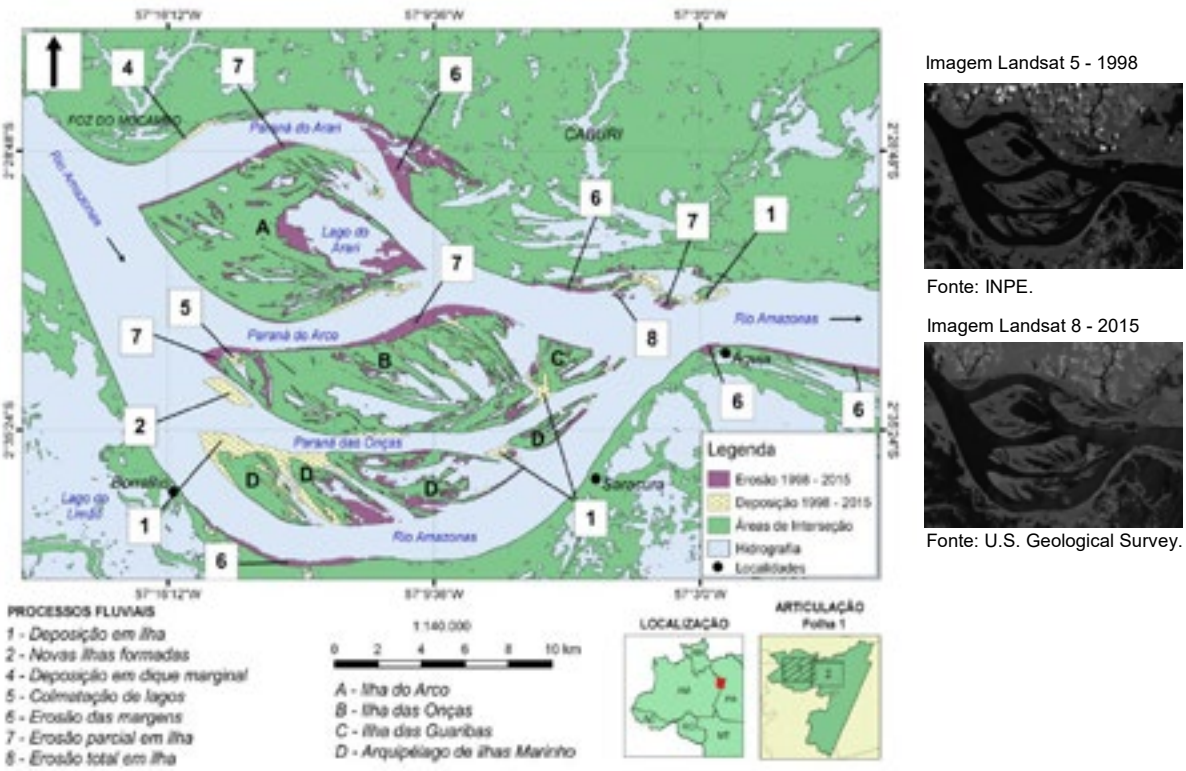


Figura 02: Evolução holocênica do arquipélago no período de 1998-2015.

Em detalhe, é possível observar que em relação ao processo erosivo ocorreu, simultaneamente, erosão nas margens, erosão parcial em ilha e erosão total em ilha. Acrescenta-se, nesse intervalo, a ocorrência de um evento de terra caída em grande escala na localidade Costa da Águia em março de 2007, que foi associado ao abatimento do pacote sedimentar por acomodação do leito, formando uma enseada com 620m de frente por 480m de fundo, o equivalente a 297.600 m² (IGREJA; CARVALHO; FRANZINELLI, 2010; CARVALHO et al. 2010; CPRM, 2007).

A faixa marginal afetada na Costa da Águia durante esse episódio é composta por cinturões de sedimentos holocênicos incoesos e até o ano de 1998, como mostra a figura 03, havia predomínio de processos deposicionais junto à margem.

Os professores da UFAM José Alberto Lima de Carvalho (Depto. De Geografia) e Hailton Luiz Siqueira da Igreja (Depto. de Geologia) que estiveram no local cinco dias após o evento (figura 03) identificaram que o mesmo provocou o abatimento intermitente de camadas de sedimentos da base para o topo, provocando no rio ondas de aproximadamente seis metros de altura originada a cerca de 400m da margem, tendo como consequência os seguintes danos: 130 pessoas atingidas, morte de um agricultor; trinta e duas residências danificadas; perda de aproximadamente 20 hectares de malva; perdas de três embarcações, perda de duas residências e de áreas de cultivo de malva (fibra).

Figura 03: Evento ocorrido na Costa da Águia em março de 2007. Foto: CARVALHO, J. A. L, 2007. A localidade atingida por sucessivas ondas; B – perda de áreas de cultivo de malva (fibra); C -embarcações lançadas para fora do canal indicando a grandeza das ondas; D – enseada formada após o evento.

Devido o estreitamento do canal nesse ponto, o perfil transversal do leito do rio mostra que o eixo de maior velocidade e vazão está concentrado no meio do rio Amazonas, com

áreas de intensa turbulência e velocidade moderada nas laterais (figura 04). Por receber intensa carga hidráulica das ramificações do complexo de ilhas, esse local, por ser estreito, é um dos pontos de maior profundidade, vazão e velocidade do rio Amazonas no município de Parintins.

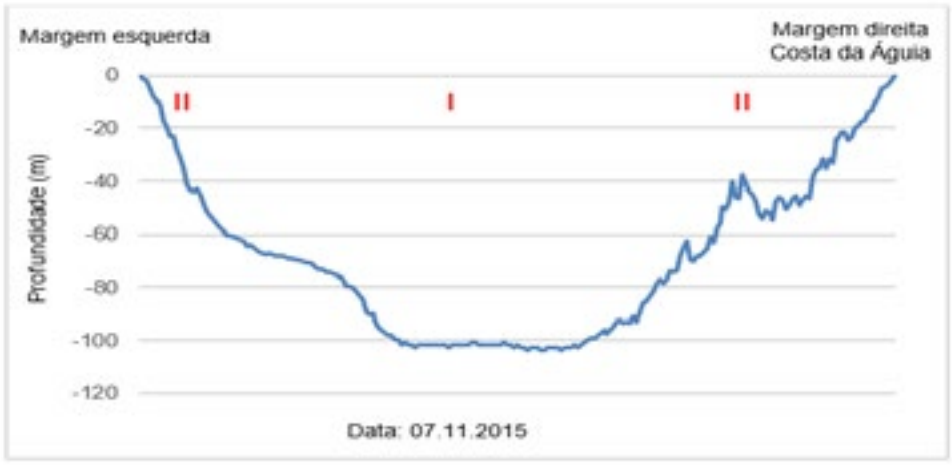


Figura 04: Perfil transversal do rio Amazonas na localidade Costa da Águia.
Legenda: I – eixo de alta velocidade e vazão do rio; II – intensa turbulência e velocidade moderada.

Técnicos da CPRM corroboraram parcialmente com a interpretação dos professores e ampliaram a mesma e em relatório, sugeriram estudos detalhados durante os períodos de enchente e vazante ao longo da calha do rio para o acompanhamento da dinâmica fluvial e sua influência na área afetada.

Em todo o canal as localidades com maiores alterações ocorreram nas bordas das ilhas, entre a localidade Borralho e Saracura, entre a Águia e a foz do paraná do Limão e, principalmente, no limite jusante da margem esquerda do paraná do Arari.

A dinâmica deposicional seguiu-se a partir de processos de acreção vertical e lateral, com destaque para cinco principais feições: deposição em ilha, novas ilhas formadas, barras laterais acrescidas à planície de inundação, deposição em dique marginal e colmatação de lagos. As mudanças mais significativas são constatadas na anexação do arquipélago das ilhas Marinho em uma única feição, junção entre a ilha das Onças e a ilha das Guaribas.

A sobreposição temporal mostra que, assim como no intervalo anterior, os processos erosivos foram superiores aos deposicionais. A soma das áreas perdidas por erosão correspondeu a aproximadamente 31,01 km² e as acrescidas 20,01 km², sendo as taxas anuais de erosão e deposição de 1,82 km²/ano e 1,17 km²/ano, respectivamente.

3.3 Síntese das alterações morfológicas entre 1985 e 2015

A migração lateral do rio Amazonas revelou que, embora a escala temporal tenha sido menor para o intervalo entre 1985 e 1998, as áreas erodidas e acrescidas foram superiores as taxas encontradas no intervalo entre 1998 e 2015, isso mostra que a dinâmica dos processos fluviais do canal apresentou considerável redução nas duas últimas décadas.

Considerando o intervalo total, as áreas erodidas no período entre 1985 e 2015, corresponderam a aproximadamente 68,87 km², enquanto que as áreas depositadas somaram 42,39 km², estando as taxas anuais em 4,73 km²/ano e 2,89 km²/ano.

Tabela I: Áreas totais e taxas anuais para cada intervalo estudado.

Período	Total de áreas em km²		Taxas anuais em km²	
	Erosão	Deposição	Erosão	Deposição
1985-1998	37,86	22,38	2,91	1,72
1998-2015	31,01	20,01	1,82	1,17
1985-2015	68,87	42,39	4,73	2,89

Fonte: LANDSAT-5/8. INPE/ U.S. Geological Survey.

No intervalo entre 1985-1998, as áreas erodidas e depositadas apresentaram diferença de 15,48 km², enquanto que no período de 1998-2015 essa diferença foi menos expressiva, correspondendo a 11 km².

A dinâmica das margens mostra ainda que a montante, existe, visualmente, certo equilíbrio entre os processos erosivos nas laterais do canal, com predomínio na margem esquerda. A partir do estreitamento do canal que ocorre próximo a localidade Costa da Águia até a jusante da cidade de Parintins, o rio Amazonas passa a migrar para a margem direita,

diminuindo progressivamente à medida que avança sobre formações sedimentares mais antigas.

Com relação aos processos de erosão/deposição em frente à cidade de Parintins, foi possível observar que a montante, entre a foz do paraná do Limão até próximo a baixa do São José, houve um domínio pouco significativo de depósitos de aluviões junto a margem. A partir desse ponto, com exceção da área em frente ao recinto do Porto, a erosão lateral foi mais expressiva, e à medida que se aproximou do limite inferior do terraço fluvial da cidade, tornou-se mais acentuada.

No intervalo entre 1985 e 2015, as áreas perdidas por erosão em frente à cidade corresponderam a aproximadamente 0,041 km², sendo o bairro Santa Clara, o mais atingido, afetando uma extensão de aproximadamente 400m ao longo da margem e 30m de fundo, que compreendia parte da antiga rua Portugal e de propriedades adjacentes.

4. Considerações Finais

A utilização de dados de sensoriamento remoto em estudos realizados no rio Solimões/Amazonas como de Rozo (2004); Rozo, Nogueira e Carvalho (2005); Carneiro (2009); Freitas (2009); Marinho e Melo (2009); Teixeira e Maia (2009); Passos e Soares (2015); Mertes, Dunne e Martinelli (1996) entre outros, têm mostrado resultados bastante satisfatórios. Rozo (2004) concluiu que a análise espaço-temporal mostrou ser uma boa ferramenta para identificar as mudanças dos sistemas fluviais desde que os dados adquiridos sejam nas mesmas condições, na mesma época em relação ao período do ano e que possuam mínimas variações entre as cotas do corpo d'água.

No caso em particular, a análise multitemporal mostrou que os dados de perda e acréscimo de áreas podem contribuir para análises mais consistentes sobre o canal fluvial, pois permite uma análise conjunta entre aspectos quantitativos e qualitativos.

O Amazonas, ao ser considerado um rio jovem do ponto de vista do processo evolutivo da terra, ainda está por encontrar seu leito definitivo. Essa condição faz com que ocorra um contínuo ajuste de variáveis como forma, seção transversal, padrões de fluxo e

mudanças no transporte de carga de sedimentos que são, em grande parte, controlados pela intensa dinâmica fluvial dos mecanismos que envolvem os processos de erosão, transporte e deposição.

Essa característica acaba por promover mudanças significativas na paisagem ribeirinha que se verificam não somente por erosão das margens, mas também por diversas formas aluviais que surgem do acúmulo de partículas transportadas e depositadas em determinados trechos do rio, e que ao se estabilizarem, podem gerar mudanças de comportamento dos padrões de fluxo do canal.

A migração do canal revelou que os processos fluviais foram mais intensos no intervalo entre 1985-1998, embora a escala temporal tenha sido menor para esse intervalo. Portanto conclui-se que a dinâmica fluvial do canal apresentou considerável redução nas duas últimas décadas.

Referências

CARNEIRO, D. S. **Morfodinâmica fluvial do rio Solimões, trecho Tabatinga a Benjamin Constant - AM e suas implicações para o ordenamento territorial**. 156 p. (Dissertação. Mestrado em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal Fluminense), Niterói-RJ 2009.

CARVALHO, J. A. L. **Erosão nas margens do rio Amazonas**: o fenômeno das terras caídas e as implicações na vida dos moradores. 185 p. (Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Geografia-PPGEO/UFF) Niterói-RJ, 2012.

_____. L; ALMEIDA, N. V; CUNHA, S.B. Evento Catastrófico das terras caídas e implicações sociais em trecho do rio Amazonas à montante da Cidade de Parintins-Amazonas. In: SEMINÁRIO LATINO AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 4/ SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GEOGRAFIA FÍSICA, 2, Coimbra. **Anais**... Coimbra – Portugal, 2010.

CPRM – Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais. **Relatório de vistoria do evento Saracura/Costa da Águia município de Parintins Estado do Amazonas**. Autoria: José Moura Vilas Bôas e Rafael Fernandes Bueno, 2007.

CUNHA, S. B. Geomorfologia fluvial. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. (orgs.). **Geomorfologia**: uma interpretação de bases e conceitos. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013. p. 211-252.

FREITAS, F. T. **Análise multitemporal da modalidade erosiva do tipo "Terra Caída" na região do Médio Solimões – Coari/AM**. 125 p. (Dissertação. Mestrado em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2009.

IGREJA, H. L. S; CARVALHO, J. A. L; FRANZINELLI, E. Aspectos das terras caídas na região Amazônica. In: ALBUQUERQUE, A. R. C. (org.) **Contribuições teórico-metodológicas da Geografia Física**. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas, 2010. p. 135-153.

MARINHO, R. R; MELO, E. Análise multitemporal da geomorfologia fluvial do rio Solimões entre dois períodos hidrológicos (cheia de 1999 e a vazante de 2005). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIV, Natal. **Anais**...Natal: INPE, 2009. p. 4765-4772.

MARQUES, R. O. Erosão nas margens do rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e as implicações para a cidade de Parintins-AM. 175 p. (Dissertação. Mestrado em Geografia. Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas), Manaus-AM, 2017.

MERTES, L. A. K; DUNNE, T; MARTINELLI, L. A. Channel-floodplain geomorphology along the Solimões-Amazon River, Brazil. **Geologica Society of America Bulletin**, v. 108, n. 9, p. 1089-1107, 1996.

PASSOS, M. S; SOARES, E. A. A. Análise multitemporal da dinâmica fluvial do Rio Solimões no trecho entre Manaus e Codajás (Amazônia Ocidental) por meio de imagens Landsat-5/TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, João Pessoa. **Anais**...João Pessoa: INPE, 2015. p. 4010-4016.

ROZO, J. M. G; NOGUEIRA, A. C. R; CARVALHO, A. S. Análise multitemporal do sistema fluvial do Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do rio Madeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, Goiânia. **Anais**...Goiânia: INPE, 2005. p. 1875-1882.

ROZO, J. M. G. **Evolução holocênica do rio Amazonas entre a ilha do Careiro e a foz do rio Madeira**. 93 p. (Dissertação. Mestrado, Universidade Federal do Amazonas, Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Geociências). Manaus - AM, 2004.

TEIXEIRA, S. G; MAIA, A. M. M. Análise da dinâmica das margens do rio Madeira (AM) no período de 1987 à 2007, a partir de imagens de sensores remotos ópticos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, Natal. **Anais**...Natal: INPE, 2009. p. 1559-1566.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação na Praia da Taíba – CE

Lorena Dias da Costa [(a)], Tatiana Oliveira Falcão Quintela [(b,c)]

[(a)] Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Universitário Farias Brito - FBUNI, lorenadias148@gmail.com

[(b)] Docente do Centro Universitário Farias Brito - FBUNI, tatifal.fbuni@gmail.com

[(c)] Docente da Universidade de Fortaleza - UNIFOR, tatifal@unifor.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este trabalho tem como objetivo realizar uma análise multitemporal do processo de uso e ocupação urbana no setor leste da Praia da Taíba, localizada no município de São Gonçalo do Amarante, no estado do Ceará. Onde, primeiramente, foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito do referido tema de estudo. Posteriormente, a partir do *software Google Earth Pro,* foi possível obter imagens de satélites da área de estudo correspondentes aos anos de 2004, 2011 e 2017 para aplicação de técnicas de geoprocessamento. Em seguida, com auxílio do programa *QGIS* 2.18.24, foi realizado a confecção de mapas temáticos multitemporais com ênfase no crescimento da malha urbana. A partir dos dados obtidos, foi constatado que em uma escala temporal de 13 anos, a malha urbana passou de 764 km² (2004) para 1700 km² (2017), constatando um aumento de 122,51%. Ou seja, progresso de atividades turísticas e econômicas acabou ocasionando mudanças significativas na paisagem.

Palavras chave: geoprocessamento, turismo, uso e ocupação.

1. Introdução

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2011), o alto grau de impacto antrópico na zona costeira do Brasil é evidente desde a colonização europeia. Tendo como uma das consequências dessa ocupação, no decorrer do tempo, a degradação do bioma Mata Atlântica, que integrava grande parte do litoral do País, hoje restando apenas, aproximadamente, 7% de sua área original. Além disso, a ocupação humana no litoral brasileiro afeta o bioma marinho, podendo causar danos relacionados à sobrevivência das diversas espécies que o compõem.

Apesar de a zona costeira ser um ambiente instável, a maior parte da população vive e/ou trabalha próximo a faixa litorânea, devido sua importância estratégica ambiental, social, cultural e econômica (FALCÃO-QUINTELA, 2014). Aproximadamente, 2/3 da população mundial vive atualmente numa faixa de menos de 50 km do litoral (UNESCO, 1997). Dessa forma, é de fundamental importância para quase metade da população mundial, compreender os processos atuantes e a morfologia costeira para o planejamento e o desenvolvimento (CHRISTOPHERSON, 2012).

Desse modo, para que haja a manutenção econômica das localidades litorâneas, é importante que seja implantado um processo de gestão integrada da zona costeira, possibilitando a convivência pacífica das atividades antrópicas com o meio ambiente, tais como o turismo e a pesca (ABREU *et al.,* 2017). Ou seja, propiciar o respeito ao meio ambiente original, sem deixar de lado as tradições da população; o manejo adequado dos recursos naturais e o desenvolvimento econômico.

Em razão do exposto, o presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise multitemporal das formas de uso e ocupação do setor leste da Praia da Taíba aplicando o uso de geotecnologias.

1.1. Área de estudo

A Praia da Taíba está situada em um município a oeste do estado do Ceará, São Gonçalo do Amarante. O qual, segundo o IBGE (2018), tem uma população estimada de 48.516 habitantes. Este tem área territorial de 834,448 Km² (IBGE, 2017) e conta com um litoral de 18 Km de extensão, estando a 223 Km da capital do estado, Fortaleza.

Segundo DANTAS (2006), a área de estudo está situada em uma unidade geomorfológica, a planície litorânea. Onde sofre influência de diferentes componentes geoambientais, além de apresentar condições favoráveis para atividades turísticas, devido seus atrativos naturais (dunas, lagoas, coqueirais e ventos favoráveis á prática de esportes).

Antes, a comunidade da Taíba era apenas uma vila de pescadores, em que, a maior motivação de quem visitava o local era em buscas de conhecer paraísos exóticos. Entretanto, após a construção de rodovias que facilitaram o acesso a mesma, houve um avanço do turismo na região, como também do número de casas de veraneio, pousadas, *Resorts* e restaurantes (MATOS e ANDRADE, 2017).

O crecimento econômico na área de estudo se deu, principalmente, após a instalação do Complexo Portuário do Pecém e a implantação de geradores eólicos, contribuindo, cada vez mais, para o aumento da especulação imobiliária no local (PORTELA *et al*, 2017).

Segundo Dantas (2006), as atividades antrópicas fomentam os problemas encontrados no litoral da praia da Taíba, tendo como resultado o aplainamento de dunas, o desmonte de falésias, as edificações na faixa de praia, o empobrecimento da biodiversidade, além do acúmulo de lixo. Ressaltando que há prática de extração de areia para a construção civil a partir das dunas promovendo a degradação da mesma, estimulando a erosão da mesma.

2. Materiais e Métodos

Foram realizados estudos preliminares através de levantamento bibliográfico sobre a ocupação antrópica no litoral brasileiro tomando como base artigos científicos, dissertações, teses, livros e site oficial do IBGE. Os quais se referiam à ocupação antrópica no litoral brasileiro e, por conseguinte, as consequências deste feito.

Em seguida, por meio do *software Google Earth Pro*, foram capturadas imagens, correspondem aos anos de 2004, 2011 e 2017, do setor leste da praia da Taíba. Posteriormente, utilizando o *software* QGIS 2.18.24 estas imagens foram georrefenciadas, no Sistema de Referência SIRGAS 2000, no Sistema de coordenadas UTM, fuso/zona 24M, com propósito de avaliar e quantificar a evolução da ocupação numa escala temporal de 13 anos.

3. Resultados e discussões

A partir das imagens de satélite, podemos verificar a crescente ocupação da área litorânea da Praia da Taíba, notando-se a intensificação das atividades antrópicas em áreas de dunas.

No ano de 2004, podemos perceber que a área de ocupação urbana não era tão expressiva (Figura 1). Entretanto, a área edificada próxima à faixa de praia já era significativa, mas sem a presença de hotéis, *Resorts* ou algum outro atrativo/atividade.

Percebe-se no ano de 2011, a presença de um *Resort*, o aumento de residências e a ampliação de vias de tráfego (Figura 2). Tal fato ocorre tanto na faixa de praia quanto em dunas.

Na figura 3, referente ao ano de 2017, nota-se que além da intensificação da ocupação urbana houve também a implantação de geradores eólicos na região de dunas. Sendo perceptível a mudança na paisagem local numa escala temporal de apenas 6 anos.

A partir da Tabela I, notou-se que entre os anos de 2004 e 2011 a área de ocupação aumentou 642 km². Da mesma forma, esta continuou a aumentar no intervalo observado entre os anos de 2011 e 2017, onde a expansão da mesma foi de 294 km². Logo, pode-se dizer que, em um intervalo de 13 anos, a Praia da Taíba sofreu um aumento de 936 km² de área ocupada, seja com edificações e/ou vias de tráfego.

Figura 1 – Ocupação urbana da praia da Taíba em 2004

Figura 2 – Ocupação da praia da Taíba em 2011

Figura 3 – Ocupação da praia da Taíba em 2017

Tabela I – Expansão da área de ocupação urbana em relação ao ano

Ano	Área de ocupação urbana (km²)
2004	764
2011	1.406
2017	1.700

4. Considerações finais

Contudo, podemos observar o notório avanço gradativo da malha urbana em ambientes altamente instáveis e vulneráveis aos processos de uso e ocupação. Desse modo, seria interessante que os órgãos públicos, juntamente, com a população local se atentassem adotar

medidas mitigadoras para que o desenvolvimento das atividades turísticas e econômicas não interfira nos aspectos naturais da região.

Referências Bibliográficas

ABREU, F. L.; VASCONCELOS, F. P.; ALBUQUERQUE, M. F. C. A diversidade no uso e ocupação da zona costeira do Brasil: a sustentabilidade como necessidade. **Conexões – Ciência e Tecnologia**. Fortaleza/CE, v. 11, n. 5, p. 8 - 16, dez. 2017. DOI: 10.21439/conexoes.v11i5.1277.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: Uma introdução à geografia física**. Trad. Francisco Eliseu Aquino et al. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

DANTAS, F. N. M.; SILVA, A. de A.; VIEIRA, F. F. de S.; SOUSA, D. V. de; RIBEIRO, L. de S. **Análise dos impactos ambientais causadas pela especulação imobiliária no campo de dunas da Taíba, são Gonsalo do Amarante – CE.** IV Simpósio Nacional de Geomorfologia/ Regional Conference on Geomorphology – Goiania, GO, 2006. Disponível em:<http://lsie.unb.br/ugb/sinageo/6/6/244.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2019.

IBGE. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. 2011. p. 77. ISBN : 9788524042195. Disponível em: <file:///D:/artigo_2/citações/liv55263.pdf>.Acesso em: 5 fev. 2019.

IBGE. **São Gonçalo do Amarante**. Disponível em:< https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/sao-goncalo-do-amarante/panorama> Acesso em: 7 fev. 2019.

MATOS .F. O.; ANDRADE B. L. S. Um Olhar Sobre os Impactos da Atividade Portuária do Pecém no Turismo da Praia da Taíba – CE. **Revista Eletrônica de Geografia**. v.8, n.21, p. 130-149, set/2017. Disponível em:<http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/8edicao/n21/7.pdf>. Acesso em: 5 frv. 2019.

PORTELA1, J. P.; FREIRE2, G. S. S.; MORAIS3, M. V. A. R. Análise do uso e ocupação do litoral de São Gonçalo do Amarante – Ceará – Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**. Rio Grande do Norte – RN, v. 3, n. 2. Disponível em:<file:///D:/artigo_2/citações/12928-Texto%20do%20artigo-40647-1-10-20171228.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2019.

QUINTELA, T.O.F. **Procedimentos de investigação e avaliações metodológicas no estudo geomorfológico de feições costeiras.** Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

UNESCO. **Guide Méthodologique d'Aide a La Gestion Integree de La Zone Côtière. Paris: Commission Oceanographique Intergouvernementale**. 1997. Disponível em:< http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-01/010010614.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

GEOTECNOLOGIAS COMO SUBSÍDIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS A DESERTIFICAÇÃO

Adriana Assis da Silva [(a)], Raissa Ribeiro Costa [(b)], Udmilla Moura Contes Fortunato [(c)]

[(a)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, drikaauefs@gmail.com
[(b)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, costarr.geo@gmail.com
[(c)] Departamento de Ciências Humanas e Filosofia - DCHF/Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS, udfortunato@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar as áreas susceptíveis a desertificação e a proteção na sub bacia do rio Salitre, na Bahia, a partir das análises dos mapas de declividade, solos, uso e cobertura do solo e o clima (índice de aridez). A metodologia utilizada foi: levantamento bibliográfico sobre os conceitos de desertificação e áreas protegidas, além da construção de mapas e elaboração do índice de aridez dos municípios presentes na sub bacia. A partir dessas análises foi possível classificar as áreas susceptíveis a desertificação em alto, moderado e baixo grau de susceptibilidade, além de identificar áreas a serem protegidas. Vale ressaltar a importância desse estudo para o semiárido baiano, pois aprofunda o conhecimento sobre essa sub bacia, além de servir como base para propostas de proteção e preservação do semiárido e da sub bacia.

Palavras chave: Caatinga; geoprocessamento; degradação ambiental; bacia hidrográfica.

1. Introdução

A degradação dos recursos naturais tem se tornado tema de relevância no cenário nacional nas discussões sociais, econômicas e ambientais, ainda mais no que diz respeito ao semiárido nordestino - região que possui susceptibilidade natural ao processo de desertificação principalmente em função das características fisiográficas - clima, classes de solo (Soares, et

al, 2010). Mas, que é agravado pela ação antrópica considerando o uso e ocupação intensivo na região em que se estima perda de cerca de 60% da vegetação natural (IBAMA, 2017).

Nesse sentido, o estudo do uso e cobertura do solo torna-se aliado às pesquisas ambientais, pois "consiste em buscar conhecimento de toda a sua utilização por parte do homem ou pela caracterização dos tipos e categorias de vegetação natural que reveste o solo" (Ferreira, 2005) e vem se amplificando devido o interesse da sociedade no que diz respeito à possibilidade de monitoramento ambiental e o acompanhamento do desenvolvimento econômico a partir do uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto (Nascimento, et al, 2005).

Considerando a dinâmica e importância dos recursos hídricos no semiárido nordestino, e como os mesmos são impactados com a degradação ambiental, a área de estudo consiste na sub bacia do Rio Salitre - localizada na Bahia e composta por nove municípios. De forma que se torna notório a necessidade de estudo sistemático da paisagem, incorporando assim elementos essenciais para estudo da desertificação.

Diante da relevância do tema, este trabalho tem por objetivo identificar áreas susceptíveis à desertificação e áreas com potencial de conservação na sub bacia do Rio Salitre - BA, a partir da análise e interseção de dados de uso e cobertura do solo, clima e relevo.

2. Materiais e Métodos

Inicialmente foi realizado levantamento bibliográfico sobre os temas, desertificação, degradação ambiental, uso e cobertura do solo, assim como de dados referentes a área de estudo a fim de delimitar os critérios para a identificação das áreas susceptíveis à desertificação e áreas com potencial a proteção ambiental.

A Bacia Hidrográfica do Rio Salitre é uma sub bacia do Rio São Francisco, localizada na porção norte do estado Bahia e compreende os municípios de Campo Formoso, Jacobina, Juazeiro, Miguel Calmon, Mirangaba, Morro do Chapéu, Ourolândia Umburanas e Várzea Nova (figura 1), com área correspondente a 14.136 km² (MMA, 2011). O principal rio possui

333,24 km de extensão, nascendo na Serra do Tombador em Morro do Chapéu seguindo até Juazeiro onde deságua no Rio São Francisco.

Figura 1 – Mapa de Localização da sub bacia do rio Salitre – BA.

Apesar de ter importância significativa para os municípios, já que os mesmos baseiam sua economia em atividades associadas à agricultura irrigada, a disponibilidade hídrica da sub bacia é relativamente baixa consequente ao clima semiárido, com índice pluviométrica médio anual de 500 mm, distribuição irregular de chuvas e períodos de estiagem, assegurando a intermitência dos rios. (PLANGIS, 2003)

O estudo do tema desertificação almeja uma abordagem sistêmica para o uso de indicadores já propostos por Matallo Júnior (2001) e Ministério do Meio Ambiente (2007), fundamentados na Convenção das Nações Unidas de Combate e Mitigação dos efeitos da Seca. Assim, considerando a disponibilidade dos dados, para a identificação de áreas susceptíveis à

desertificação foram utilizados indicadores fisiográficos - clima, relevo, solo e uso e cobertura vegetal, de forma que para a identificação de áreas com potencial para proteção ambiental levou-se a densidade da vegetação.

Os índices climáticos utilizados foram os dados de pluviosidade - distribuição temporal das precipitações (Tabela I) e Índice de Aridez (IA) que segundo AQUINO (2012) é determinante na identificação das áreas do globo suscetíveis à desertificação, proposto pelo UNEP (1992) obtido através da relação de precipitação média e evapotranspiração média anual. Na abordagem do indicador de relevo foi utilizada a declividade gerada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) da sub bacia disponível através do link:

Como indicador do solo foram utilizados os tipos de solos gerado através de shapefiles disponíveis do SIGBAHIA (2003) e a partir do Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (EMBRAPA, 2006). Os dados de uso e cobertura foram obtidos através do site do Mapbiomas, foram adquiridas as imagens dos nove municípios em que a sub bacia localiza-se correspondente ao ano de 2017. Essas imagens foram recortadas e classificadas no software IDRISI TERRA conforme a classificação do Mapbiomas de forma a possui as categorias de uso e cobertura do solo, sendo estas: dizer quais: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Pastagem, Cultivo Anual e Perene, Mosaico de Agricultura e Pastagem e Infraestrutura Urbana.

Após a delimitação, processamento e classificação dos critérios citados, realizou-se a interrelação dos dados através de álgebra de mapas no software ARCGIS, para assim identificar áreas susceptíveis à desertificação e áreas com potencial de proteção ambiental.

Tabela I – Dados de Temperatura, Precipitação e Índice de Aridez da sub bacia do rio Salitre – BA.

Cidades da Sub-Bacia do Rio Salitre - Bahia																		
Meses	Campo Formoso		Jacobina		Jaguarari		Miguel Calmon		Mirangaba		Morro do Chapéu		Ourolândia		Umburanas		Várzea Nova	
	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)	T (°C)	P (mm)
Jan	24.7	80	25.4	99	26.2	69	24.5	72	22.9	89	21.6	86	24.5	78	23.7	95	23.4	76
Fev	25	79	25.6	84	26.2	64	24.6	59	23.1	85	21.8	72	24.5	52	23.7	67	23.4	60
Mar	24.4	115	25.4	117	26.1	105	24.3	99	22.7	108	21.4	96	24.2	77	23.5	90	23.2	81
Abr	23.5	105	24.8	85	25.5	50	23.5	47	21.7	85	20.4	60	23.5	36	22.9	46	22.3	43
Mai	21.9	99	23.7	51	24.2	7	22.4	32	20.6	55	19	33	22.4	7	21.7	16	21.2	16
Jun	21.1	95	21.8	54	22.9	4	20.9	35	19.2	58	18.1	36	21	3	20.6	7	19.7	14
Jul	20.7	85	21.4	44	22.2	2	20.3	33	18.8	41	18.1	34	20.5	2	20.1	4	19.3	10
Ago	21.5	67	22.3	39	22.7	2	21	23	19.5	35	19	24	21.2	1	20.8	2	20.2	9
Set	22.9	29	23.6	28	24.2	2	22.4	13	21	21	20.3	15	22.7	4	22.3	7	21.5	10
Out	24.4	30	24.9	33	25.7	8	23.9	20	22.3	30	21.2	31	24.1	28	23.7	36	23	28
Nov	24.7	78	25.2	84	26	47	24.1	70	22.6	79	21.4	94	24.3	70	23.5	87	23	88
Dez	24.2	84	24.7	113	26.1	62	24	87	22.4	103	20.7	110	24	87	23.4	96	22.8	102
Total	23.3	946	24.0	831	24.8	422	23.0	590	21.4	789	20.3	691	23.1	445	22.5	553	21.9	537
IA	28.5		24.4		12.1		17.9		25.1		22.8		13.5		17.0		16.8	
	Subúmido		Subúmido		Árido		Semiárido		Subúmido		Subúmido		Árido		Semiárido		Semiárido	

Fonte: Climate.org.br. Elaborada por: Costa, R.

3. Resultados e Discussões

A vegetação possui sua importância quando se trata do estudo da desertificação no semiárido brasileiro. A degradação ambiental influência na cobertura vegetal nessa região, podendo ser analisada através do mapa de cobertura vegetal da sub bacia (Figura 2). Com isso, nota-se que as áreas mais vulneráveis à desertificação estão nos lugares onde possui um maior uso do solo, ou seja, uma menor cobertura vegetal.

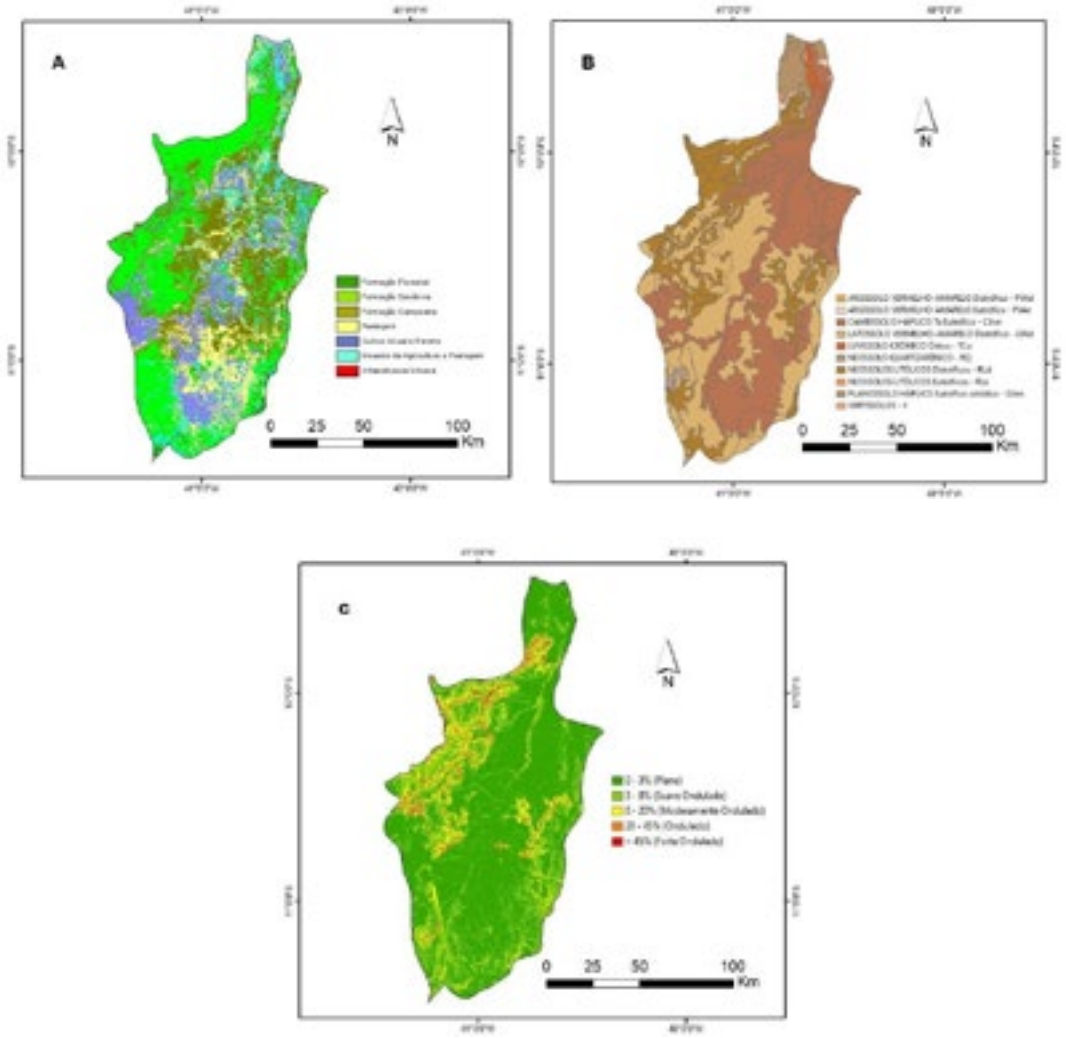


Figura 2 – Mapas de uso e cobertura vegetal (A), solos (B) e declividade (C) da sub bacia do rio Salitre – BA.

Segundo Souza (2008), o processo de retirada da vegetação pode desencadear na desertificação, aumentando a erosão e efeitos de fertilidade. O autor também salienta a importância da cobertura vegetal para a diminuição da desertificação, pois protege o solo dos processos erosivos.

Nas áreas da sub bacia onde possui uma formação florestal, savânica ou campestre, destaca-se a presença de uma vegetação mais abundante comparadas as outras classes, sendo

menos vulnerável aos processos de desertificação. Porém, em áreas de pastagem, cultivos ou nos mosaicos de agricultura, há uma intensificação na utilização dos solos, fazendo com que estejam mais susceptíveis a degradação e, assim, também a desertificação.

Ao longo de toda a sub bacia do rio Salitre, é possível notar um uso mais intensificado dos solos e, dessa forma, uma menor cobertura vegetal. A foz do rio Salitre, no centro e mais ao oeste da sub bacia, nota-se que são as áreas mais propícias à desertificação.

A declividade é a relação angular das encostas com o desenvolvimento do solo. Varia em função dos processos morfoclimáticos e cobertura vegetal, os quais irão atenuar ou agravar os efeitos erosivos em determinadas áreas geográficas com declives acentuadas (IENSEN, 2006).

A declividade é outra variável para se analisar as áreas susceptíveis à desertificação, pois quanto maior for o grau de declividade, os processos erosivos aumentam, fortalecendo assim a probabilidade de erosão dos solos. Classificado em cinco graus, o mapa (C) na Figura 2 mostra as porcentagens de declividade da sub bacia, sendo eles: 0 a 3% - Plano; 3% a 8% - Suave Ondulado; 8% a 20% - Moderadamente Ondulado; 20% a 45% - Ondulado; > 45% - Forte Ondulado. Com isso, é possível notar que nas áreas com as cores vermelho e laranja, ou seja, no noroeste da sub bacia, há uma maior predominância de áreas com um risco a desertificação. Entende-se que quanto maior o grau de declividade do terreno, maior será a possibilidade de uma desertificação.

Ao analisar o mapa de solos (B) na Figura 2 da sub bacia do rio Salitre compreende-se sua importância para identificação de áreas susceptíveis ao processo de desertificação. De acordo com o mapa pode identificar solos profundos com características de ambientes de drenagem, montanhas e planaltos com vegetação e solos férteis, como o cambissolo háplico identificado a montante do rio.

Na sub bacia também foi possível identificar solos de características de processos erosivos como os luvissolos crómicos, pois são rasos, de pouca profundidade, arenosos e de

rápida intemperização, o que facilita o desgaste quando associados as ações climáticas, hídricas e sociais. Outro tipo de solo com características inférteis são os latossolos distróficos, que possuem cor avermelhada e amarelada, com baixos níveis de nutrientes e pouco profundos, o que contribuem para o fenômeno da desertificação, pois não armazenam água e ao longo do aumento de temperatura causa desgaste mais intenso.

Outro solo de grande extensão sobre a delimitação da sub bacia é planossolo háplico de pouca espessura, estrutura porosa, permeabilidade causando dificuldade com armazenamento de água dificultando nas boas condições de fertilidade.

Diante da nossa analise a área que compreende os solos: argissolo vermelho amarelo distrófico, eutrófico, luvissolo, neossolo quartizarenico, neossolo litólico eutrófico, vertissolo não influenciam no diagnóstico de suscetibilidade a desertificação devido a sua pequena área de influência.

A partir das análises de cada mapa, é possível observar que existem áreas com uma maior susceptibilidade à desertificação que outras, assim como, também existem áreas a serem protegidas. Com isso, foi estabelecido treze pontos para identificar através de uma escala essas áreas (Figura 3).

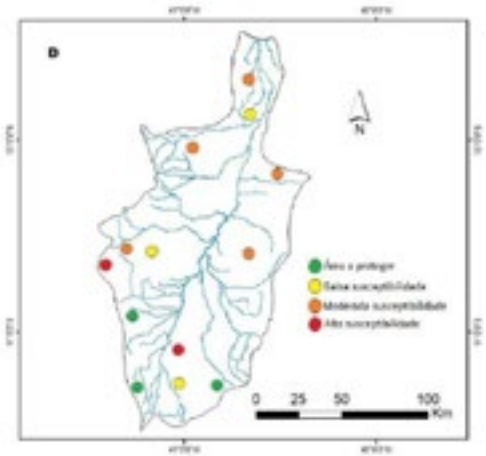


Figura 3 – Mapa de áreas susceptíveis à desertificação e proteção da sub bacia do rio Salitre – BA.

Dessa forma, o mapa das áreas susceptíveis à desertificação e a proteção (D) contribui para uma melhor compreensão sobre os riscos de degradação/desertificação da sub bacia do rio Salitre.

Com a análise do mapa, nota-se que os pontos representados pela cor laranja estão sujeitos à um grau de desertificação moderado; os pontos amarelos a um baixo grau de desertificação; os pontos em vermelho a um grau mais elevado de desertificação. Os pontos representados pela cor verde compreendem as áreas com possibilidade maior de proteção.

Os parâmetros utilizados para estabelecer cada cor foi através da sobreposição visual dos mapas de declividade, pedologia e uso e cobertura vegetal, além do balanço hídrico de cada município dessa sub bacia. A cor verde foi escolhida para representar as áreas a serem protegidas, onde possuem uma baixa declividade, sendo um relevo plano ou suavizado; os solos arenosos com pouca espessura; além de possuir climas semiárido ou sub úmido, com presença de vegetação, sem um excessivo uso do solo.

A cor amarela representa uma baixa susceptibilidade ao processo de desertificação, onde existem um relevo suavemente ondulado, porém também tem a presença de culturas e vegetação. A cor laranja compreende áreas onde a um moderado grau de desertificação, com uma declividade ondulada ou fortemente ondulado, além de uma pouca vegetação devido as atividades de uso e ocupação do solo.

As áreas que compreende uma maior susceptibilidade à desertificação estão representadas em vermelho, onde possui clima árido ou semiárido, uma declividade elevada, com relevos fortemente ondulados, além de serem áreas com intensos usos do solo, sem uma maior cobertura vegetal, facilitando assim, a ocorrência de processos erosivos.

4. Considerações Finais

Diante das análises presentes nesse artigo, com base na discussão teórica e construção dos mapas, podemos destacar que a área da sub bacia está sujeita, em determinados pontos, ao

processo de desertificação. Assim como, ao analisar outros pontos, nota-se a importância da proteção de algumas áreas.

Vale salientar que apesar de existir um alto grau de desertificação nas áreas pontuadas, é necessário que se atente as atividades presentes nessa sub bacia, pois são bens renováveis a longo prazo, além de que a intensidade dessas atividades que geram a degradação ambiental causa danos aos seres vivos ali presente.

Referências

AQUINO, C. Maria. S. de; OLIVEIRA, J. G. B.de. **AVALIAÇÃO DE INDICADORES BIOFÍSICOS DE DEGRADAÇÃO/DESERTIFICAÇÃO NO NÚCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO, PIAUÍ, BRASIL.** Revista Equador (UFPI), vol. 1, n. 1, p. 44-59 (Jun./Dez, 2012)

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS – CGEE. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília, DF: 2016. 252p.

DOURADO, C. da S. **Áreas de Risco de Desertificação: Cenários Atuais e Futuros Frente às Mudanças Climáticas.** 2017. 141 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, 2006.

FERREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. **Análise comparativa do uso e ocupação do solo na Área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, INPE, p. 2997-3004, 2005.

GONÇALVES, M. A. (Ed.). **Informe Nacional sobre Áreas Protegidas no Brasil-Ministério do Meio Ambiente**. Brasília: Parks, 2007.

IBAMA – **Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis**. Disponível em:www.ibama.gov.br. Acesso em: 20 dez, 2018.

IESEN, R. E. **Relação entre erosão e declividade e as consequências erosivas na área do Morro Cerrito em Santa Maria - RS.** 44 p. TCC (Graduação) - Curso de Especialização em Geociêcnias, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MANDOJU, L. **Áreas Protegidas.** In: FUNDO VALE (Rio de Janeiro). Fundo Vale para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro: Stamppa, 2012. p. 01-171.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação:** histórico e perspectivas. Brasília: UNESCO, 2001.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas de áreas susceptíveis a desertificação no Brasil**. Santana, M.O. (Org.). Brasília: MMA, 2007. 134 p

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno do macrozoneamento ecológico-econômico da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.** Brasília, 2011.

NASCIMENTO, C. M; SOARES, V. P; RIBEIRO, C. A. A. S; SILVA, E. Delimitação automática de Áreas de Preservação Permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre. In: **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**; 2005; Goiânia. INPE; 2005. p. 2289-2296.

SÃ, L. B. et al. **Processos de desertificação no Semiárido brasileiro**. In: DRUMOND, Marcos Antônio. SEMIÁRIDO BRASILEIRO: PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO. São Paulo: Embrapa Documentos, 2009. Cap. 4. p. 126-158.

SILVA, Andrezza Karla de Oliveira; SILVA, Helena Paula de Barros. **O processo de desertificação e seus impactos sobre os recursos naturais e sociais no município de Cabrobó – Pernambuco - Brasil.** Pracs: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da Unifap, Macapá, v. 8, n. 1, p.203-215, Jan-Jun 2015.

SOARES, D. B.; MOTA-FILHO, F. O.; NÓBREGA, R. S.; OLIVEIRA, T. H. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas de identificação de áreas em processo de desertificação.** In: Galvíncio, J. D (org). Mudanças climáticas e impactos ambientais. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2010.

SOUZA, B. I. **Cariri paraibano:** do silêncio do lugar à desertificação. 198 f. Tese (Doutorado em Geografia) - UFRGS, Porto Alegre, 2008.

PLANGIS. **Plano de Gerenciamento Integrado da sub-bacia do Rio Salitre**. Resumo Executivo. 2003.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification.** Nairobi, 1991.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DAS UNIDADES DE PAISAGEM DA SERRA DE SANTANA: EM EVIDENCIA O TAXÓN GEOFÁCIE

Matheus Dantas das Chagas[1], Marco Túlio Mendonça Diniz[2], Fernando Eduardo Borges da Silva[3]

(1) Departamento de Geografia/Centro de ensino Superior do Seridó - CERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, matheuschagas@outlook.com

(2) Depatarmento de Geografia/ Centro de ensino Superior do Seridó - CERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, tuliogeografia@gmail.com

(3) Departamento de Geografia/Centro de ensino Superior do Seridó - CERES, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, fernando100borges00.1@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O presente trabalho trás consigo o objetivo de realizar o mapeamento das unidades de paisagem, compartimentação e caracterização dos Geofácies incidentes na Serra de Santana. a referida pesquisa tem como tema central o Conceito Geossistêmico elaborado por Sochava (1963), com a teoria taxonômica de Bertrand (1972), fazendo correlações com atividades antrópicas, elementos bióticos e abióticos da região. A partir das análises de imagens cedidas foi registrado a existência de 10 geofácies por toda a serra, subdivididos em 2 Geocomplexos, 2 Zonas Naturais e 1 Domínio morfoclimático. Havendo a predominâncias dos seguintes Geofácies: afloramento rochoso; agricultura temporária e permanente; caatinga arbórea; caatinga arbustiva e caatinga degradada.

Palavras chave: Mapeamento; Geocomplexos; Geofácies; Unidades de Paisagem.

1. Introdução

Constituído como um dos conceitos basilares na ciência geográfica, a paisagem é estudada pelos diversos âmbitos sistemáticos da geografia, muitos estudiosos como Bertrand (1972) e Sochava (1963) dedicaram os seus principais trabalhos às unidades da paisagem.

A presente pesquisa trata de analisar e delimitar as unidades de paisagem da Subunidade Morfoestrutural Serra de Santana, delimitada por DINIZ et al (2017), sob a perspectiva Geossistêmica proposta pelo francês Sochava (1963). Bertrand propõe uma taxonomia, dividida em seis níveis tempôro-espaciais (com base na escala têmporo-espacial de Cailleux e Tricart 1956), sendo elas: zonas, domínios e regiões naturais (unidades superiores) e Geossistemas, Geofácies e Geótopos (unidades inferiores).

Segundo Bertrand (1972):

> "O geosistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor do declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperatura...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...)".

Além disso, vale ressaltar que no aprofundamento em seus estudos Bertrand admite que o Geossistema esteja mais para uma categoria de análise da Geografia, tornando-se superior a uma taxón. Passou a denominar de Geocomplexo, substituindo assim o nome Geossistema.

Desse modo, a presente pesquisa busca analisar a paisagem da região Serra de Santana a partir do referencial teórico estudado. Além disso, as imagens de satélite são de suma importância para a pesquisa, pois é quando aplicamos os conceitos norteadores da pesquisa.

2. Metodologia

Em um primeiro momento foi realizado uma revisão bibliográfica, revisando a metodologia taxonômica proposta por Bertrand (1972), buscando como foco o Geofácie, a ser assim a mais detalhada no referido trabalho. Realizando assim um mapeamento em escala 1:50.000, sendo utilizado como critérios a geomorfologia, vegetação e atividades antrópicas. Além disso, as unidades taxonômicas: domínios morfoclimáticos foi utilizada a delimitação de Ab'Saber (2003) e para as regiões naturais e Geocomplexos foram retiradas do mapeamento disponibilizados por Diniz e Oliveira (2018), feito uma escala de 1:250.000.

Para a delimitação da área foi usado como parâmetro o Mapa Geomorfológico do Rio Grande do Norte (DINIZ et al., 2017). Já para a nomenclatura e classificação da vegetação e das ordens superiores, foi utilizado como parâmetro parte do Manual Técnico do Uso da Terra do IBGE (1999), adaptação a classificação da vegetação de Alves (2009).

Para a vegetação foi atribuído valores correspondentes para a classificação como por exemplo: a nomenclatura de "Vegetação Arbórea" para as áreas mata aberta ou fechada com altura entre 7 e 15 metros, "Vegetação Arbustiva" para as áreas com padrões de mata aberta com altura entre 1 e 7 metros e "Caatinga degrada" para as áreas com padrões de cobertura vegetal espaça e com padrões geométricos amórficas.

Os Processamentos Digitais de Imagens (PDI) e os mapas foram confeccionados no software Arcgis (licença acadêmica) versão 10.4, a vetorização foi feita pelas imagens cedidas do próprio Arcgis, na seção "Basemap", detendo imagens oriundas do satélite WorldView 2, de 11 de fevereiro de 2012, obtendo resolução espacial de 0.5 metros e precisão opcional de 10.2 metros. Além disso, no que diz respeito a Geomorfologia, foram utilizadas imagens de radar no formato Geotiff do Modelo Digital de Elevação (MDE) vindas do satélite Alos Palsar com resolução espacial de 12,5 metros. O Datum utilizado foi o *SIRGAS 2000*, o mesmo usado na vetorização das imagens cedidas.

Por fim, para as atividades relacionadas ao uso da terra, foi utilizado como critério agricultura Temporária ou permanente para as áreas com cobertura vegetal herbácea com padrões geométricos mórficos.

2.1 Área de estudo

A Serra de Santana trata-se de um Subunidade Morfoestrutural, segundo a classificação de Diniz et al (2017). Além disso, a mesma é parte da unidade Morfoescultural Planalto da Borborema, que por sua vez é parte de uma unidade ainda maior, a unidade do cinturão brasiliano-orogênico.

A subunidade Morfoestrutural embarca em seu território nove municípios do Rio Grande do Norte, sendo eles: Bodó, Cerro corá, Santana dos Matos, Florânia, Tenente Laurentino, São Vicente, Currais Novos e São Tomé, como podemos observar na figura 1, se tratando de uma região de altitude elevada quando comparada com a altitude das regiões vizinhas, a mesma chega a um pico de 700 a 800 metros de altura.

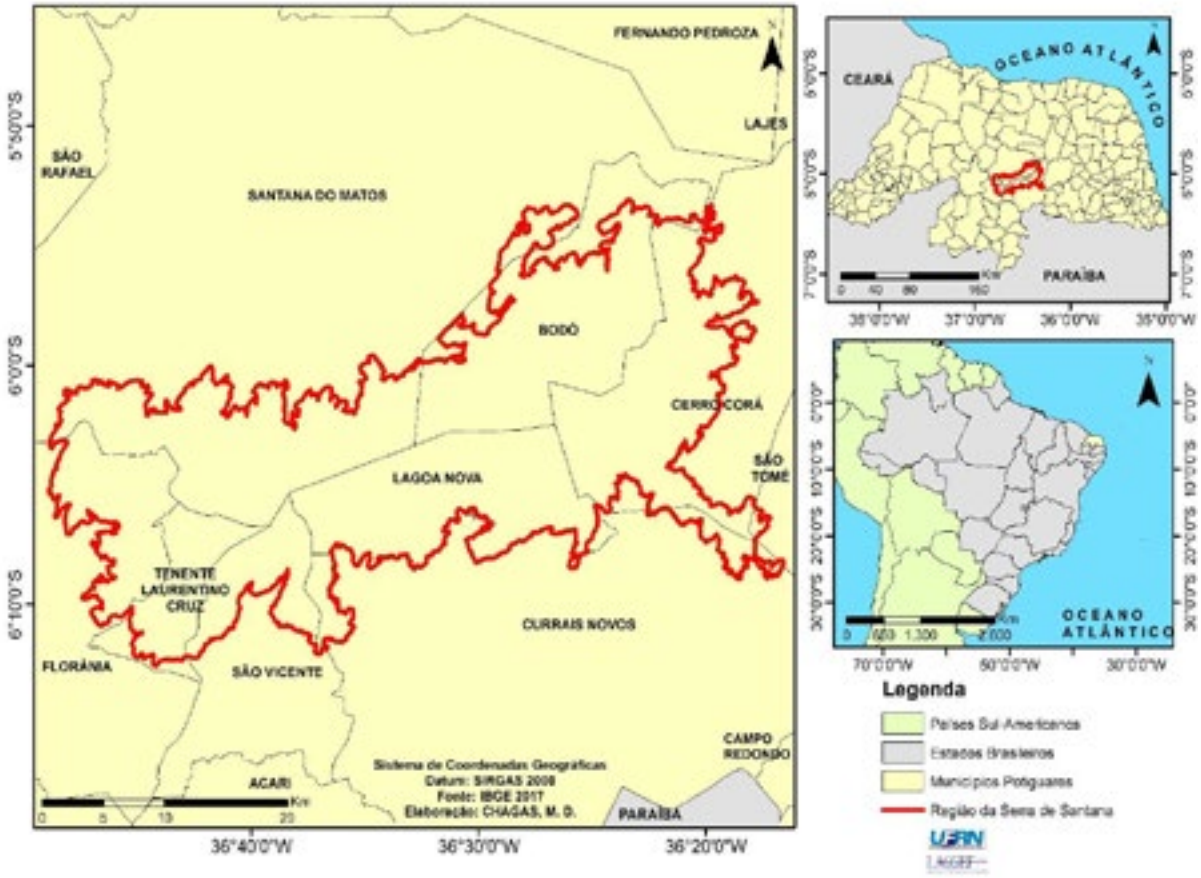


Figura 1 - Mapa de localização da Serra de Santana.

3. Resultados

A Serra de Santana se constitui como um planalto em forma de chapada com platô sedimentar, bordejada por escarpas íngremes, com uma vegetação mais preservada. Além disso, conseguimos ter uma nítida diferença na sua cobertura sedimentar quando comparada a do Planalto da Borborema. A Serra de Santana é capeada por um sedimento derivado do arenito da formação serra de Martins, evento este que se repete em outras unidades de relevo encontradas no estado potiguar.

Podemos ver a nítida diferença da cobertura sedimentar quando analisamos o solo da mesma, na parte do platô é comum a existência de latossolos amarelos distróficos e eutróficos, que são derivados

justamente do arenito Formação Serra de Martins, constituindo-se como solos profundos e adequados para o uso de atividades agrícolas.

Já nas bordas e nas demais regiões da serra, encontraremos com mais facilidade plintossolos e litossolos, constituindo-se ambos como solos pedregosos e mais difíceis manuseamento.

A partir das análises das imagens cedidas, foi possível verificar na subunidade morfoestrutural Serra de Santana 10 Geofácies diferentes em seus respectivos Geocomplexos encontrados na região da serra. Tivemos como resultado a elaboração de um mapa, que por sua vez, delimita cada Geofácie em seu respectivo Geocomplexo, como podemos observar na figura 2.

No Geocomplexo Planalto da Borborema foram encontrados os respectivos Geofácies: “Afloramento rochoso no Planalto da Borborema”; “Agricultura temporária ou permanente no Planalto da Borborema”; “Caatinga Arbórea no Planalto da Borborema”; “Caatinga arbustiva no Planalto da Borborema”; “Caatinga degradada no Planalto da Borborema”.

Já no Geocomplexo Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino foram encontrado os seguintes Geofácies: “Afloramento rochoso nas Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino”; “Agricultura temporária ou permanente nas Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino”; “Caatinga Arbórea nas Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino”; “Caatinga arbustiva nas Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino”; “Caatinga degradada nas Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino”.

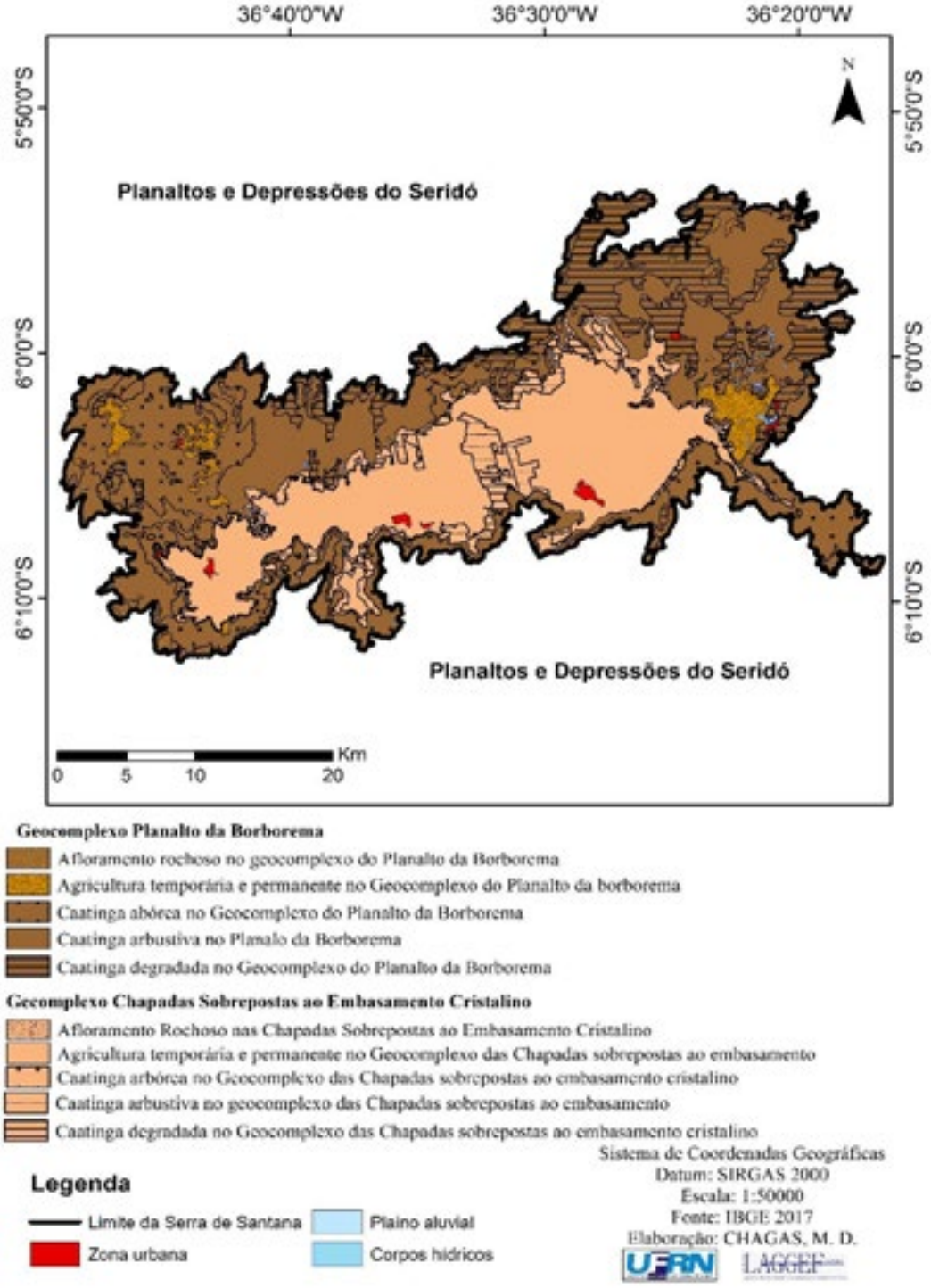


Figura 2 - Mapa dos Geofácies da Serra de Santana.

A No quadro I pode ser analisado cada Geofácie em seus respectivos táxons

Quadro I: Hierarquização taxonômica (em ênfase os Geofácies encontrados)

Domínios Morfoclimáticos	Regiões Naturais	Geocomplexos	Geofácies	Área total (Km²)
Domínio das depressões interplanálticas semiáridas do Nordeste (vegetado por Caatingas)	Planaltos cristalinos	Planalto da Borborema	Afloramento rochoso no planalto da Borborema	4,1
			Agricultura temporária e permanente no planalto da Borborema	29,8
			Caatinga arbórea no planalto da Borborema	213,4
			Caatinga arbustiva no planalto da Borborema	243,5
			Caatinga degradada no planalto da Borborema	148,2
	Planaltos Sedimentares	Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino	Afloramento rochoso nas chapadas sobrepostas	0,1
			Agricultura temporária e permanente nas chapadas sobrepostas ao embasamento	271,9
			Caatinga arbórea nas chapadas sobrepostas ao embasamento	13,3
			Caatinga arbustiva nas chapadas sobreposta ao embasamento	40
			Caatinga degradada nas chapadas sobrepostas ao embasamento	21,2

3.1 Afloramento rochoso

O Geofácie "Afloramento rochoso" encontra-se em ambos os Geocomplexos existentes na Serra de Santana. Entretanto é um Geofácie de maior incidência no Geocomplexo Planalto da Borborema do que no Geocomplexo Chapadas Sobrepostas ao Embasamento Cristalino, em decorrência da formação geológica distinta. Obtendo o capeamento sedimentar como uma das causas dos fenômenos, haja vista que o próprio solo pedregoso evidencia o evento.

Enquanto no Planalto da Borborema os afloramentos chegam a 4,1 Km² ao total, nas chapadas sobrepostas temos pouco mais de 100 metros.

3.2 Agricultura temporária e permanente

O referido Geofácie se encontra também em ambos os Geocomplexos existentes na Serra de Santana, contudo tem maior ocorrência nas chapadas sobrepostas ao embasamento cristalino do que no Planalto da Borborema, em virtude da Formação Serra de Martins, que possui um solo característico para à prática do plantio. Enquanto isso, nas regiões de Planalto da Borborema tem um solo pedregoso com uma maior dificuldade em se implantar a prática.

O Geofácie na chapada sobreposta ao embasamento ocupa quase toda a área, com aproximada 271,9 Km² de extenso, enquanto que no planalto da Borborema chega a ter aproximadamente 29,8 Km² de extensão.

3.3 Caatinga arbórea

O Geofácie "Caatinga Arbórea" assim como os dois anteriores também se encontra nos dois Geocomplexos, contudo possui mais incidência no Planalto da Borborema, tendo em vista o difícil acesso aonde está localizada, além também do fato da atividade da serra ser baseada no plantio, sendo as áreas de vegetação conservada coincidentes com áreas que não são favoráveis para a atividade agrícola.

O mesmo possui uma extensão no Geocomplexo Planalto da Borborema de aproximadamente 213,4 km², enquanto no Geocomplexo da chapada sobreposta ao embasamento sua extensão chega a apenas 3,3 Km².

3.4 Caatinga Arbustiva

Assim como o Geofácie "caatinga Arbórea" o presente Geofácie encontra-se em locais de maior dificuldade acesso (como as escarpas da serra) ou em áreas em que a atividade agrícola não é possível ser desenvolvidas. Possuindo assim mais incidência no planalto da Borborema com uma extensão de aproximadamente 243,5 Km², enquanto que na chapada sobreposta aparece bem menos, com uma extensão de 40 Km² aproximadamente.

3.5 Caatinga degradada

No último Geofácie temos maior incidência no Planalto da Borborema, lugar onde o plantio acaba sendo impossibilitado de se praticar. Contudo, mesmo assim o homem utiliza a área para outras atividades, como a retirada de madeiras para lenha, carvão, etc...

No Geocomplexo Planalto da Borborema o Geofácie ocupa uma área de aproximadamente 148,2 Km², enquanto que na Chapada Sobreposta a área ocupada chega a 21,2 Km² de extensão.

4 Considerações Finais

Diante do analisado acima, concluímos que o mapeamento realizado na subunidade Morfoestrutural Serra de Santana obteve resultados satisfatórios. O presente trabalho tem como fruto basilar o mapa dos Geofácies da região, conseguindo identificada cinco Geofácies com incidência nos dois Geocomplexos da região.

Por fim, vale ressaltar que a pesquisa se trata de um mapeamento preliminar que busca realizar o mapeamento em todo o Rio Grande do Norte, que por sua vez busca colher ainda mais frutos.

5 Referências Bibliográficas

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os Domínios de Natureza do Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo, Ateliê Editorial, 2003.

ALVES, Jose Jakson Amâncio. Caatinga do Cariri Paraibano. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 17, n. 1, p. 19-25, 2009

BERTRAND, Georges. Paisagem e Geografia física global: esboço metodológico. Cruz, Olga (trad.) **Cadernos de Ciências da Terra**. São Paulo: USP-IGEOG, n. 43, 1972.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 7. ed. Rio de Janeiro: @ibge, 1999.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: @ibge, 2012.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea estado do Rio Grande do Norte: diagnóstico do município de Jaçanã.** Recife. CPRM/PRODEEM, 2005. 11 p + anexos.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça, et al. Mapeamento Geomorfológico Do Estado Do Rio Grande Do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 18, n. 4, p.689-701, dez. 2017. Semestral. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1255>. Acesso em: 26 jun. 2018.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; Oliveira, George Pereira de. Compartimentação e Caracterização das Unidades de Paisagem do Seridó Potiguar. **Brazilian Geographical Journal:** Geosciences and Humanities research medium, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 291-318, jan./jun. 2015.

DINIZ, Marco Túlio Mendonça; PEREIRA, Vitor Hugo Campelo. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas Atmosféricos Atuantes e Mapeamento de Tipos de Clima. **Boletim Goiano de Geografia (Online),** v. 35, p. 488-506, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@, 2010. Disponível em: < https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/serra-negra-do-norte/panorama>

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço:** Técnica e Tempo, Razão e Emoção. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. 259 p.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DOS TOMATES COMERCIALIZADOS NO CEASA - GOIÁS DE 2017 E 2018

Karoline Torres Quintanilha[(a)], Charles Vinícius Gonçalves Tiarini[(b)]

[(a)] Escola de Agronomia PPAGRO, Universidade Federal de Goiás (UFG), karoltorres13@hotmail.com

[(b)] Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento (LAPIG), Universidade Federal de Goiás (UFG), charlestiarini@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

O objetivo deste trabalho é apresentar a origem dos tomates comercializados no CEASA - GO e a quantidade fornecida pelas microrregiões do estado de Goiás, bem como a quantidade total comercializada por cada estado do Brasil, todos os valores são dados em toneladas. O estado de Goiás é um dos maiores fornecedores. O tratamento dos dados se deu com o apoio do Software ArcMap Desktop, do pacote ArcGIS da ESRI. Os dados que foram coletados no CEASA - GO, disponibilizados pela Divisão Técnica do CEASA-GO e são resultados de metodologias de coleta e cálculo próprias da instituição. Apresenta um recorte do ano de 2017 a 2018, das variedades longa vida e saladete. A sugestão para trabalhos futuros é realizar a pesquisa e espacialização com maior variedade de tomates ou até mesmo outros produtos.

Palavras chave: tomate, consumo, fiscalização, produto

1. Introdução

Os Centros de Abastecimento popularmente conhecido como CEASA, são pontos físicos onde se concentra a produção de hortifrutigranjeiros de várias regiões do país. As mercadorias são destinadas a atacadistas ou atravessadores, por meio dos quais chegam a mesa do consumidor final. No Ceasa um dos frutos que tem muita representatividade é o tomate (ANDREUCCETTI et al, 2018). O tomate é a hortícola mais difundida no mundo e é caracterizado por ter alto teor de vitamina C, potássio, fibra, vitamina A e licopeno que dá a cor avermelhada ao tomate, contribui para prevenção de doenças e ajuda na digestão (KORN, 2017).

O tomateiro é uma das olerícolas mais importantes e com maior volume de produção no Brasil e no Mundo perde somente para a batata (REIS FILHO, MARIN e FERNANDES, 2009). O fruto do tomate tem grande importância econômica e se destaca pelo valor nutricional, sua cadeia produtiva é basicamente formada pelo produtor, atacadista e varejista, sendo critério de cada região a interferência de um intermediário (ANDREUCCETTI et al, 2018).

2. Materiais e Métodos

Para a organização do trabalho foi realizado análises bibliográficas que trata do assunto “Tomate de mesa”, “comercialização”, “economia” e “Ceasa”. Foi realizado uma pesquisa no CEASA- GO, buscando todos os dados relacionados a quantidade de tomates e origem dos produtos. Os dados foram disponibilizados pela Divisão Técnica do CEASA-GO e são resultados de metodologias de coleta e cálculo próprias da instituição. O tratamento dos dados se deu com o apoio do Software ArcMap Desktop, do pacote ArcGIS da ESRI. Os dados que foram coletados apresentam recorte do ano de 2017 a 2018, das variedades longa vida e saladete, essas foram escolhidas por ser as mais comercializadas no mercado e pela regularidade dos dados.

3. Resultados e Discussões

Goiás no ano de 2017 comercializou 45.219,8406 toneladas de tomates longa vida e no ano de 2018 a mesma qualidade de tomate caiu para 38.428,1260 até o mês de setembro. O tomate saladete

também do estado de Goiás comercializou no ano de 2017, 44.332,2660 toneladas, já no ano de 2018 até o mês de setembro comercializou no total 38.747,9620 toneladas. Pode- se perceber que o CEASA - GO recebe maior número de tomates produzidos em Goiás.

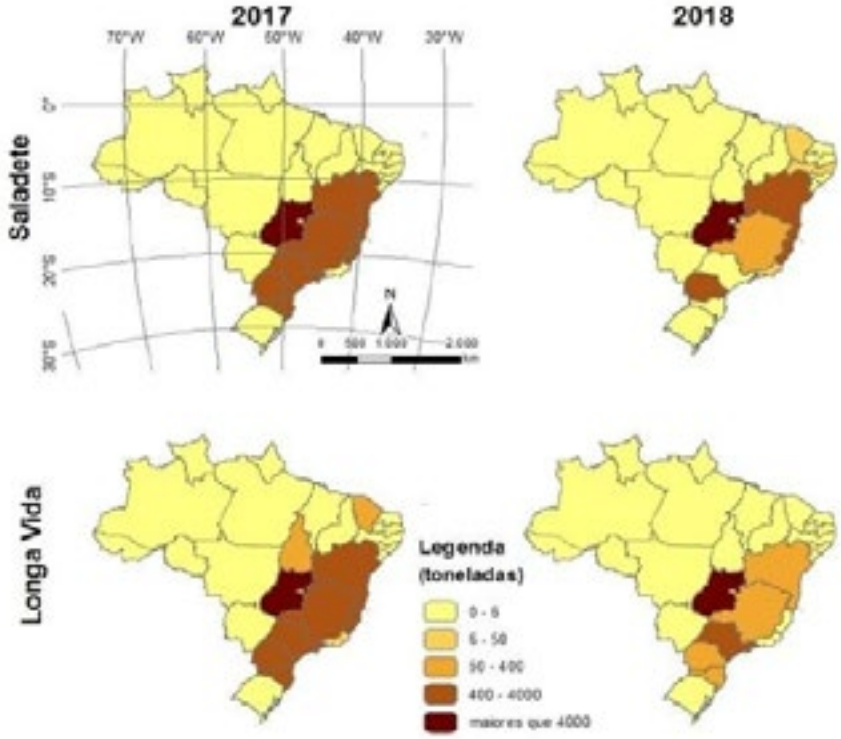


Figura 1 - Origem e quantidade dos tomates que vêm de outros estados.

A figura 1 representa todos os estados do Brasil que fornece tomate para o CEASA - GO. A legenda foi normatizada, dividida e 5 classes. Observamos que o estado que mais fornece tomates

tendo em primeiro lugar todos os anos analisados é o estado de Goiás.

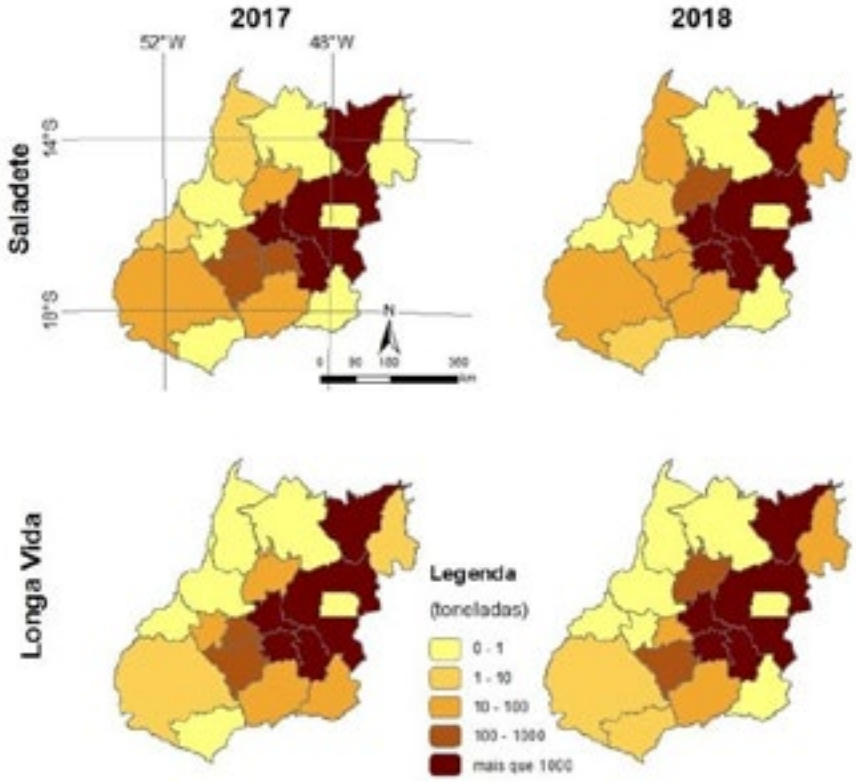


Figura 2 - Origem e quantidade dos tomates que vêm de cada microrregião do estado

Na figura dois observar se todas as microrregiões que fornecem tomates para o CEASA - GO, percebe se que as maiores fornecedoras de tomate em toneladas são as microrregiões de Anápolis e Entorno de Brasília e se mantém pelos dois anos analisados.

O CEASA – GO fica localizado na Rodovia BR-153 no Jardim Guanabara em Goiânia-Go. As análises dos tomates comercializados fora desse centro de abastecimento. Podemos observar que há uma diversificação da origem do produto fornecido. No recorte analisado, Goiás no ano de 2017 comercializou 45.219,8406 toneladas de tomates longa vida, e no ano de 2018 o valor de 38.428,1260 toneladas até o mês de setembro. O saladete também

do estado de Goiás comercializou no ano de 2017 o total de 44.332,2660 toneladas, já no ano de 2018 até o mês de setembro comercializou 38.747,9620 toneladas.

4. Considerações Finais

O estado de Goiás é um dos maiores fornecedores. Podemos concluir que os tomates que consumimos em maior parte são originários do estado de Goiás. Por meio dos mapas torna mais fácil visualizar esse resultado a hipótese era que o tomates comercializados no CEASA - GO é de origem do estado de Goiás, porém verificamos que os tomates vem de diversos estados, mesmo que a predominância seja de Goiás. Recomenda a próximas pesquisas que utilize outros produtos ou mais variedades para fazer o mapeamento, ou até mesmo fazer um comparativo entre os produtos mais comercializados, para que se possa espacializar e tornar mais claro para o consumidor de onde se origina o alimento que vai para a sua mesa.

5. Referências Bibliográficas

ANDREUCCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; GUTIERREZ, A.S.D.; TAVARES, M. Caracterização da comercialização de tomate de mesa na CEAGESP: perfil dos atacadistas. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.2, p.324-328, abr-jun 2005. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/hb/v23n2/25078.pdf > . Acesso em: 10 out. 2018.

KORN, Sara Ungaro. Evaluación de enmiendas orgánicas en el suelo y en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.). 2017. Tese de Doutorado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

REIS FILHO, José de Souza; MARIN, Joel Orlando Bevilaqua; FERNANDES, Paulo Marçal. Os agrotóxicos na produção de tomate de mesa na região de Goianápolis, Goiás. 2009.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO CARIRI CEARENSE: A UTILIZAÇÃO DE MAPAS DERIVADOS DO MDT

Andersonde Sousa Evangelista [(1)], Robenildo Alves Cavalcante [(2)] Simone Cardoso Ribeiro [(3)] Juliana Maria Oliveira Silva [(4)]

[(1)] Universidade Regional do Cariri, Email andersousa664@outlook.com
[(2)] Universidade Regional do Cariri, Email robenildo.alves.menezes.2017@gmail.com
[(3)] Universidade Regional do Cariri, Email simone.ribeiro@urca.br
[(4)] Universidade Regional do Cariri, Email: juliana.oliveira@urca.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Cada vez mais utilizado na geomorfologia, o Modelo Digital do Terreno (MDT), proporciona uma visão tridimensional de uma área auxiliando na pesquisa. O trabalho faz parte de um projeto maior que tem como finalidade realizar o mapeamento geomorfológico do Cariri Cearense (Leste) no qual foi divido em três setores devido sua extensão. Nessa perspectiva, o presente estudo tem como objeto realizar uma análise de mapas de hipsometria, declividade e orientação de vertentes gerados a partir do MDT que corresponde ao setor 1 da pesquisa - municípios de Santana do Cariri, Altaneira, Nova Olinda, Crato, Farias Brito, Caririaçu, Juazeiro do Norte, no sul cearense. A metodologia utilizada foi apoiada no MDT, utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no software ArcGis, e pesquisa bibliográfica como aprofundamento teórico.

Palavras chave: Modelo Digital de Terreno, Metodologia, Geomorfologia.

1. Introdução

A incorporação do processamento digital de imagens se torna muito recorrente nos estudos de geomorfologia para a caracterização das formas de relevo e do ambiente em que está inserido, fornecendo novos meios de investigação para executar pesquisas de cunho científico para geomorfologia.

A representação cartográfica na geomorfologia busca espacializar seu objeto de estudo, as formas de relevo, para melhor visualiza-las buscando entender seus processos e dinâmicas envolvidos durante a sua formação. Atualmente, a espacialização desse objeto se dá,

principalmente, através de técnicas usadas para interpretação das formas do relevo adquiridas através das novas tecnologias aliadas ao geoprocessamento.

Essas vastas geotecnologias, contém variadas ferramentas de análise no monitoramento e identificação de áreas. O uso dessas tecnologias necessita muita atenção dos usuários nos procedimentos que permitem o desenvolvimento de pesquisas referentes ao estudo na região geográfica de interesse.

O modelo digital de terreno - MDT se torna cada vez mais eficaz nos estudos do relevo e no mapeamento geomorfológico por apresentar uma visão tridimensional da área estudada. Um modelo digital do terreno, segundo Camara e Medeiros (2006, apud DIAS, 2016, p. 153), "é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre. Este modelo pode ser gerado a partir de curvas de nível e pontos altimétricos."

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma análise dos mapas gerados a partir do modelo digital de terreno (declividade, hipsometria e orientação de vertentes) a fim de subsidiar a construção do conhecimento geomorfológico a respeito da área de estudo. O recorte definido como área de estudo, fica localizado na porção sul do Ceará, abrangendo seis municípios no leste do Cariri: Santana do Cariri, Altaneira, Nova Olinda, Crato, Farias Brito, Caririaçu, Juazeiro do Norte.

2. Materiais e Métodos

Inicialmente foi feito um levantamento bibliográfico sobre trabalhos que abordam o uso do Modelo Digital de Terreno para se ter um melhor entendimento e sua utilidade na geomorfologia, melhor analisa-lo dentro do contexto. Além disso, foi também realizado levantamento cartográfico para auxílio dessa produção.

Tendo como sequência, foi produzido o Modelo Digital do Terreno da área, para isso se fez necessário a aquisição de dados, processamento e utilização de imagens SRTM para a elaboração do MDT. O processamento foi realizado através do software ArcGIS 10.3.

As imagens de radar do SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) foram adquiridas através do site TOPODATA (INPE – Instituto de Pesquisas Espaciais) que disponibiliza imagens com resolução espacial de 30x30 metros, no qual foram selecionados dois quadrantes, s07_w040 e s08_w040, que correspondem à área de interesse. A partir dessas imagens foi gerado o mosaico que englobasse toda área de estudo.

A partir do Modelo Digital de Terreno foram gerados mapas para melhor compreender a geomorfologia do local. Os mapas correspondem ao de declividade, hipsometria e orientação de vertentes. O desenvolvimento desses mapas foi realizado no software ArcGis 10.3. A hipsometria foi feita com 15 classes de variações altimétricas divididas em intervalos de 50 metros. O mapa de declividades foi concebido conforme classes propostas pela Embrapa (1979). Para o mapa de orientação de vertentes, foram estabelecidas oito classes de orientação com intervalo de 45º em cada uma.

3. Resultados e discussões

O resultado gerado consiste nos produtos derivados do Modelo Digital do Terreno (Figura 1) que servirão como documento cartográfico da área de estudo. A interpretação visual do MDT envolve uma identificação e comparação de vários padrões das imagens como cor, forma, textura e tonalidade que podem ser observados nos mapas de declividade, hipsometria e orientação de vertentes que permitem fazer uma descrição minuciosa da área de estudo.

Através do mapa hipsométrico foi possível verificar a altimetria da área. O território apresentou uma variação de elevação que varia de 276 a 1000 metros. Com relevo caracterizado predominantemente por grandes e médias altitudes, destaca-se aqui o município de Crato com

maior índice de elevação chegando a alcançar 1000 metros por abranger uma boa porção da Chapada do Araripe.

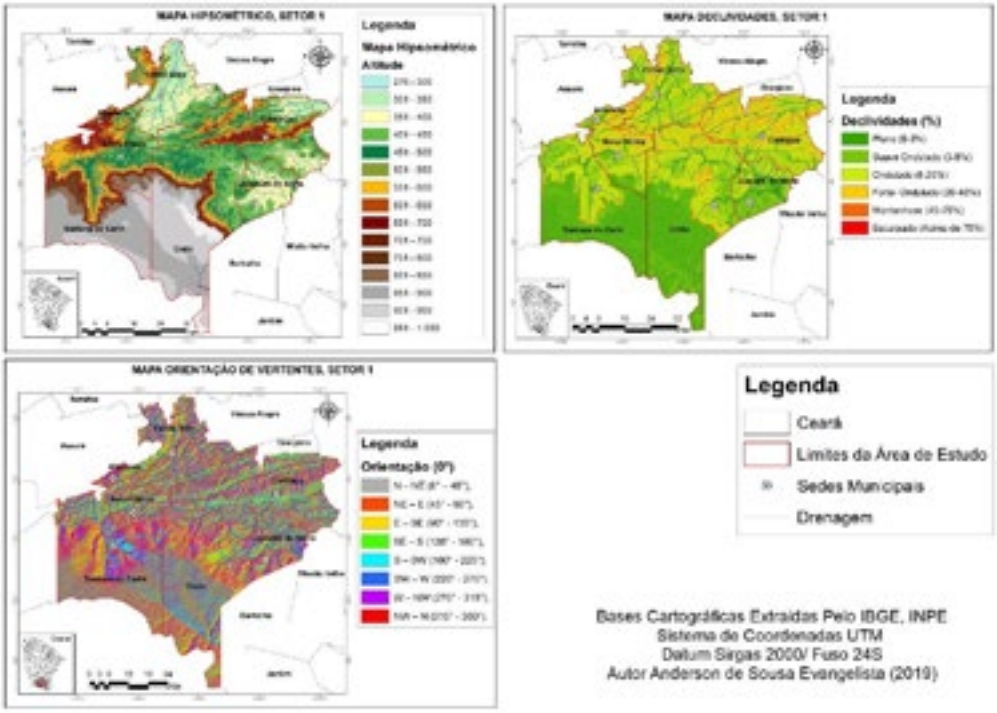


Figura 1 – Mapas de Hipsometria, Declividade e Orientação de Vertentes

A Chapada do Araripe ainda engloba partes dos municípios de Santana do Cariri e Nova Olinda. Vale ressaltar que a maioria da área de estudo tem altitudes variando de 401 a 550 metros por estarem situado em áreas de depressão circundadas à Chapada.

Observando o mapa de declividade, percebe-se que este setor apresenta maior área ondulado (8% - 20%) em seu território, apresentando também relevo do tipo suave plano (0% - 3%) englobando boa parte das áreas como Crato, Santana do Cariri e Juazeiro do Norte, onde duas delas estão situadas no topo da Chapada do Araripe.

Em oposição a essas áreas mais planas, encontra-se predominância de áreas fortemente onduladas com intervalo de declividade de (20% - 45%) em áreas da encosta da Chapada do Araripe presente também em outras áreas como os municípios de Caririaçu, destaca-se o maciço

residual da Serra de São Pedro Nova Olinda, Altaneira e Farias Brito, destaca-se o Maciço residual da Serra do Quincuncá.

O mapa de orientação de vertentes apresenta informações importantes para a geomorfologia da área de estudo. No mapa observar-se que a orientação varia muito de acordo com a localidade de determinado local. Em Crato, por exemplo, percebe-se leve predominância das vertentes para Sul e Leste. No município de Santana do Cariri, suas vertentes encontram-se com orientações tanto para Leste como também para Sudoeste e, além disso, as mesmas possuem um índice notável de declividades. Assim, Áreas como o município de Crato tem ao longo do ano, maior índice de umidade natural, por suas vertentes estarem voltadas para barlavento. Já as áreas orientadas para o sul e sudeste retêm ao longo do dia e do ano uma quantidade menor de umidade no solo e nos materiais superficiais inconsolidados, à exemplo Faria Brito.

4. Considerações finais

O presente trabalho produziu mapas temáticos derivados do Modelo Digital de Terreno - MDT, os quais mostraram ser bastante úteis para a caracterização geomórfica preliminar da área de enfoque do estudo, proporcionando informações gerais e com nível de detalhamento compatíveis para tal, reforçando assim sua potencialidade no emprego da análise espacial e digital do relevo tanto carirense como de outras áreas.

Agradecimentos: Agradeço à FUNCAP pela, bolsa de IC em Projeto BPI, edital 2018.

Referências Bibliográficas

DIAS, Erika Rodrigues. Geração de Modelo Digital de Elevação utilizando dados do SRTM como subsídio ao planejamento e gestão territorial do município de Lucena (PB)/Generation of Digital Elevation Model using SRTM data as grant to territorial planning and management (...). **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, p. 151-159, 2016.

EMBRAPA. **Classificação de Solos do Estado de São Paulo**. 1999.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MODELAGEM PRELIMINAR DA RUPTURA DA BARRAGEM DE BRUMADINHO/ MG

Gabriela Branquinho Antonio [(a)], Bruno Rodrigues de Oliveira [(b),] Roberto Arnaldo Trancoso Gomes [(c)], Renato Fontes Guimarães [(d)], Osmar Abílio de Carvalho Júnior [(e)]

[(a)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, gabrielabranquinho56@gmail.com

[(b)] Geólogo / Universidade Federal do Rio de Janeiro, brunorodriguesoli@gmail.com

[(c)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, robertogomes@unb.br

[(d)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, renatofg@unb.br

[(e)] Departamento de Geografia/ Universidade de Brasília, osmarjr@unb.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Os desastres associados a obras de grande porte, como as barragens de rejeito apresentam grande potencial para causar danos (materiais e imateriais) além da degradação do meio ambiente. O uso de modelos matemáticos vem sendo usados para a previsão e simulação de eventos, visando propor medidas para mitigação de danos e melhor compreender o fenômeno estudado. Contudo, os modelos hidrodinâmicos, em sua maioria não possuem capacidade para trabalhar com fluídos Não-Newtonianos ou fluídos hiperconcentrados. Contudo, o modelo FLO2D possui recursos de modelagem que incluem o transporte de sedimentos e corrida de lama, estimando inundações de fluxos Não-Newtonianos, permitindo então, simular condições semelhantes ao fluído de uma barragem de rejeito. Dessa forma, o presente trabalho buscou avaliar a resposta do modelo para diversos cenários de hidrograma de ruptura hipotético e comparar realizar uma comparação visando identificar quais os cenários atendem aos critérios estabelecidos. Foi identificado que o modelo superestimou as profundidades, tendo como base o que vem sendo noticiado, a extensão das manchas fora representada adequadamente, consideram que o tamanho do grid é de 30 metros.

Palavras chave: FLO-2D, Barragem, Modelagem

1. Introdução

Os desastres associados a rupturas de barragens causam enormes perdas de vidas, destruições de propriedades e degradação do meio ambiente (LUO YOU et al., 2012). Alguns acidentes com rompimentos de barragens de rejeitos aconteceram no Brasil, como em Itabirito –MG na Barragem de Fernandinho (1986), Barragem de Macacos em Nova Lima – MG (2001), Barragem em Cataguases, Cataguases (2003), Barragem do Rio Pomba/Cataguases em Miraí – MG (2007), Herculano em Itabirito – MG (2014), Barragem Fundão e Santarém em Mariana – MG (2015) e em Brumadinho – MG (2019) (MACHADO, 2017; MOTA, 2017). Contudo, os desastres mais recentes ocorridos em Mariana e Brumadinho, apresentaram maior visibilidade pois tiveram proporções maiores em virtude da magnitude dos danos causados.

Apesar do histórico de rompimento de barragens, somente em 2010 foi sancionada a Lei nº 12.334/2010 (BRASIL, 2010), que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), que tem como objetivos, garantir padrões de segurança de barragens, visando minimizar a possibilidade de acidente e seus impactos, regulamentar as ações de segurança a serem adotadas em todas as fases, deste o projeto, operação e usos futuros, além de promover o monitoramento e o acompanhamento das ações de segurança empregadas e criar condições para que se amplie o universo de controle de barragens pelo poder público (BRASIL, 2010).

Desde 2010 surgiram outras legislações relacionas devido ao crescimento da preocupação do poder público, dentre elas podemos citar a Resolução CNRH nº143/2012 que estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco e dano potencial associado, a Resolução CNRH nº144/2012 que institui o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, a Portaria DNPM nº 526/2013 que estabelece o Plano de Ação de Emergência das Barragens de Mineração (PAEBM), a Portaria DNPM nº 70.389/2017 que apresenta a Classificação de Barragens, Plano de Segurança, Inspeção de Segurança [Regular/Especial], Revisão Periódica de Segurança, Plano de Ações de Emergência e a

Resolução nº 4, de 15 de Fevereiro de 2019 que Estabelece medidas regulatórias cautelares objetivando assegurar a estabilidade de barragens de mineração, notadamente aquelas construídas ou alteadas pelo método denominado "a montante" ou por método declarado como desconhecido. Esta última resolução em especial, proíbe manter ou construir, na Zona de Autossalvamento – ZAS, sendo assim necessário identificar os pontos de refúgio, os quais são facilmente obtidos por estudos de ruptura de barragens.

O estudo de previsão de rompimento de barragem e da propagação de ondas de inundação foram estudadas experimentalmente na literatura, que focaram principalmente na definição de características de fluxo no momento da falha, no mecanismo de falha e na propagação de ondas de inundação, usando modelos físicos idealizados e simplificados (HALTAS, TAYFUR & ELCI, 2016).

Com o advento do computador, se tornou possível utilizar modelos matemáticos, para a previsão de eventos como inundações, alagamentos, movimentos de massa e ruptura de barragem, vem ganhando espaço devido a sua eficiência, confiabilidade e baixo custo.

Apesar do avanço de métodos de modelagem, o estudo de rompimento de barragem de rejeito ainda apresenta grandes desafios, isso porque os modelos hidráulicos não possibilitam a simulação de fluidos Não-Newtonianos, também conhecidos como hiperconcentrados, onde a relação entre volume de sólidos e o volume total supera 20% (O'BRIEN & JULIEN, 1985). Contudo, modelos como FLO2D possui recursos de modelagem que incluem o transporte de sedimentos e corrida de lama, estimando inundações de fluxos Não-Newtonianos (O'BRIEN *et al.*,1993). O FLO2D já foi utilizado para estudos de fluxo de detritos (GOMES et. al., 2013), inundações (NETO, 2016; SARTORI, 2017) e rupturas de barragens (MACHADO, 2017).

Sendo assim, este trabalho objetiva avaliar a resposta do modelo para diversos cenários comparando com seus resultados com a mancha de inundação observada em imagens obtidas

por sensoriamento remoto após o desastre. Com base nos resultados será possível identificar as áreas afetadas e não afetadas para os diferentes cenários o que auxiliaria na definição das ZAS.

2. Materiais e Métodos

Foram utilizados os dados da barragem, Missão Topográfica Radar Shuttle - **SRTM** com resolução de 30 metros, a versão gratuita do modelo FLO-2D para a simulação, o programa *Grid Developer System* – GDS para realizar o pré-processamento e o SIG para a visualização e confecção dos produtos cartográficos.

O presente trabalho foi realizado em três etapas: o pré-processamento, modelagem e o pós-processamento. No pré-processamento foram compilados e inseridos os dados no modelo, como o hidrograma de ruptura (volume e tempo de duração), características geotécnicas do rejeito e o modelo numérico de elevação. A segunda etapa é a de modelagem por si só, na qual foram gerados os cenários e exportados os resultados. O pós-processamento consistiu na comparação dos resultados e confecção dos produtos cartográficos.

Para a obtenção do hidrograma de ruptura, foi adotado o hidrograma com decaimento parabólico proposto por Farias & Reis (2017), que considera um processo de esvaziamento de forma mais gradual e representa mais adequadamente o rompimento de barragens de terra. A Tabela 1 apresenta os valores adotados para os hidrogramas hipotéticos de ruptura.

Tabela I – Resumo dos parâmetros utilizados para a geração dos hidrogramas hipotéticos de ruptura.

	Hidrograma de ruptura hipotético 1	**Hidrograma de ruptura hipotético 2**	**Hidrograma de ruptura hipotético 3**	**Hidrograma de ruptura hipotético 4**
Volume do hidrograma de ruptura	12.000.000 (100% do volume estimado do reservatório)	9.000.000 (75% do volume estimado do reservatório)	6.000.000 (50% do volume estimado do reservatório)	3.000.000 (25% do volume estimado do reservatório)
Tempo de pico (segundos)	35	35	35	35
Vazão de pico (m^3/s)	66080	49560	33040	16520

Duração do hidrograma (segundos)	900	900	900	900
Fator k (expoente de forma do hidrograma)	0.35	0.35	0.35	0.35
Intervalo de tempo (segundos)	5	5	5	5

No modelo FLO2D é essencial definir os parâmetros de tensão do escoamento (τ_y) e viscosidade (η) visto que o modelo utiliza os conceitos de conservação de massa (GOMES, 2006). A τ_y e a η são definidas a partir das seguintes relações, conforme destacado por O´Brien & Julien (2000):

$$\tau_y = \propto_1 e^{\beta_1 C_v} \quad \text{Equação 1}$$

$$\eta = \propto_2 e^{\beta_2 C_v} \quad \text{Equação 2}$$

onde α e β são coeficientes empíricos definidos por experimentos de laboratório.7

Nesta pesquisa foram adotados C_v = 0,55 (GOMES, 2006), $\propto_1$= 3.00E-06, β_1= 21,60, $\propto_2$= 2.00E-05, β_2= 27,00, densidade dos grãos de 3,0 (MACHADO, 2017) e resistência ao fluxo laminar de 1000 (FLO-2D, 2017).

Para a simulação foram considerados dezesseis cenários diferentes resultado da combinação de quatro tempos de simulação, variando o tempo de simulação entre 0,25 horas (15 minutos) e 1 hora, e quatro volumes hipotéticos de ruptura. O coeficiente de *manning* foi considerado 0.04 que é o valor *default* do programa para facilitar a modelagem. A Tabela 2 apresenta um resumo dos parâmetros adotados em cada cenário simulado.

Tabela II – Parâmetros adotados em cada cenário simulado.

Cenário	Tempo de Simulação (h)	Volume do hidrograma de ruptura (m³)	Manning (n)	C_v	Resistência de fluxo Laminar	τ_y	η
1	0.25	12.000.000	0.04	0.55	1000	0.43	61
2	0.25	9.000.000					
3	0.25	6.000.000					
4	0.25	3.000.000					
5	0.50	12.000.000					
6	0.50	9.000.000					
7	0.50	6.000.000					
8	0.50	3.000.000					
9	0.75	12.000.000					
10	0.75	9.000.000					
11	0.75	6.000.000					
12	0.75	3.000.000					
13	1.00	12.000.000					
14	1.00	9.000.000					
15	1.00	6.000.000					
16	1.00	3.000.000					

3. Resultados e discussões

A área modelada tem 37,11 km² e corresponde a uma parcela da mancha total de inundação, visto que o objetivo foi de avaliar o comportamento dos hidrogramas hipotéticos de ruptura, a área, a velocidade máxima e as profundidades até a área do refeitório da Vale. Os critérios utilizados para a validação foram o tempo de chegada ao pátio de minério, entre um e três minutos, a espessura de material máxima, entre 10 e 15 metros, a velocidade máxima estimada de 80 km/h, e a área da mancha divulgada pelo IBGE no trecho estudado (aproximadamente 1,25 km²).

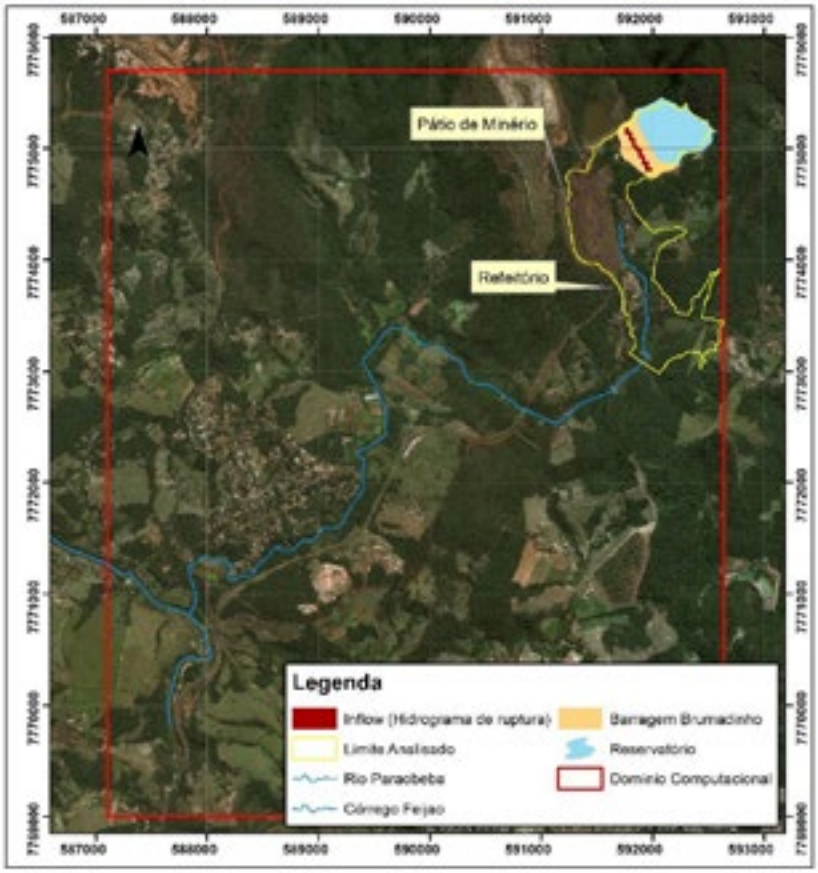


Figura 1 – Mapa de Localização da Barragem e do limite da modelagem numérica.

A Tabela 3 apresenta o resumo dos resultados obtidos, para todos os cenários modelados, que foram utilizados para a validação.

Tabela 3- Resumo dos resultados obtidos para todos os cenários modelados.

	Área da mancha (km²)	Profundidade máxima (m)	Velocidade máxima (km/h)	Volume (m³)	Tempo de chegada ao pátio de minério (seg)	Tempo para ultrapassar o pátio de minério (seg)
1	1,43	34,36	80,50	15146217	60	122
2	1,30	31,69	80,03	12282887	61	122
3	1,13	27,19	75,60	9054038	60	140
4	9,56	22,25	69,41	5283775	79	173

5	1,46	34,36	80,50	15409947	54	115
6	1,31	31,69	80,03	12171505	54	126
7	1,13	27,19	75,60	8979215	61	140
8	0,91	22,58	69,41	5201589	72	180
9	1,44	34,36	80,50	15271860	50	115
10	1,30	31,69	80,03	12243636	54	122
11	1,12	27,19	75,60	8873113	61	151
12	0,90	22,52	69,41	5143027	76	173
13	1,44	34,36	80,50	15302723	50	115
14	1,31	31,69	80,03	12749532	54	126
15	1,12	27,19	75,60	8873617	65	140
16	0,90	22,52	69,41	5166562	76	176

Com base nos resultados observa-se que o cenário 2 forneceu o melhor resultado pois atendeu aos critérios de tempo de chegada ao pátio, semelhança com a mancha divulgada pelo IBGE em termos de área e na velocidade máxima estimada pelo rejeito. Todavia, assim como todos os outros cenários o modelo superestimou a espessura e cerca de duas vezes. Nenhum dos cenários conseguiu reproduzir corretamente a mancha na área do pátio de minério, provavelmente devido a resolução espacial do modelo digital de elevação. A Figura 2 apresenta a comparação entre a mancha fornecida pelo modelo, para o cenário 2, e a divulgada pelo IBGE.

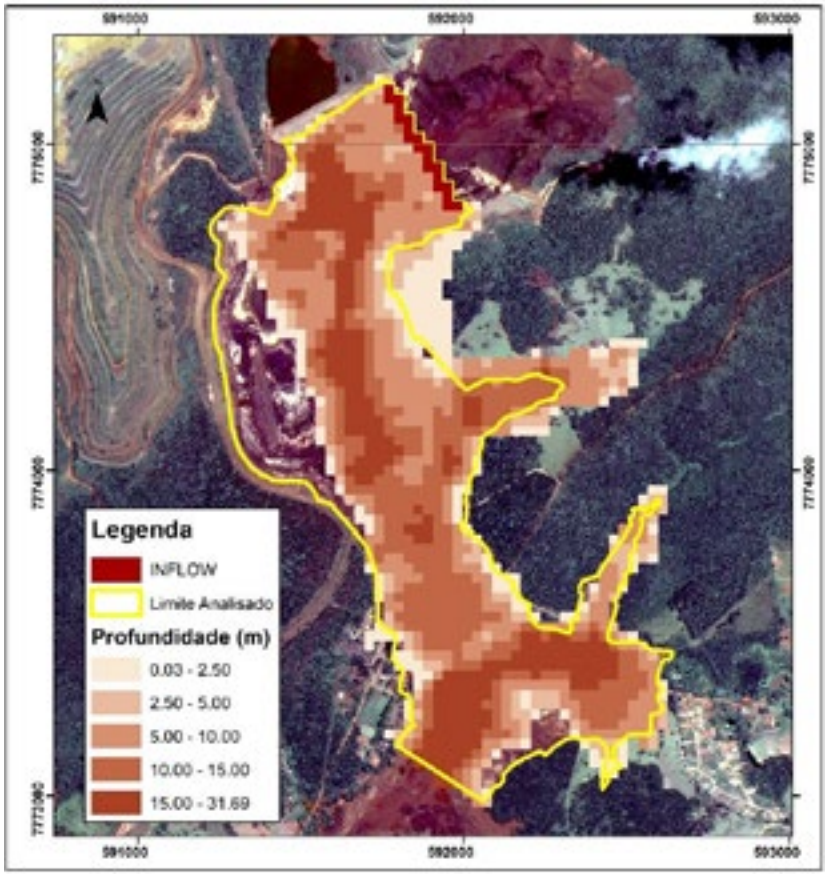


Figura 2 – Mapa comparando a mancha fornecida pelo IBGE e a mancha gerada pelo modelo.

O cenário 15, por sua vez, forneceu o pior resultado, não atendendo nenhum dos critérios estipulados. É possível observar que os cenários que consideraram um hidrograma de ruptura hipotético com 75% do volume estimado (12 milhões de metros cúbicos) foram os que atenderam mais critérios. Todos os cenários nos quais foram considerados hidrogramas com 25% do volume estimado foram os que mais demoraram a atingir o pátio e que alcançaram as menores velocidades, como esperado.

4. Considerações finais

O modelo FLO-2D conseguiu fornecer resultados satisfatórios mesmo utilizando uma topografia pouco detalhada e tendo como base dados disponíveis na literatura, o que o caracteriza com uma boa alternativa para estudos preliminares.

Devido variabilidade dos parâmetros de entrada, torna-se necessário a realização de diversos cenários para de forma a abrangem o máximo de situações possíveis. Quanto as simulações realizadas, a variabilidade dos parâmetros de tensão do escoamento (τ_y), viscosidade (η) e Cv também são fatores muitos importantes que podem influenciar no resultado, sendo necessário em etapas futuras a considerar cenários variando esses parâmetros.

É importante ressaltar que um modelo digital de elevação mais detalhado é importante para a realização do zoneamento de áreas passíveis de serem afetadas. O que por sua vez acarreta na necessidade do detalhamento da malha e no tempo de processamento.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. Portaria no 70.389 de 17 de maio de 2017. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração, o Sistema Integrado de Gestão em Segurança de Barragens de Mineração e estabelece a periodicidade de execução ou atualização, a qualificação dos responsáveis técnicos, o conteúdo mínimo e o nível de detalhamento do Plano de Segurança da Barragem, das Inspeções de Segurança Regular e Especial, da Revisão Periódica de Segurança de Barragem e do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração, conforme art. 8°, 9°, 10, 11 e 12 da Lei n° 12.334 de 20 de setembro de 2010, que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – DNPM, Brasília, 2017.

BRASIL. Portaria no 526 de 03 de dezembro de 2013. Cria o Cadastro Nacional de Barragens de Mineração e dispõe sobre o Plano de Segurança, Revisão Periódica de Segurança e Inspeções Regulares e Especiais de Segurança das Barragens de Mineração conforme a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Segurança de Barragens. Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Brasília, 2013.

Brasil. Resolução no 143, de 10 de julho de 2012. Estabelece critérios gerais de classificação de barragens por categoria de risco, dano potencial associado e pelo seu volume, em atendimento ao art. 7° da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010.

BRASIL. Lei no 12.334 de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, 2010.

BRASIL. Resolução nº 144, de 10 de julho de 2012. Estabelece diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, em atendimento ao art. 20 da Lei n° 12.334, de 20 de setembro de 2010, que alterou o art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso. Modelagem de Previsão de Movimentos de Massa a partir da Combinação de Modelos de Escorregamentos e Corridas de Massa. 2006. 180 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

HALTAS, I.; TAYFUR, G.; ELCI, S. Two-dimensional numerical modeling of flood wave propagation in an urban area due to Ürkmez dam-break, İzmir, Turkey. Natural Hazards, v. 81, n. 3, p. 2103–2119, 2016.

YOU, L. et al. Procedia Engineering Review of Dam-break Research of Earth-rock Dam Combining with Dam Safety Management. v. 28, n. 2011, p. 382–388, 2012.

MACHADO, Nathália Couto. Retroanálise da Propagação Decorrente da Ruptura da Barragem do Fundão com Diferentes Modelos Numéricos E Hipóteses De Simulação. 2017. 188 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

MOTA, Kevin Reiny Rocha. Rompimento Hipotético e Delimitação da Área De Inundação da Barragem Salto Moraes em Ituiutaba/Mg. 2017. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civi) - Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

NETO, Lorêdo Vianini. Estudo de ruptura da barragem da pampulha, em belo horizonte: retroanálise da brecha do acidente de 1954 e ruptura hipotética nas condições atuais. 304 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Programa Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais.

O'Brien, J.S.; Julien, P.Y. Physical Processes of Hyperconcentrated Sediment Flows. In Proceedings of the ASCE Specialty Conference on the Delineation of Landslides, Floods, and Debris Flow Hazards, Logan, UT, USA, 14–15 June 1985; pp. 260–279.

O´BRIEN, J. S., JULIEN, P. Y., FULLERTON, W. T. (1993) *Two-Dimensional water flood and mudflow simulation.* Journal of Hydraulics Engineering, 119(2), pp. 244-259.

SARTORI, Rueliton Zambon. Avaliação Comparativa de Modelos Hidrodinâmicos para Previsãode Inundações: Um Estudo de Caso do Município De Getúlio Vargas**.** 2018. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - da Universidade Federal daFronteira Sul –UFFS, Santa Catarina.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO RUPESTRE NA SERRA DO CIPÓ – MG ATRAVÉS DE IMAGENS OBTIDAS POR AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

Thais Pereira de Medeiros [(a)], Leonor Patrícia Cerdeira Morellato [(b)], Thiago Sanna Freire Silva [(c)]

[(a)] Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", thaismedeiros97@hotmail.com

[(b)] Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", patricia.morellato@gmail.com

[(c)] Departamento de Geografia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", tscanada@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A Serra do Cipó, localizada na Cadeia do Espinhaço, apresenta o predomínio da vegetação com fisionomia de campos rupestres e é caracterizada pela alta riqueza de espécies. Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) representam uma das principais evoluções tecnológicas atuais, em virtude principalmente de sua altissíma resolução espacial. Entretanto, tais equipamentos introduzem diversos desafios para a classificação supervisionada de elementos da superfície terrestre e para o mapeamento das vegetações heterogêneas, por conta da alta complexidade espacial, estrutural e radiométrica existente. Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a aplicabilidade do método *Object Based Image Analysis (OBIA*) para classificar a vegetação rupestre da Serra do Cipó – MG, buscando entender as peculiaridades existentes nos diferentes tipos de vegetação e gerar uma classificação mais próxima da realidade.

Palavras chave: biodiversidade, vegetação rupestre, classificação supervisionada, VANTs

1. Introdução

A Serra do Cipó, localizada na Cadeia do Espinhaço, região centro-leste do Brasil, apresenta o predomínio de vegetação com fisionomia de campos rupestres, parte do domínio

florístico do Cerrado. Esta vegetação encontra-se em altitudes acima de 900 metros e apresenta enorme relevância ecológica (GIULIETTI et al. 1987). Entretanto, atualmente, estas regiões sofrem grande ameaça devido ao alto uso antrópico da terra e devido às mudanças climáticas (FERNANDES et al. 2018). Em virtude disso, fazem-se necessários novos métodos e abondagens que possam permitir o monitoramento eficaz destes ambientes, além de uma melhor compreensão de seu funcionamento e vulnerabilidades.

Neste âmbito, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) representam uma das principais evoluções tecnológicas no sensoriamento remoto atual, e vêm contribuindo para o estudo e monitoramento das vulnerabilidades ambientais e ecológicas de diversos ambientes. Estes equipamentos apresentam baixo custo de operação e possibilitam imageamentos com altíssimas resoluções espaciais (WHITEHEAD; HUGENHOLTZ, 2014). Entretanto, os VANTs introduzem diversos desafios para a classificação automática de elementos da superfície terrestre e para o mapeamento de vegetações heterogêneas por conta da grande complexidade espacial, estrutural e radiométrica existentes nestes ambientes.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi testar a aplicabilidade do método *Object Based Image Analysis (OBIA*) para classificar a vegetação rupestre da Serra do Cipó – MG, de modo à entender as peculiaridades existentes nos diferentes tipos de vegetação.

2. Materiais e métodos

A área de estudo do trabalho compreende uma área particular, pertencente à empresa Cedro Têxtil S.A, na região da Serra do Cipó, denominada doravante de CEDRO. Esta região é caracterizada por ocupar trechos de afloramentos rochosos e de rochas quartzíticas e apresentar alta riqueza de endecimidade de espécies herbáceas (FERNANDES et al. 2018).

As imagens utilizadas no trabalho foram adquiridas com um VANT de asa fixa modelo G-Plane equipado com uma câmera CANON SX260, sensor RGB de 12 megapixels de resolução. Os voos foram realizados a uma altitude de 150 metros acima do solo, recobrindo

uma área de 64 hectares com uma resolução espacial aproximada de 5 centímetros. As fotos foram processadas com o uso do software *Pix4D Mapper 3.1 Educational*.

Para a realização do processo de classificação foi utilizado no trabalho o método *Object Based Image Analysis (OBIA).* Com o objetivo de analisar a aplicabilidade do método foram realizados cinco testes de classificação de modo à entender qual algoritmo e qual combinação de parâmetros se adequa melhor as peculiaridades do ambiente e qual teste realizado se aproxima mais da realidade da vegetação rupestre da Serra do Cipó (MG). Para isso foi feito um *stack* com duas imagens da série temporal disponível: 25 de setembro de 2016 e 05 de janeiro de 2017. Para segmentar a imagem em objetos individuais foi testado o algoritmo *K-means clustering* disponível na biblioteca RSGISLib e acessível pela linguagem Python (BUNTING et al., 2014) e o algoritmo *Orfeo Toolbox* acessível pelo software QGIS 2.18. Posteriormente, iniciou-se o processo de treinamento (coleta das amostras), com o uso do software QGIS 2.18. Foram definidas nove classes espectrais: Afloramento Rochoso, Campo Arenoso, Campo Pedregoso, Campo Sujo, Campo Úmido, Corpo D'água, Mata Ciliar, Rocha Exposta e Solo Exposto. Para cada classe foram coletadas amostras de referência com base em pontos georreferenciados de levantamento de vegetação coletados em trabalho de campo. A classificação foi realizada utilizando o algoritmo *Random Forest*, acessível também pela biblioteca RSGISLib. Por fim, para avaliar a acurácia do mapa de classificação foi calculado a matriz de erro, a acurácia geral da classificação e o índice Kappa a partir do pacote "rsacc", desenvolvido para a linguagem R (https://github.com/EcoDyn/rsacc).

3. Resultados e discussões

A partir das análises realizadas chega-se a conclusão que a classificação que melhor se adequou as peculiaridades do ambiente e aquela que mais se aproximou da realidade da vegetação rupestre da Serra do Cipó – MG foi a classificação de número 4 conforme a Tabela 1, realizada usando o algoritmo de classificação *K-means clustering*. A classificação de número 5 realizada utilizando o algoritmo *Orfeo Toolbox* também trouxe bons resultados e gerou uma

classificação confiável. A combinação de parâmetros utilizada gerou segmentos que cobriram adequadamente as áreas homogêneas da imagem, promovendo, portanto, classificações mais acuradas. Outros dois pontos que geraram bons resultados no processo de classificação foram a utilização de um *stack* com duas imagens da série temporal, que possibilitou a captura de diferentes estágios fenológicos e um alto número de árvores de decisões utilizadas pelo algoritmo *Random Forest* (500 árvores de decisões se mostraram o ideal para este tipo de imagem).

Tabela 1: Resultados dos testes de classificação realizados no trabalho. *Numclusters*: número de agrupamentos gerados pelo processo de segmentação. *MinPxls:* tamanho mínimo aceitável para os segmentos gerados. *N – estimators*: número de árvores de decisões a ser usado pelo *Random Forest*.

Data do ortomosaico classificado	Algortimo de segmentação	Parâmetros de segmentação *Numclusters* | *MinPxls*	Random Forest *N - estimators*	Resultados Acurácia geral | KAPPA
1 – 25/09/2016	*K-means clustering*	5 | 500	10	0,6919 | 0,6228
2 – 25/09/2016	*K-means clustering*	5 | 500	200	0,7043 | 0,6382
3 – *Stack*	*K-means clustering*	5 | 500	500	0,8599 | 0,8344
4 – *Stack*	*K-means clustering*	20 | 600	500	0,9619 | 0,9545
5 – *Stack*	*Orfeo Toolbox*	15 | 100	500	0,9522 | 0,9427

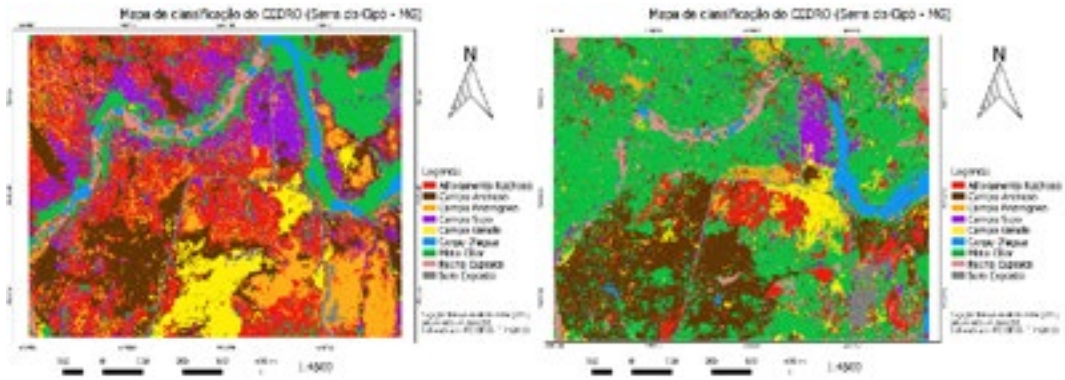


Figura 1: Melhor resultado de classificação da vegetação rupestre da Serra do Cipó – MG (à esquerda) e pior resultado de classificação da vegetação rupestre da Serra do Cipó – MG (à direita) conforme os dados descritos na Tabela 1.

4. Considerações finais

O aprimoramento de métodos para classificar a vegetação rupestre da Serra do Cipó – MG em imagens de VANT é de extrema importância para que se posssa entender as peculiaridades, o funcionamento e as vulnerabilidades existente nesses ambientes caracterizados por uma alta riqueza de fitofisionomias. E também para que em trabalhos futuros haja a possibilidade de caracterizar a variação espacial e temporal dos diferentes tipos de vegetação rupestre da Serra do Cipó e avaliar a influência das variações microtopográficas existentes em diferentes áreas da região.

5. Referências bibliográficas

BUNTING, P. et al. The Remote Sensing and GIS Software Library (RSGISLib). Computers & Geosciences, v. 62, p. 216-226, 2014.

FERNANDES, G. W. et al. The deadly route to collapse and the uncertain fate of Brazilian rupestrian grasslands. Biodiversity and Conservation. Online first: https://doi.org/10.1007/s10531-018-1556-4, 2018.

GIULIETTI, A. M. et al. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Caracterização e lista das espécies. Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo, v. 9, n. May, p. 1–151, 1987.

WESTOBY, M. J.; BRASINGTON, J.; GLASSER, N. F.; HAMBREY, M. J.; REYNOLDS, J. M. 'Structure from Motion' photogrammetry: A low cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, v. 179, p. 300 – 314, 2012.

WHITEHEAD, K.; HUGENHOLTZ, C. H. Remote sensing of the environment with small Unmanned Aircraft System (UASs), part 1: a review of progress and challenges. NRC Research Press, v. 2, p. 69-85, 2014.

6. Agradecimentos

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP grant #2013/50155 – 0) e ao CNPq (148522 / 2018-1) pelo apoio financeiro.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O GEOPROCESSAMENTO COMO INSTRUMENTO DE APOIO AOS ESTUDOS DE DINÂMICA COSTEIRA NO PARÁ: ANÁLISE DA ZONA COSTEIRA BRAGANTINA.

Vanessa Aparecida do Nascimento Gomes [(a)], Bárbara Souza Paiva [(b)], Hemerson Nascimento da Silva [(b)], Lucas Silva Rocha [(b)]

[(a)] Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/Faculdade de Geografia e Cartografia, Universidade Federal do Pará, vanessagomes.ifch@gmail.com
[(b)] Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/Faculdade de Geografia e Cartografia, Universidade Federal do Pará, bahpaiva6@gmail.com
[(b)] Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/Faculdade de Geografia e Cartografia, Universidade Federal do Pará, silva.hngeografo@gmail.com
[(b)] Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/Faculdade de Geografia e Cartografia, Universidade Federal do Pará, lucasrocha.ufpa@gmail.com

Eixo:
Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A proposta apresentada neste trabalho refere-se ao uso das novas tecnologias utilizadas no estudo das zonas costeiras, em particular, as possibilidades do uso do geoprocessamento e do sensoriamento remoto, como recursos auxiliares nas práticas de mapeamento da zona costeira, utilizando o Processamento Digital de Imagens (PDI), vetorização e produção de mapas, de forma a contribuir para a disseminação dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), e agregar novas informações sobre a zona costeira com objetivo de mostrar outros instrumentos de análise, melhorando a qualidade e a precisão dos resultados de pesquisas científicas nessa temática. O resumo está estruturado em duas partes: (1.ª) fundamentação teórica sobre a funcionalidade geoprocessamento, enfatizando a utilização dos SIG's e do sensoriamento remoto enquanto instrumento de suporte à análise; e a (2.ª) aplicação da metodologia na área de estudo, a praia de Ajuruteua, no município de Bragança-PA, situada na Planície Costeira Bragantina.

Palavras chave: Sensoriamento remoto, SIGs, Ajuruteua, linha de costa.

1. Introdução

O presente trabalho tem como objetivo, enfatizar a praticidade e eficiência do uso de geoprocessamento em análises de áreas remotas, em especial, a zona costeira, esse conceito possui grande importância para os estudos de gerenciamento costeiro, pois se trata do espaço de interação entre a terra, mar e ar. Esse conceito foi elaborado por Ranieri e El-Robrini (2015), diz que, a zona costeira é um espaço geográfico de interação entre o oceano e o continente onde também são realizadas múltiplas atividades humanas, como lazer, transporte, habitação, entre outros, e por consequência, são áreas que mais sofrem estresse ambiental. A área escolhida para análise, a praia de Ajuruteua no município de Bragança, região nordeste do Estado do Pará, está localizada na Planície Costeira Bragantina que sofre há anos com os efeitos da erosão.

No atual contexto histórico, as tecnologias estão presentes em quase todos os setores da sociedade, essas novas possibilidades são importantes instrumentos para a obtenção de resultados eficientes, claros e mais rápidos. Esses estudos possibilitam observar a importância do Geoprocessamento para a comunidade acadêmica. Propomos então, neste primeiro momento a conceituação dos instrumentos que são partes indispensáveis para o entendimento deste trabalho. De acordo com ROSA (2013) o geoprocessamento pode ser definido como o conjunto de tecnologias destinadas a coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Pode-se dizer ainda que o geoprocessamento é em recurso multidisciplinar e possui várias funcionalidades, como o sensoriamento remoto, que é um instrumento de muita importância, pois é capaz de obter imagens da superfície da Terra a distâncias remotas. Interpretar uma imagem é dar diferentes significados aos objetos que nela podem ser identificados, isso necessita da experiência do intérprete, tanto sobre a área geográfica estudada, quanto sobre o sensoriamento remoto. FLORENZANO (2008)

A definição utilizada por MENESES & ALMEIDA (2012) diz que o Sensoriamento Remoto é uma técnica de obtenção de imagens dos objetos da superfície terrestre sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o objeto e o sensor. Para Blucher (2008), sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a utilização em conjunto de sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, com o objetivo de estudar fenômenos, eventos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra, a partir da interação da radiação eletromagnética e as substâncias que o compõe.

Os SIGs, também são instrumentos que vem auxiliando os processos de compreensão de fenômenos naturais e antrópicos, e descreve de maneira mais eficiente os resultados desses eventos na superfície. Segundo ROSA (2013), o SIG é um conjunto de ferramentas computacionais, dotado de programas e equipamentos que são utilizados por meio de técnicas de integração de dados, possibilitando a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a disponibilização das informações georreferenciadas. E ROCHA (2000) acredita que os Sistemas de Informação Geográfica representam um sistema com capacidade para aquisição, armazenamento, tratamento, integração, processamento, transformação, manipulação, modelagem, recuperação, atualização, análise e exibição de informações digitais georreferenciadas, topologicamente estruturadas associadas ou não a um banco de dados alfanuméricos divididos em dois tipos: base vetorial e base matricial.

2. Materiais e Métodos

Na segunda parte deste trabalho buscou-se mostrar os processos essenciais utilizados no tratamento das imagens de satélite e no produto cartográfico final, o mapa (figura 3), que mostra os pontos de erosão (negativa) e deposição (positiva) da linha de costa na praia de Ajuruteua, resultado da intensa dinâmica costeira do local. A ilha de Ajuruteua está situada a 36 km do município de Bragança e 258 km da capital, Belém, a praia mede aproximadamente 2,5

km de extensão e localize-se na região do Salgado Paraense, litoral nordeste do estado do Pará.

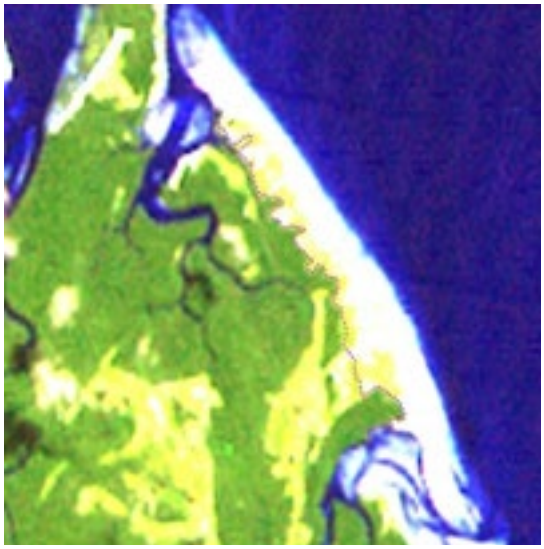


Figura 1- Imagem da série LANDSAT 7 TM - Bandas (7, 5 e 3) Fonte: USSG - 14/06/2018 - Corte da área de estudo.

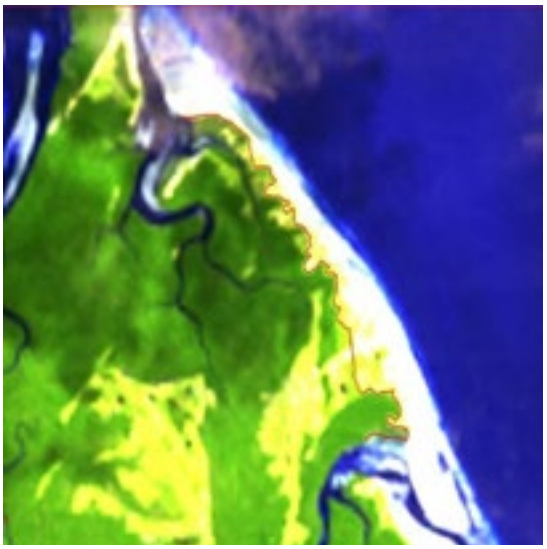


Figura 2- Imagem da série LANDSAT 8 TM - Bandas (7, 6 e 4) Fonte: USSG - 14/06/2018 - Corte da área de estudo.

Para realização da análise espacial sobre o tema abordado, foi necessário fazer o levantamento dos dados referentes à área estudada e para tanto, buscou-se adquirir imagens orbitais da série LANDSAT TM, correspondentes aos períodos entre 2008 e 2018, estas são fornecidas gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), mediante à realização de cadastro. As Imagens referentes à área de estudo podem ser encontradas a partir da orbita 222 e ponto 061; as bandas espectrais escolhidas para composição de bandas RGB (Red, Green e Blue) foram respectivamente: 7, 5 e 3 para a imagem orbital referente ao ano de 2008 (missão LANDSAT 7 TM) e para composição de bandas RGB para o ano 2018 foram utilizadas as respectivas bandas: 7, 6 e 4 (missão LANDSAT 8 TM). A escolha das bandas deu-se mediante a nítida observação dos principais elementos naturais existentes no local, são

elas: a) vegetação; b) espelho d'água e áreas praianas, como observado nas Figuras 1 e 2.

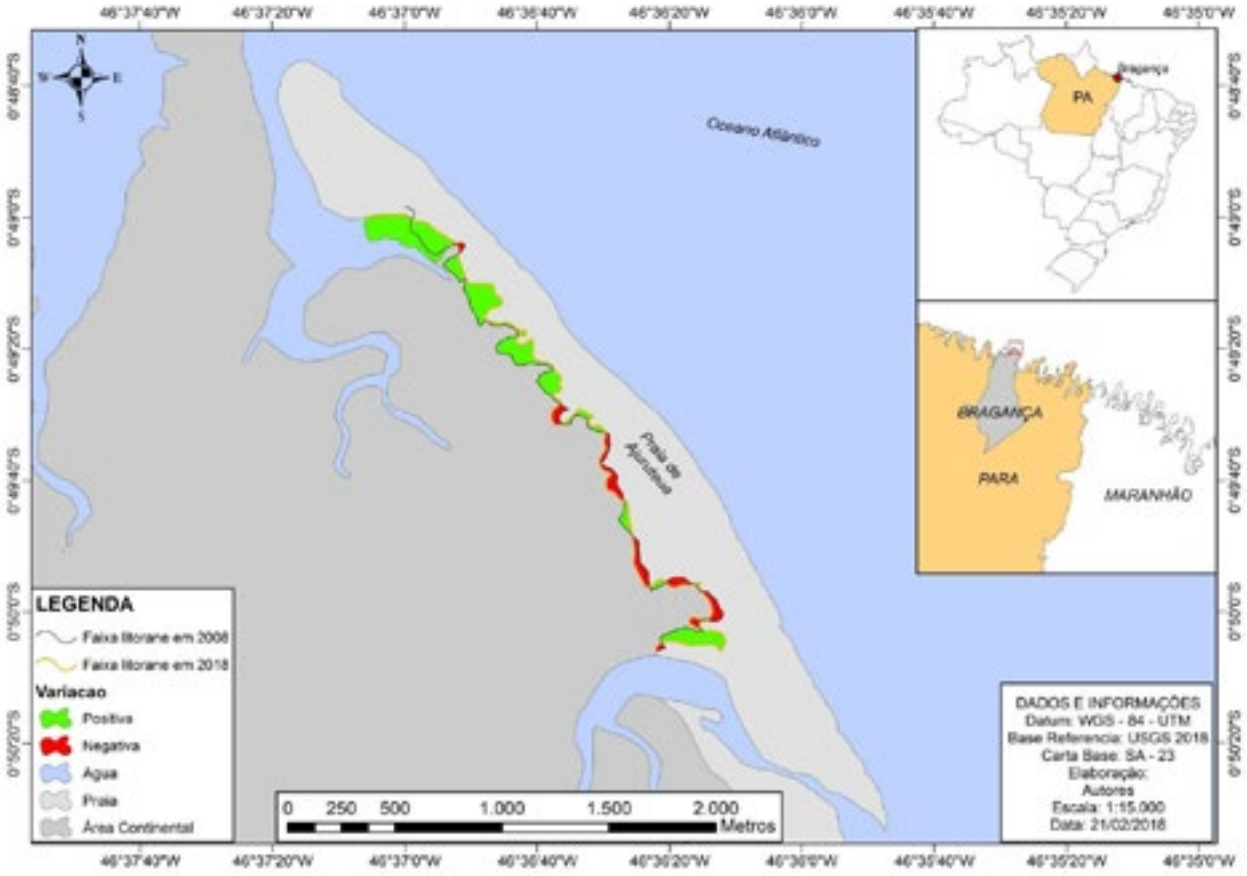


Figura 3 – Mapa das áreas progradacionais(positiva) e retrogradacionais(negativa) da linha de costa na praia de Ajuruteua, no município de Bragança-PA. Fonte: SILVA, H. N & GOMES, V. A

A partir das imagens do local de estudo foi possível construir a base de dados espaciais no formato "*shapefile*" (.SHP) e através dos dados, realizou-se a sobreposição da área de estudo e seus respectivos anos, tendo como objetivo comparar a evolução dos processos e suas dinâmicas. Para a realização desta análise foi utilizado o sistema de informação geográfica (SIG), por meio da plataforma QGIS, fornecido gratuitamente

pela *Trade Mark*, que possibilitou também a elaboração do mapa temático (Figura 3) da área em questão, analisando a sobreposição de camadas.

3. Resultados e discussões

Atendendo a proposta apresentada no objetivo do artigo de mostrar a importância do geoprocessamento, ressalta-se o interesse pelas inovações tecnológicas, que permitiram a manipulação de informações, podendo identificar determinadas características da superfície terrestre e ordená-las em cores, formas e legendas variadas.

A zona costeira bragantina está susceptível a fortes processos hidrodinâmicos que continuamente remodelam sua morfologia praial. Os processos erosivos na praia em estudo são consequência de causas naturais, intensificados por ação antrópica, como as ocupações desordenadas de edificações muito próximas ou sob o campo de dunas, além da retirada de sedimento para a construção civil.

A partir da sobreposição das imagens de 2008 e 2018, utilizando a metodologia citada anteriormente e estudos existentes no local, nota-se que a praia de Ajuruteua vem enfrentando um progressivo recuo na linha de costa, decorrente dos processos erosivos que predominam na região. A partir da base cartográfica foi possível obter informações superficiais sobre a dinâmica costeira do local, contudo, se absteve apenas a análise da linha de costa da praia de Ajuruteua. Os dados obtidos permitiram a percepção de intensos processos erosão (negativa) e deposição (positiva) que ocorrem na praia, portanto, que há dois contextos dinâmicos com predomínio de fenômenos opostos.

Estudos realizados anteriormente mostram que os perfis praiais apresentam um severo recuo da linha de costa, considerando que o ambiente é altamente dinâmico, há mudanças tanto na morfologia quanto na forma de distribuição sedimentar, resultante do processo de alta energia através das macromarés associadas à ação de ondas. As transformações que acontecem na linha de costa ocorrem principalmente pela dinâmica

costeira do local estudado, que é determinada pelos processos erosivos ou acumulativos gerados por ondas, marés, correntes, ventos e chuvas, que ajudam a configurar as feições presentes na paisagem ao longo do tempo. Além disso, os processos costeiros são responsáveis por selecionar e redistribuir os sedimentos ao longo da orla, produzindo mudanças morfológicas (EL-ROBRINI, 2001). Nas áreas erosivas, mostradas na cor vermelha, o avanço das ondas e marés provoca o solapamento das falésias, a redução da largura da praia. Nas áreas onde ocorre o processo de acumulação ou sedimentação na cor verde, as ondas arrebentam com menor energia, favorecendo a formação de uma faixa de acreção arenosa. A dinâmica costeira pode ser também influenciada pela ação antrópica, interferências operadas por obras de engenharia, tais como, construção de quebra-mares, diques, espigões e principalmente a urbanização sem planejamento na borda das falésias e praias, alteram a circulação hídrica e o trânsito sedimentar, alteram a dinâmica na área de estudo.

4. Considerações finais

As imagens de satélite ou de fotografias aéreas são tratadas a partir de softwares específicos, como o QGIS, ArcGIS ou Spring, que selecionam e separam informações que, a olho nu, são inseparáveis, como o relevo, hidrografia, altitude, vegetação, dentre outras. O geoprocessamento, através do uso e estudo de imagens de satélites, analisa e acompanha eventos passados sobre a superfície ou a evolução de determinados fenômenos geográficos. Por tanto, o artigo cumpriu seu objetivo, mostrando algumas das inúmeras possibilidades através do geoprocessamento, ferramentas computacionais e potencialidades dos SIGs, visando a contribuir para a produção do conhecimento no âmbito da Geomorfologia Costeira. Os dados são utilizados para a caracterização, comparação e classificação da zona costeira estudada, com base nos aspectos físicos (morfológicos e morfodinâmicos). Os resultados da pesquisa fornecerão subsídios ao

planejamento da ocupação e à elaboração de políticas públicas voltadas para o Gerenciamento Costeiro.

Agradecimentos

A UFPA, pela estrutura disponibilizada para a elaboração deste trabalho, em especial a biblioteca central. Ao INPE, pela flexibilidade de horários.

5. Referências Bibliográficas

EL ROBRINI, M. H. (2001). Variabilidade morfológica e sedimentar de praias estuarinas, Ilha de Mosqueiro. Belém, Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências ,85.

MENESES, Paulo & ALMEIDA, Tati; Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília ,2012, 272 p.

RANIERI, L. A.; EL-ROBRINI, M. Evolução da linha de costa de Salinópolis, Nordeste do Pará, Brasil. Pesquisas em Geociências, v. 42, n. 3, p. 207-226, set/dez 2015.

ROSA, Roberto; **INTRODUÇÃO AO GEOPROCESSAMENTO**. Universidade Federal de Uberlândia, 2013, 142 p.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: Tecnologia Transdisciplinar. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000, 220 p.

Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais/Teresa Gallotti Florenzano, (org.).—São Paulo: Oficina de textos,2008.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O Parque Indígena do Xingu como barreira ao desmatamento na Amazônia Legal

Marcelo Hideki Yamane[(a)], Ricardo Sartorello[(b)] Sueli Angelo Furlan [(c)]

[(a)] Mestrando em Geografia Física, Departamento de Geografia /Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Email: marcelohyamane@gmail.com
[(b)] Professor do Departamento de Biologia/Núcleo de Ciências Ambientais, Universidade Mogi das Cruzes. Email: ricardosartorello@umc.br
[a)] Professora do Departamento de Geografia/Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Email: sucaangf@usp.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A Amazônia Legal tem sofrido com o desmatamento ao longo dos anos, principalmente pelo agronegócio. Assim, entram em disputa diversas estratégias para combater o problema do desmatamento e perda de biodiversidade. Dentre elas, há as que incluem as populações locais como aliadas. No meio científico, os principais trabalhos defendendo essa estratégia são aqueles de etnoconservação. Em menor quantidade, há aqueles que procuram mostrar as relações espaciais dessas populações com seu território e entorno. Nosso trabalho vai diretamente nessa linha, procurando compreender os processos espaciais, tomando como estudo de caso o Parque Indígena do Xingu, no Mato Grosso. Utilizamos uma série histórica do satélite MODIS (430 imagens), de 2000 a 2018 e aplicamos um modelo linear de mistura espectral em imagens Landsat. Nosso objetivo foi mostrar a eficácia desse território como barreira ao desmatamento. A análise pode ser replicada para toda a Amazônia Legal, auxiliando como ferramenta para o planejamento regional.

Palavras chave: Desmatamento, Amazônia Legal, Parque Indígena do Xingu, Análise espaço-temporal.

1. Introdução

Diante do desmatamento das florestas tropicais, a Amazônia destaca-se por sua extensão, diversidade biológica e cultural, que vem sofrendo pressão do agronegócio (ARAGÃO; SHIMABUKURO, 2010), principalmente na sua fronteira agrícola (Mato Grosso, Pará, Tocantins, Roraima e Maranhão).

Assim, necessitamos pensar em estratégias de conservação, levando em consideração os atores envolvidos, o background cultural, acesso ao mercado, relações de poder e uso de tecnologias (GODAR et al., 2014). O debate é polêmico (NOLTE et al., 2013): alguns defendem que a presença humana é deletéria para a biodiversidade (SOULÉ, 2013), enquanto outros defendem que a inclusão das populações locais potencializaria a eficácia da conservação, além de que ser uma questão de justiça social (KAREIVA; MARVIER, 2012).

Apesar do número expressivo número de trabalhos de etnoconservação, discutindo diversos aspectos da realidade dos povos indígenas e comunidades tradicionais (PEREIRA; DIEGUES, 2010) (EMPERAIRE; PERONI, 2007) (FRASER, 2010) (BRAGA et al., 2012), são menos comuns os que trazem uma abordagem espacial do tema (ABREU; SOUZA, 2016) (NEPSTAD et al., 2006) (SOARES-FILHO et al., 2010) (NOLTE et al., 2013).

Nosso trabalho pretende trazer uma abordagem espacial, buscando verificar a relação entre território indígena e desmatamento, dando peso para a série temporal: utilizamos 430 imagens do satélite MODIS, datadas de 2000 a 2018, a fim de compreender os processos espaciais que ocorrem na paisagem. Também utilizamos imagens de maior detalhe, do satélite Landsat, a fim de verificarmos a precisão de nossa análise.

Escolhemos como área de estudo o Parque Indígena do Xingu, no Mato Grosso, mas nossa análise possui potencial para ser aplicado para toda Amazônia Legal, contribuindo para o planejamento regional da conservação.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

O Parque Indígena do Xingu teve seu território homologado em 1961. Possui uma área de cerca de 2,6 milhões de hectares, é formado por 16 povos e localiza-se no estado de Mato Grosso, em uma área de transição entre Amazônia e Cerrado. Atualmente, seu entorno sofre pressão de fazendas monocultoras, queimadas e grandes obras (ISA, 2018).

2.2. Cálculo de média e desvio padrão e análise espectral

As imagens de satélite utilizadas para tratamento estatístico foram as *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – Enhaced Vegetation Index* (MODIS EVI), de resolução espacial de 250 metros. Cada cena é registrada pelo satélite em um intervalo de 16 dias, totalizando 430 imagens, recobrindo o período de 2000 a 2018.

A fim de compararmos as alterações ocorridas no intervalo, calculamos o desvio padrão e média dos pixel, considerando o ano hidrológico, entre 2000 e 2001 e entre 2017 e 2018. A média representa variações espaciais na abundância da vegetação, enquanto o desvio padrão e o desvio médio absoluto mostram a variação temporal (SMALL, 2012).

Com o resultado obtido para as duas imagens, realizamos uma composição RGB para cada uma delas, a fim verificar visualmente a distribuição e variação temporal da vegetação (SARTORELLO, 2014). Para conferirmos se a diferença entre o pixel de cada ano representava uma alteração, utilizamos o histórico do pixel, resultante do conjunto de imagens utilizadas.

Para o histórico do pixel, cada imagem do conjunto foi considerado como uma banda, totalizando, assim, 430 bandas sobrepostas cronologicamente. Cada pixel de cada uma das imagens possui valores entre 0 e 255 e a sobreposição deles de forma cronológica nos permite visualizar como aquele pixel se comportou ao longo do período analisado e permitiu verificar, também, se o resultado da subtração das médias estava satisfatório.

Para o produto resultante da diferença entre as médias, realizamos uma subtração de bandas entre o ano hidrológico de 2018 o de 2000, considerando apenas as médias. Dessa forma, conseguimos obter um produto que nos mostrasse, visualmente, onde houve perdas e onde houve aumento dos valores médios. A fim de checar o que significaria essas perdas e aumentos, utilizamos o histórico do pixel para identificarmos os processos representados.

2.2. Modelo linear de mistura espectral

O modelo linear de mistura espectral foi elaborado a partir das imagens do satélite Landsat 7, com resolução espacial de 30 metros para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, utilizadas para a construção do modelo a partir de endmembers e tinha como objetivo validar os resultados obtidos pela análise com as imagens MODIS.

Esses endmembers representam cada um dos elementos representados em um pixel (ADAMS et al., 1986), os quais são generalizados por um valor médio único. Por meio da desmistura espectral, é possível identificar cada um desses endmembers e compor um modelo.

O modelo foi elaborado a partir da seleção de três endmembers gerais (SMALL; MILESI, 2013), a saber, vegetação (vegetation), substrato (substrate) e baixa reflectância (dark). Utilizamos duas cenas do satélite Landsat 7, datadas de 2001 e 2003. Antes de compor o modelo, realizamos a conversão da radiância espectral no sensor para o topo da atmosfera (TOA). As imagens utilizadas foram as mais próximas possíveis entre si em termos de dias julianos para cada ano, a fim de diminuir os efeitos da sazonalidade, possibilitando a comparação entre os resultados obtidos.

3. Resultados e discussões

Os tons em verde nas Figura 1 e Figura 2 indicam as áreas com vegetação, enquanto os tons de cinza a rosa indicam diversos tipos de cultura a solo exposto. Como podemos observar, as áreas de vegetação fora do Parque Indígena do Xingu diminuíram entre os anos 2018 e 2000, o que sugere uma forte pressão sobre o território. No entanto, no interior do parque, algumas alterações são identificadas (representadas pelos tons de cinza a sul do parque, próximo aos rios na Figura 2), mas a maior parte de seu interior permanece basicamente em tons de verde ao longo do período analisado.

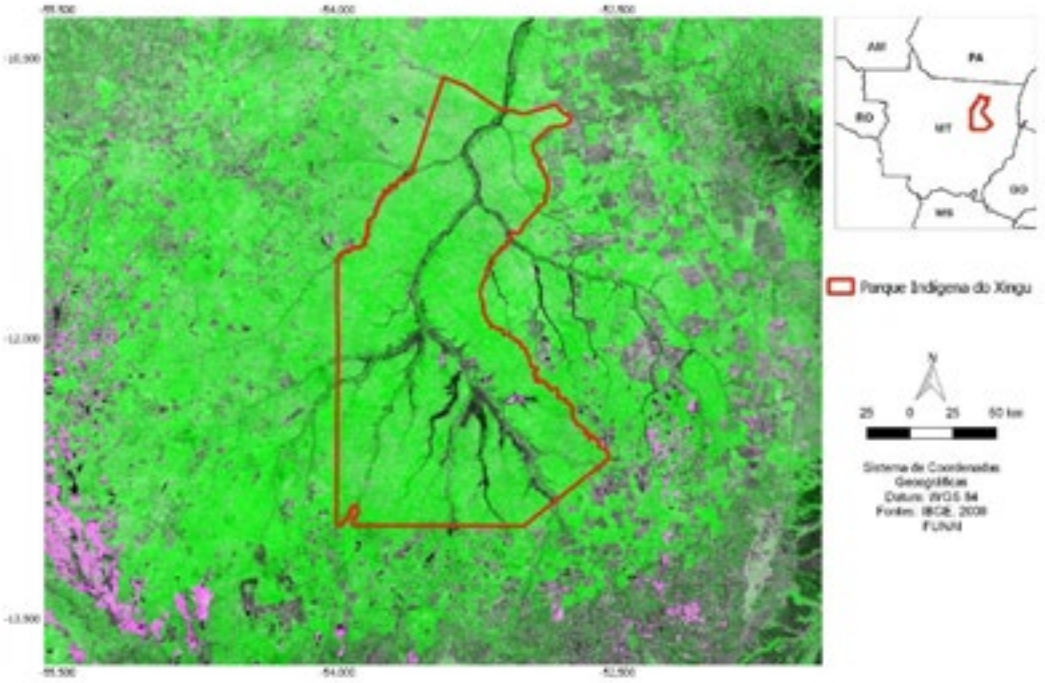


Figura 1:Composição RGB das imagens MODIS do ano 2000 para o Parque Índigena do Xingu e entorno. As frações red e blue representam o desvio padrão e a fração green representa a média dos valores do pixel)

Podemos observar também que tanto a leste quanto oeste e sul o desmatamento no exterior do parque segue em direção ao seu limite. Apenas a sul do território não observamos muitas mudanças, provavelmente porque lá se localiza outro território indígena.

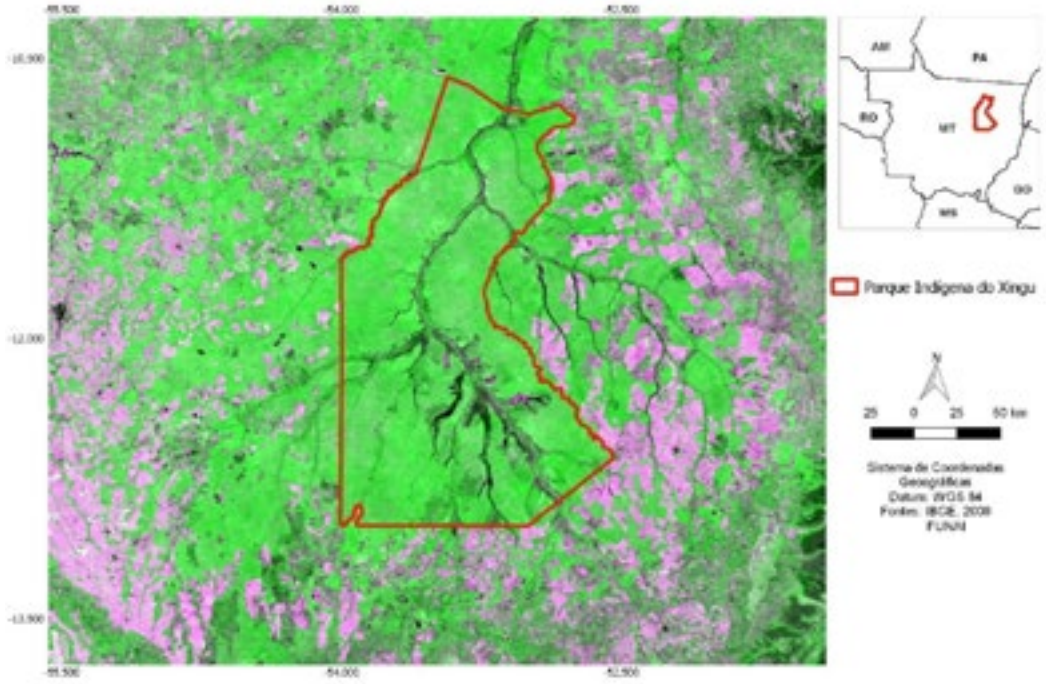


Figura 2: Composição RGB das imagens MODIS do ano 2018 para o Parque Índigena do Xingu e entorno. As frações red e blue representam o desvio padrão e a fração green representa a média dos valores do pixel)

Observando o histórico do pixel nas imagens MODIS de 2000 a 2018, em conjunto com as figuras, podemos identificar o momento específico em que cada alteração ocorreu. O exemplo dado pela Figura 3 ilustra, em verde, um padrão típico de áreas florestadas, com algumas variações sazonais próprias da vegetação. Em vermelho, amarelo e azul podemos observar mudanças abruptas nesse padrão, indicando o momento de desmatamento e posterior substituição por culturas. No padrão em amarelo observamos a substituição da floresta por cultura anual e, em azul, a substituição da floresta por cultura bi-anual, representada por dois picos em cada ano, indicando crescimento e corte da cultura.

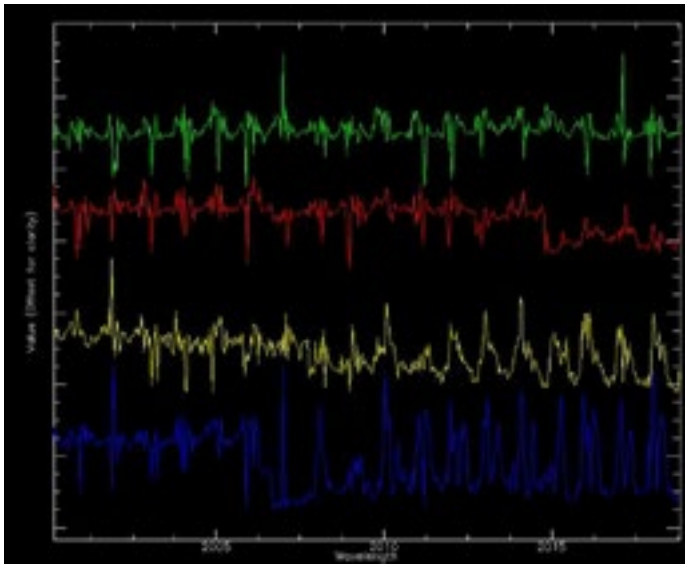


Figura 3:Exemplos de histórico do pixel do conjunto de imagens MODIS de 2000 a 2018

Esse conjunto de imagens nos oferece, de forma visual e de fácil interpretação, uma maior compreensão dos processos que ocorrem ou que ocorreram em cada uma das áreas, auxiliando, ao mesmo tempo, na interpretação dos padrões atuais, como mudanças que ocorreram no passado.

O produto resultante da subtração das médias (Figura 4) nos permite termos um produto cartográfico único, no qual podemos observar as áreas de perda e ganho dos valores

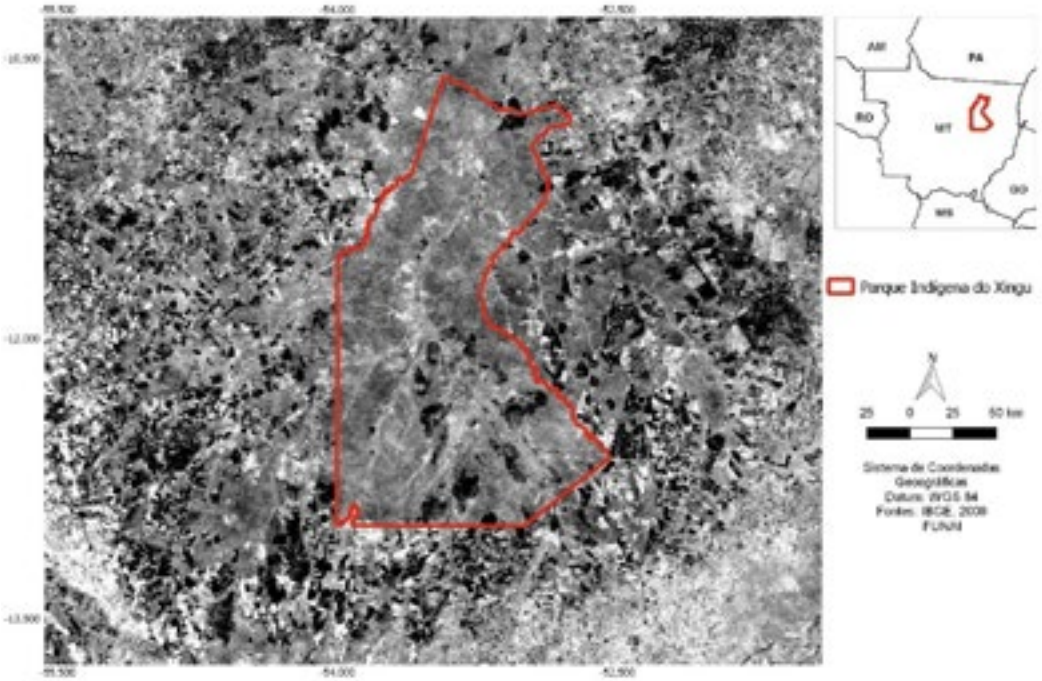


Figura 4: Subtração dos valores médios das bandas de 2018 e 2000. Os tons mais escuros indicam diminuição, enquanto os tons mais brancos indicam aumento das médias

médios. Os tons mais escuros indicam áreas em que houve diminuição nos valores médios, enquanto os valores mais próximos do branco indicam aumento.

Utilizando o histórico do pixel, podemos verificar que as áreas nas quais observamos aumento na média representam principalmente mudanças na cultura, de anual para bi a tri-anual (Figura *5*). Já os tons mais escuros indicaram perda de área de florestas. A Figura 7 representa o histórico do pixel e mostra perda de vegetação no interior do Parque Indígena do Xingu, o que sugere a pressão que esses territórios sofrem diante dos conflitos fundiários.

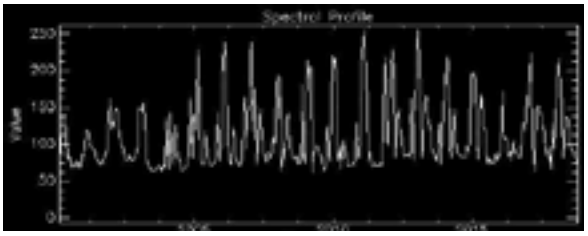


Figura 5: Histórico do pixel indicando mudança de cultura anual para bi a tri-anual

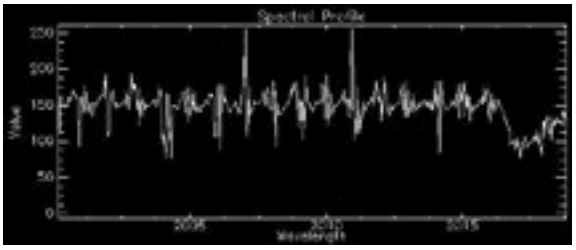


Figura 7: Histórico do pixel do interior do Parque Indígena do Xingu, indicando perda de vegetação em 2017

Comparando com as imagens de maior detalhe do satélite Lansat (Figura 6 e Figura 8), verificamos a precisão de nossa análise. O resultado do modelo linear de mistura espectral corrobora com os resultados obtidos a partir das análises estatísticas para a imagem do satélite MODIS. As figuras 7 e 8 mostram alterações em áreas bem próximas aos limites do território do Parque Indígena do Xingu, de maneira que é possível observar a sul do limite do território substituição de área de floresta para área de cultura.

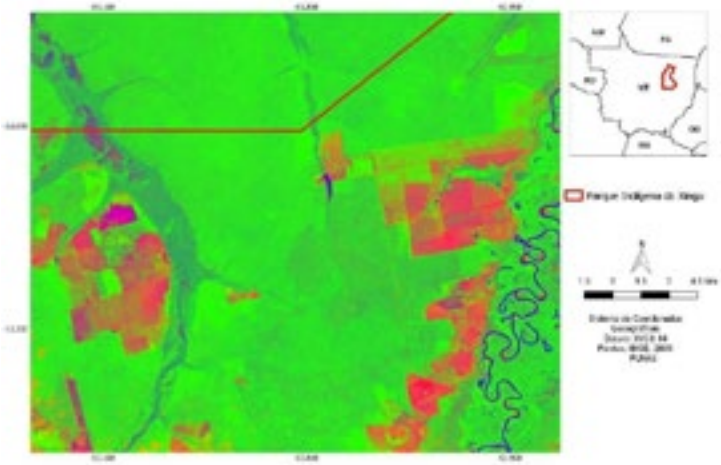


Figura 6: Composição RGB do modelo linear de mistura espectral a partir de imagem Landsat de 2001 para uma parte do limite do Parque Índigena do Xingu. A fração red representa substrato, a fração green representa a vegetação e a fração blue representa a baixa reflectância.

Do ponto de vista da estrutura da paisagem, nossos resultados corroboram com a posição de Kareiva e Marvier (2012), de que as populações locais têm potencial para a conservação da biodiversidade. Dessa forma, os resultados observados para o Parque Indígena do Xingu em parte vão ao encontro daqueles observados por Nolte et al (2013) e Soares-Filho et al. (2010),

que apontam que os territórios indígenas podem funcionar como barreiras para o desmatamento. No entanto, sugere a necessidade de fiscalização, uma vez que há pressão sobre esses territórios, com focos de desmatamento em seu interior.

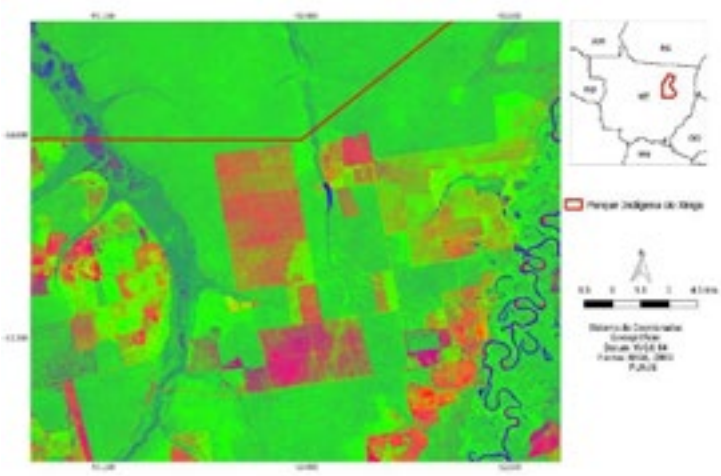


Figura 8: Composição RGB do modelo linear de mistura espectral com imagem Landsat de 2003 para uma parte do limite do Parque Índigena do Xingu. A fração red representa substrato, a fração green representa a vegetação e a fração blue representa os elementos de baixa reflectância.

4.Considerações finais

Os resultados sugerem que as alterações observadas ocorreram principalmente fora dos limites do Parque Indígena do Xingu, apesar de apresentarem alguns pontos de alteração no seu interior. Ainda assim, os dados indicam o potencial dessas áreas como barreira ao desmatamento.

Porém, vale lembrar que o escopo do trabalho trata da estrutura da paisagem, e não representa o que pode ocorrer no interior da floresta, como a caça ilegal, retirada de espécies ameaçadas, etc. Ainda assim, a estrutura é condição para a manutenção dos processos ecológicos, ainda que estes não dependam apenas da estrutura.

Do ponto de vista de pesquisas futuras, as análises podem ser replicadas para toda a Amazônia Legal, o que permitiria compreender como os diversos territórios indígenas e Unidades de Conservação habitadas por comunidades tradicionais se comportam em relação ao

desmatamento na Amazônia Legal, contribuindo para a discussão sobre as diversas estratégias de conservação e consequentemente para o planejamento regional.

3. Referências Bibliográficas

ADAMS, J., B., SMITH, M. O. Spectral Mixture Modeling: A new analysis of rock and soil types at the Viking Lander 1 Site. **Journal of Geophysical Research**, v. 91, n. B8, p. 8098-8112, 1986.

ABREU, F. DE A.; SOUZA, J. DO S. A. Dinâmica espaço-temporal de focos de calor em duas terras indígenas do Estado de Mato Grosso: Uma abordagem geoespacial sobre a dinâmica do uso do fogo por Xavantes e Bororos. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p. 1–10, 2016.

ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E. The incidence of fire in amazonian forests with implications for REDD. **Science**, v. 328, n. 5983, p. 1275–1278, 2010.

BRAGA, R. F. et al. Are Dung Beetles Driving Dung-Fly Abundance in Traditional Agricultural Areas in the Amazon? **Ecosystems**, v. 15, n. 7, p. 1173–1181, 2012.

EMPERAIRE, L.; PERONI, N. Traditional Management of Agrobiodiversity in Brazil: A Case Study of Manioc. **Human Ecology**, v. 35, n. 6, p. 761–768, 2007.

FRASER, J. A. Caboclo Horticulture and Amazonian Dark Earths along the Middle Madeira River, Brazil. **Human Ecology**, v. 38, n. 5, p. 651–662, 2010.

GODAR, J. et al. Actor-specific contributions to the deforestation slowdown in the Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 43, p. 15591–15596, 2014.

INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL (ISA). Acessado em 02/2019: https://www.socioambiental.org/pt-br

KAREIVA, P.; MARVIER, M. What Is Conservation Science? **BioScience**, v. 62, n. 11, p.

962–969, 2012.

NEPSTAD, D. et al. Inhibition of Amazon deforestation and fire by parks and indigenous lands. **Conservation Biology**, v. 20, n. 1, p. 65–73, 2006.

NOLTE, C. et al. Governance regime and location influence avoided deforestation success of protected areas in the Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 13, p. 4956–4961, 2013.

PEREIRA, B.; DIEGUES, A. C. Conhecimento de populações tradicionais como possibilidade de conservação da natureza: uma reflexão sobre a perspectiva da etnoconservação. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, p. 37–50, 2010.

SARTORELLO, R. **Interações em estudos para conservação:** conceitos e técnicas para análises geográficas e ecológicas da paisagem. 2014. 1 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação de Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SMALL, C. Spatiotemporal dimensionality and Time-Space characterization of

multitemporal imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 124, p. 793-809, 2012.

SMALL, C. MILESI, C. Multi-scale standardized spectral mixture models. **Remote Sensing of Environment**, v. 136, p. 442-454, 2013.

SOARES-FILHO, B. et al. Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 24, p. 10821–10826, 2010.

SOULÉ, M. The “New Conservation”. **Conservation Biology**, v. 27, n. 5, p. 895–897, 2013.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O USO DE DRONES NOS ESTUDOS DE RISCO AMBIENTAL

Yuri Marques Macedo [(a)], Joao Correia Saraiva Junior [(b)] Zuleide Maria Carvalho Lima[(c)]

[(a)] Diretoria Acadêmica de Ciências, IFRN – Campus Macau, yuri.macedo@ifrn.edu.br

[(b)] Diretoria Acadêmica de Ciências, IFRN - Natal Central, joao.correia@ifrn.edu.br

[(c)] Departamento de Geografia – UFRN, zmclima@hotmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo/

A utilização de geotecnologias vem avançando no trato metodológico quando se trata de análise espacial. Diversas temáticas como gestão ambiental e redução de riscos ambientais vem incoporando tais práticas , possibilitando aos pesquisadores novas ferramentas que permitem a identificação de dados outrora imperceptíveis. Nesse sentido, o presente artigo tem como objetivo analisar o uso de drones nos estudos de riscos em diferentes ambientes. A metodologia é baseada na análise de 3 trabalhos do grupo de pesquisa Georisco da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como estudo de caso para perceber como o VANT (veículo aéreo não tripulado) popularmente conhecido como drone pode ser usado para os estudos de risco socioambiental, uma importante área da geografia. Os resultados apontam que as metodologias utilizadas pelos autores apresentam diversas similaridades mas que em função das condições ambientais dos locais estudados, precisam de adaptações para indicação dos locais com maior exposição ao risco.

Palavras chave: Geotecnologias,drone, risco,ambiental

1. Introdução

O uso do equipamento popularmente conhecido como Drone, está em franca expansão como ferramenta de análise geográfica, portanto espacial. Seu levantamento, devidamente processado, com o rigor científico e a preocupação com a acurácia, é um importante meio para

obtenção de imagens e/ou dados georreferenciados de alta resolução, com alto nível de detalhamento, sendo utilizado tanto para imageamento, quanto para sensoriamento remoto em geral - quando acoplados sensores mais complexos pode ser utilizados para geofísica de reconhecimento, levantamento topográfico de alta precisão, com diversos usos como pela geologia, mineração, segurança pública, arquitetura, engenharia, geotecnia, etc.

As geotecnologias são utilizadas, cada vez mais, para análise espacial. Os avanços tecnológicos possibilitaram aos pesquisadores melhores formas de aquisição e processamento de dados que são úteis em diversas situações ligadas ao planejamento urbano e gestão ambiental de diversos espaços. Dos diversos temas relacionados às pesquisas na atualidade estão os estudos de risco que vem ganhando fôlego no meio acadêmico e estabelecendo relações, por exemplo, com a Defesa Civil dos estados e municípios.

Os estudos de risco se inserem neste contexto, no qual as geotecnologias como o uso de Drones, se mostram como importante ferramenta para caracterização e análise espacial, otimizando o levantamento, sobretudo em escala cartográficas maiores.

Trabalhos voltados para os estudos de risco vêm sendo desenvolvidos em diversas universidades, a exemplo do Grupo de Pesquisa em Dinâmicas Ambientais, Riscos e Ordenamento do Território (GEORISCO) na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Departamento de Geografia. Nesse contexto, diferentes formas de aplicação do uso de drones foram sendo sistematicamente utilizadas nas pesquisas.

Assim, este artigo tem como objetivo geral analisar a utilização de drones para os estudos de risco a partir dos 03 estudos de caso de pesquisas em níveis acadêmicos diferentes e em áreas de estudo distintas. Os objetivos específicos buscaram caracterizar as condições ambientais e a produção do risco em cada setor de estudo, compreender qual(is) a(s) metodologia(s) de levantamento e processamento de dados e analisar a utilidade do Drone como ferramenta para estudos de risco socioambiental.

A justificativa para realização deste trabalho é pautada na necessidade de discussões acerca das potencialidades e limitações do uso de ferramentas geotecnológicas. Em diversas áreas do conhecimento, é sabido que o uso das geotecnologias vem proporcionando avanços significativos, inclusive em áreas nem sempre destacadas como o Controle Externo do Tribunal de Contas da União, conforme apontam Ferraz et al (2015). No entanto, a forma de obtenção dos dados deve ser alvo constante de preocupação dos pesquisadores, pois a metodologia de coleta intefere diretamente nos resultados podendo gerar equívocos na interpretação.

A metodologia é baseada em revisão de literatura e análise de três estudos de caso desenvolvidos em ambientes diferentes. Assim, este trabalho é de caráter essencialmente qualitativo e calcado em pesquisa bibliográfica.

A estrutura do artigo apresenta inicialmente discussões sobre os estudos de risco, condições ambientais dos locais de estudo e análises sobre as metodologias utilizadas pelos pesquisadores. Destaca-se o desejo de contribuir com as reflexões acerca do uso de geotecnologias, neste caso o uso de drones que vem sendo bastante utilizado.

2. Materiais e Métodos

Este artigo consiste em pesquisa qualitativa, voltada a analisar três pesquisas realizadas pelo grupo GEORISCO-UFRN, com utilização de VANT, também chamado de Aeronave Remotamente Pilotada (ARP), como ferramenta para obtenção de imagens de alta resolução para auxiliar no levantamento de dados espaciais fundamentais para as análises de risco pretendidas nas pesquisas.

O trabalho realizado através do VANT, em ambas as pesquisas analisadas, foi relizado com o equipamento *Phanton 3 pro*, com imagens processadas no *software Agisoft PhotoScan*. O trabalho consiste em 4 etapas básicas:

1- Trabalhos pré-campo, onde é planejado o plano de vôo, a partir do reconhecimento da área e análise de imagens de satélite antigas, disponibilizadas por software livres, como o *Google Earth.* Nesta etapa o tamanho da área, quantidade de pontos de controle e nível de detalhamento, esperado para cada pesquisa, é fundamental para o planejamento do vôo.
2- Levantamento de campo, em que os pesquisadores fazem o sobrevôo com o VANT registrando as imagens que serão processadas no *software,* sendo o vôo predefinido a partir dos trabalhos pré-campo.

3- Processamento de dados, que consiste nos trabalhos de gabinete, onde os pesquisadores processam as imagens do levantamento, com uso do *software* de processamento, sendo feitas as rootinas de inseração da imagem, identificação de pontos de controle, nuvens de pontos e mosaico da imagem, produzindo uma imagem individual ortorretificada e georreferenciada de alta resolução e o MDS – Modelo Digital de Superfície.
4- Controle de campo, que consiste em analisar em *lócu* os dados obtidos pelas geotecnologias, ajustando o levantamento remoto à realidade local, sendo possível detalhar ainda mais os dados, por exemplo levantando imóveis ocupados ou não e em situação precária ou não.

Mas o que seriam, de fato, as geotecnologias? Segundo Rosa (2005), "as geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica". As geotecnologias são formadas por três componentes básicos: hardware, software e peopleware que são ferramentas importantes para tomada de decisões. Dentre os diversos formatos de geotecnologias podemos destacar os sistemas de sistemas de informação geográfica e sistema de posicionamento global, dentre outros. Com o avanço da tecnologia de geoprocessamento, técnicas mais baratas e mais eficitentes tem se mostrado importantes na análise dos dados, por exemplo, com o uso de drones.

Drone é o termo mais utilizado para designar véiculo aéreo nao tripulado-VANT (BRASIL, 2017). Na coleta de dados espaciais, o uso de Drones tem evitado revisitas de campos e tem fornecido informações de muito detalhe, otimizando custos e tempo dos pesquisadores.

> A Aplicação de Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARPs) mais conhecidos por drones, tem ganhado bastante popularidade, sendo utilizado por diversas áreas. Criado inicialmente com um propósito específico, o militar, os ARPs "advém da época da guerra, onde os exércitos lançavam balões uns contra os outros e utilizavam a força dos ventos para conseguirem, de forma guiada, derrubar explosivos em seus alvos (LATCHMAN, 2003)."

No Brasil, diversas instituições estão fazendo uso de drones para melhorias das atividades desenvolvidas em inspeções prediais, seguranças de condomínios, combate a focos do mosquito da dengue e agricultura. O uso de drone deve estar associado a outras formas de levantamento e o geoprocessamento deve corrigir as distorções existentes. Nas análises ambientais, as informações detalhadas fornecidas pelos drones são importantes para planejamento e formulação de medidas mitigadoras para diminuição, por exemplo, do risco. Extensão da cobertura vegetal, nível dos corpos hídricos e graus de declividade são alguns exemplos de dados importantes para a compreensão da exposição ao risco.

O risco é uma construção social, está diretamente ligado à concepção da população em relação a algum perigo potencial de causar danos físicos e perdas materiais de grande monta, uma população pode não ter a percepção de que está em risco. Conforme aponta Veyret (2007)

> "Risco é a percepção de um indivíduo ou Grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse grupo ou indivíduo" (VEYRET, 2007, p.24).

Neste trabalho, serão discutidas as variáveis naturais que interferem na produção do risco. Nos anos 1980 os estudos sobre riscos naturais ("Natural Hazards") passaram a ter foco no fator social da problemática. Movimentos de massa e inundações estão fortemente relacionados às formas de uso dos recortes espaciais, dependendo fortemente das condições ambientais e de infraestrutura dos segumentos sociais que se apropriam dos recursos naturais.

É neste sentido que emerge o conceito de vulnerabilidade social, quando do estudo de características sociais e econômicas da população em escala municipal, que caracteriza a resistência ou capacidade de lidar com o desastre, no caso inundações e movimentos de massa. A vulnerabilidade seria a mensuração da capacidade de cada indivíduo para se preparar, lidar, resistir e possuir habilidade de resiliência quando exposto a um perigo. "A vulnerabilidade mede os impactos danosos do acontecimento sobre os alvos afetados". (Dictionnaire de I'environnement, 1991, apud VEYRET, 2007, p.24).

Diferente dos conceitos de risco e perigo, o conceito de vulnerabilidade ainda não há um consenso bem definido, havendo assim, múltiplas definições para o que seria vulnerabilidade. Susan Cutter (1996) realizou um apanhado de definições conceituais para o tema entre os anos de 1980 e 1995 no qual definiu 18 conceitos diferentes de vulnerabilidade. Com esta percepção, a vulnerabilidade é uma condição de susceptibilidade a algum evento potencial de causar danos materiais e físicos à população residente em ambientes de intensa dinâmica natural, como os já citados acima. É preciso determinar o conceito a ser utilizado neste trabalho:

> (...) Por vulnerabilidade queremos dizer as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de prever, lidar com, resistir e se recuperar do impacto de um perigo natural. Trata-se de uma combinação de fatores que determinam o grau em que a vida de alguém e os meios de subsistência são postos em risco por um evento discreto e identificável na natureza ou na sociedade (BLAIKIE et al, 1994. Apud CUTTER, 1996).

Embora perigo e vulnerabildiade sejam conceitos importantes, neste trabalho será abordado o risco que pode ser estudado, também, pelo uso de drones.

3. Resultados e discussão

3.1 Condições ambientais e risco em cada setor de estudo

As condições ambientais dos locais estudados por Pontes (2018), França (2018) e Oliveira (2018) apresentam diferenças expressivas que interferem na forma de aquisição e interpretação dos dados. Os locais estudados são respectivamente a comunidade Passo da Pátria em Natal/RN, a Comunidade São José de Jacó também em Natal e o município de Pacoti no Estado do Ceará. Serão apresentadas as condições ambientais de cada setor de estudo, a saber:

O Complexo do Passo da Pátria está localizado em ambiente fluvial, por estar situado às margens do Rio Potengi e está inserido em ambiente sedimentar cenozóico. Pelas características topográficas, o setor ocupado pelas construções, geomorfologicamente corresponde a um contato entre a planície de inundação e um paleofalésias. Trata-se de um ambiente morfoescultural, fortemente influenciado pelas precipitações pluviais e convergência de fluxos que escoam a partir dos altos níveis topográficos do entorno. A morfologia é plana e delimitada pelo leito maior do rio Potengi e escarpas de paleofalésias. As características do relevo não apresentaram dificuldades à ocupação dessa área por segmentos sociais de baixo poder aquisitivo. Assim, as casas, mesmo de alvenaria, estão sujeitas a inundações.

O contexto de inundações no Passo da Pátria é mais evidente quando são combinadas as temporalidades das marés de sizígias e da quadra chuvosa em Natal que ocorre entre os meses de maio a julho, com precipitações em torno de 1.200 mm (DINIZ E PEREIRA, 2015).

Distante cerca de 3 km do Passo da Pátria está a comunidade São José de Jacó, também inserida em ambiente sedimentar. O relevo apresenta níveis topográficos distintos marcados por uma paleofalésia. As construções ocuparam o topo, a vertente e a base da paleofalésia. As condições de risco se apresentam nos três segmentos morfológicos. No topo e vertentes o escoamento pluvial concentrado cria condições ideais de erosão e movimentos de massa. Na base da paleofalésia, a área de baixio é susceptível a inundações e repouso dos materiais erodidos. As condiçoes de saneamento básico não são suficientes para drenagem do excedente hídrico.

O município de Pacoti está inserido no Maciço de Baturité, um complexo serrano localizado a cerca de 100 km de Fortaleza, capital do Ceará. A geologia de Pacoti é marcada pela presença de rochas cristalinas fortemente atacadas pelo intemperismo químico que deram origem a vasta rede de drenagem e vales fluviais. O relevo é bastante movimentado apresentando variados graus de declividade. As precipitações pluviais se concentram

especialmente durante o verão e outono austrais, com médias pluviométricas em torno de 1500 mm anuais (OLIVEIRA, 2012).

As condições morfológicas, climáticas de uso e ocupação dera origem a ambientes altamente susceptiveis ao risco de movimentos de massa. Os perfis de solo alcançam profundidades de até 2m de espessura. Em função do desmatamento para construção civil e agricultura e cortes de estrada para implementação de vias de acesso (OLIVEIRA, 2012).

Assim, o risco em cada área de estudo existe em função da conjugação dos fatores do meio físico e das formas de ocupação de cada área, exigindo melhorias na coleta e processamento de dados.

3.2 O uso de VANT (drone) para as análises de risco de desastre com viés geográfico

As três pesquisas analisadas tem o uso de VANT ou drone, em comum, portanto, também as 4 etapas de trabalho descritas na sessão materiais e métodos são seguidas, modificando-se o planejamento de vôo a partir do tamanho da área, pontos de controle e nível de detalhamento escolhido.

Assim, as pesquisas analisadas, de maneira geral, têm como produtos uma imagem em mosaico, ortorretificada e de alta resolução que possibilita obter, em nível de detalhe, nos locais de estudo, os dados de domicílios, lotes habitados ou não, vias de acesso, encostas vegetadas ou não, localização dos canais de drenagem, entre outras conclusões possíveis com a imagem de VANT associada ao controle de campo posterior. Além disso, ambos trabalhos utilizaram-se dos dados georreferenciados com coordenadas X, Y e Z, ou seja, com dados de localização e altitude, no qual, a partir do processamento de imagens, relação entre a altitude dos pontos centrais das imagens (nuvens de pontos) e sua interpolação na área total da imagem final, pode-se obter o MDS

– Modelo Digital de Superfície– analisando a declividade do terreno, altitude, áreas de planície e elevações, definindo-se os perigos ambientais que a topografia se relaciona.

Os trabalhos analisados evidenciaram um grande nivel de detalhamento, a partir das imagens de alta resolução obtidas com uso de drone. Porém, o trabalho de Oliveira (2018), até mesmo por se tratar de um doutoramento - com maior tempo e nível de complexidade para a pesquisa – além do que se propôs pela autora, obteve o maior detalhamento, sendo mapeados os setores de risco da cidade de Pacoti-CE, incidindo até o nível de individualização do lote, no qual, com auxílio de trabalhos de campo para controle, como produto foram definidos setores com diferentes níveis de risco de desastre, com seus lotes em quantidade, tamanho e características ambientais, a partir de critérios estabelecidos com cuidado baseados no conhecimento prévio da realidade local e diversos estudos de risco em geografia.

Especificamente para este trabalho, o drone foi muito importante para a autora, pois permitiu guiar os trabalhos de campo, atualizar os lotes dos setores e a base de dados municipal, com maior qualidade e detalhamento em comparação com imagens de satélites, além da maior atualidade dos dados. Além disso, foi muito importante também, pela possibilidade de elaboração do MDS – Modelo Digital de Superfície - que, quando comparado com o MDT - Modelo Digital de Terreno - possibilita relacionar os setores e seus lotes à declividade associada ao risco de movimentos de massa e, consequentemente, desastres; além de áreas de planície propícias a alagamentos ou enchentes/inundações, inclusive no mapa da figura 1 está bem delimitado o Rio Pacoti e estes riscos, a que o sítio urbano do município está exposto.

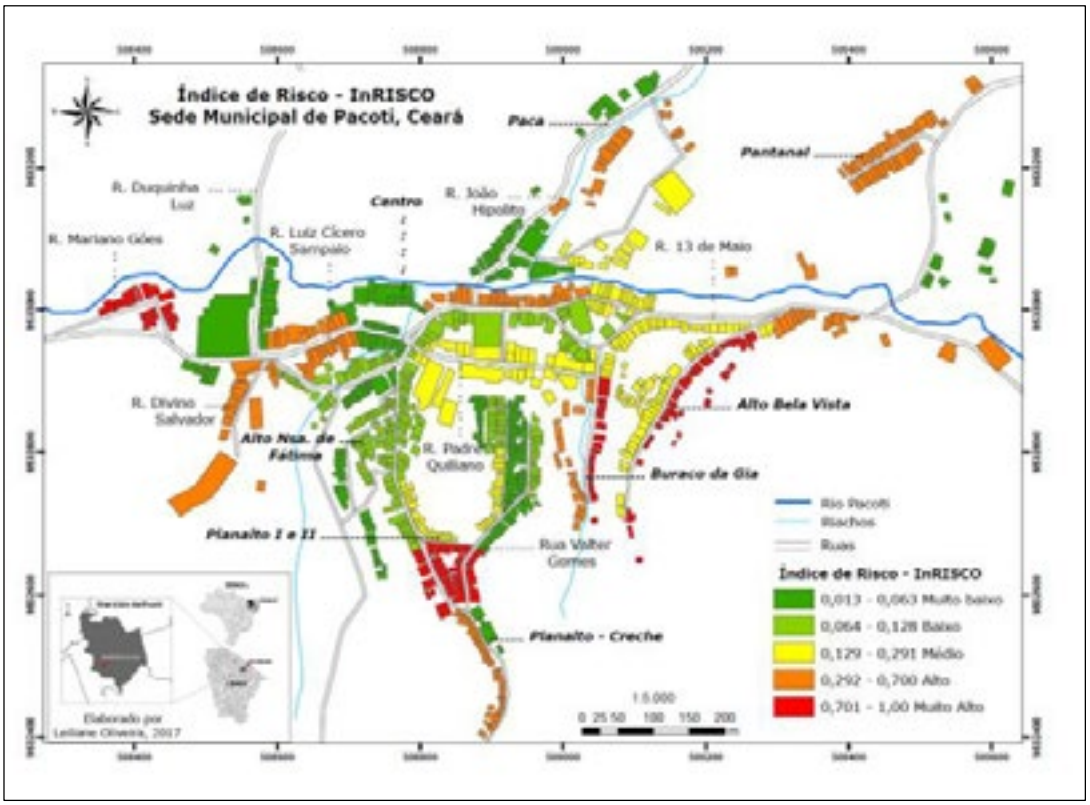


Figura 01-Mapa de risco da sede municipal de Pacoti, Ceará.
Fonte: Oliveira, 2018.

A declividade no trabalho de Oliveira (2018) foi produzida a partir do MDT, com dados de GNSS (Global Navigation Satellite System) geodésico, que trata-se de equipamento geodésico que se utiliza tanto da constelação GPS (*Navstar GPS, dos EUA),* quanto o GLONASS (satélites russos, da antiga URSS). Portanto este equipamente aumenta a precisão dos dados de altimetria, a partir de levantamento cinemático do tipo L1-L2, que consiste em um aparelho de GNSS fixo numa base, calibrado durante mais de 8 horas, constituindo um marco de referência, e outra aparelho (L2), móvel percorrendo as vias de acesso gerais da sede urbana do município. Se constituindo numa precisa e importante ferramenta que aumentou o grau de complexidade e precisão do

trabalho de geoprocessamento desta pesquisa, associada ao Drone, que é o foco das análise do corrente artigo.

Já nos trabalhos de monografia de Pontes (2018) e França (2018), realizados em Natal, Rio Grande do Norte, o levantamento dos lotes em quantidade, tamanho, enfim, detalhamento até o nível das unidades habitacionais, não foi o foco principal do levantamento com drone, conforme pode ser visualizado na figura 2.

Os autores, em seus trabalhos, utilizaram os dados obtidos a partir de drone, principalmente, para definição do MDS, que foi associado ao MDT, suas curvas de nível e declividade gerada a partir de dados da SEMURB – Secretaria de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal – a qual tem dados de 2006 gerando curvas de nível com 1m de equidistância, obtidos por aerolevantamento com produtos de imagens ortorretificadas e georreferenciadas. Tal como utilizaram o drone para atualização da base dados existente no município, focando em suas áreas de estudo, analisando a disposição dos lotes, novas áreas de ocupação e de maneira geral, a disposição das áreas habitadas e não habitadas nas duas AEIS – Áreas Especiais de Interesse Social – pesquisadas.

A declividade obtida nestes trabalhos foi uma variável fundamental para definição de suas áreas de risco que, com a sobreposição dos dados obtidos com o drone e a geração do MDS, possibitou a sobreposição entre ocupação e declividade – fator de risco preponderante para movimentos de massa - caso específico da pesquisa de França (2018); e ocupação em áreas de planície ou várzea de rios ou canais de drenagem (riachos) – fator de risco de desastre principal em alagamento, enchentes e inundações, que é o caso do trabalho de Pontes (2018).

Figura 02 – (A) Áreas mais susceptíveis à ocorrência de inundação, Passo da Pátria, Natal/RN; (B) Mapa de Exposição aos Movimentos de Massa na Comunidade do Jacó. Fonte: (A) Pontes, 2018; (B) França, 2018.

O uso de drone, então, se mostra como importante para a disposição das ocupação e, em uma análise apronfudade, quantificação da ocupação ou densidade de ocupação, quantidade de domicílios e, consequentemente moradores; mas não é o fator principal de suas análises, o qual a declividade passa ter papel central na definição dos níveis diferentes de risco.

4. Considerações finais

Considerando os três trabalhos analisados, o uso do drone se mostra como fundamental para a análise de risco geográfico. O uso desta ferramenta de geotecnologia é novo e está em franca expansão para a Geografia, enquanto ciência, e para os estudos de riscos, como área de estudo específica. Portanto, muito há de se desenvolver na utilização desta ferramenta, novas metodologias e produtos, por exemplo, o que vem a cargo de novos *softwares* ou ferramentas novas dentros destes. Atualmente, o drone ou VANT usado na obtenção de imagens atualizadas, ortorretificadas e georrefenciadas, com coordenadas de altitude também associadas, se mostra como fundamental para os estudos de risco e vulnerabilidade ambiental em escala de detalhe.

Este tipo de trabalho está, também, em franca expansão, visto que há uma conslolidada produção de cartas e mapas de risco em escala municipal, ou até mesmo estadual e, deste modo, emerge e urge a necessidade de detalhamento local, de conhecimento das características locais, para prevenção dos desastres e mitigação dos risco, maximizando a produtividade das analises, melhorando a efetividade dos recursos alocados em levantamentos estatais, pela defesa civil, por exemplo.

Além disso, os custos aplicados em uma desapropriação, por exemplo, podem ser muito melhor alocados, aplicados especificamente em um setor ou mesmo uma residência, com um conhecimento muito mais amplo da realidade complexa de cada lote, ou de cada rua, ou de cada zona identificada dentro de um bairro, ou de uma área urbana de um pequeno município, em alusão às três pesquisas analisadas neste artigo. Neste contexto, o uso do drone foi bem utilizado em cada pesquisa, corroborando à execução do(s) objetivo(s) dos trabalhos e deste objetivo global dos estudos de risco, que é a redução ou mitigação do risco de desastre (RRD), objetivo preconizado, inclusive, pela UNU – Universidade das Nações Unidas, sobretudo, em seu Instituto para o Meio Ambiente e Segurança Humana (UNU-EHS).

Agradecimentos

Agradecemos aos autores dos trabalhos analisados pela gentileza na concessão das informações, ao IFRN – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (RN), por sua política de incentivo à capacitação e publicação para seus docentes, engradecendo, cada vez mais a educação do estado do RN. Agradecimento, ainda e não menos importante, ao PPGE – Programa de Pós-graduação em Geografia da UFRN, a qual os autores deste artigo fazem parte como discentes de doutorado, com grande importância das orientações de seus professores para sua elaboração, em especial Professora Dra. Zuleide Lima de Carvalho e Professor Dr. Lutiane Almeida.

3. Referências Bibliográficas

BRASIL. Estudo sobre a indústria brasileira e europeia de veículos aéreos não tripulados. **Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços**, 2017.

CUTTER, S. L. **Vulnerability to environmental hazards**. Progress in Human Geography, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.

DINIZ, M. T. M; PEREIRA, V. H. C. **Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil**: Sistemas Atmosféricos Atuantes e Mapeamento de Tipos de Clima. Boletim Goiano de Geografia (Online), v. 35, p. 488-506, 2015.

FERRAZ,C.M.;BERBERIAN,C.F.;DIAS FILHO,N.;VIEIRA,R.R.T.;NÓBREGHA,R.R.A.O uso de Geotecnologias como ferramenta para o controle externo. **Revista do TCU**.v.133. Maio/agosto/2015.

FRANÇA, Vinnícius Vale Dionízio. **Análise da exposição a movimento de massa com uso de ARP - Aeronave Remotamente Pilotada na comunidade São José do Jacó, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil**. Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Natal, RN, 2018.

LATCHMAN, "University of Florida," 2003. **History of UAV**. Disponível: http://www.list.ufl.edu/uav/UAVHstry.html. Acesso em Nov 2018.

OLIVEIRA, Francisca Leiliane de. **Indicadores De Vulnerabilidade E Risco Local: O Caso Do Município De Pacoti, CE**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual do Ceará. Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, CE, 2018.

PONTES, Davi Samuel Ferreira. **Aplicação de aeronave remotamente pilotada (ARP) na análise de inundações no Complexo do Passo da Pátria, Natal/RN, Brasil**. Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Natal, RN, 2018.

ROSA,R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005) 81-9. Disponível em https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009. Acesso em 04 de janeiro de 2019.

VEYRET, Y. **Os Riscos**: O Homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2007.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

RELAÇÃO ENTRE DESMATAMENTO E IDH NO ESTADO DO AMAPÁ.

Adria Hélene da Costa Nunes [(a)], Genival Fernandes Rocha [(b)], Daguinete Maria Chaves Brito [(c)], Gabriela Sousa Caric [(d)].

[(a)] Universidade Federal do Amapá, adriahelene7@gmail.com;

[(b)] Universidade Federal do Amapá,genival.rocha@unifap.br;

[(c)] Universidade Federal do Amapá, dagnete@uol.com.br;

[(d)] Universidade Federal do Amapá, gabrielascaric@gmail.com;

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais.

Resumo

O bioma Amazônia vem passando por um processo de conversão da sua cobertura natural em diversas formas de uso, com destaque para mineração, agricultura e pastagens. Por outro lado alguns municípios brasileiros relacionam a agricultura e pecuária com o aumento do Índice de Desenvolvimento Humano(IDH). O referente artigo tem como objetivo avaliar os impactos dos desmatamentos e a relação com o IDH no Estado do Amapá, num recorte temporal de dez anos (2000-2010). A análise feita sobre o Amapá, foi realizada com base no método e materiais de referências bibliográficas, posteriormente a utilização do Programa de Estimativas do Desflorestamento da Amazônia (PRODES) onde se realizou levantamento de dados e a observação na dinâmica do IDH do referido estado, além da construção dos mapas com os dados aferidos. Tem-se como resultado a inversão do IDH no estado do Amapá, onde quanto mais o IDH cresceu na análise temporal consequentemente o desmatamento também.

Palavras chave: IDH, desmatamento, impactos**.**

1. Introdução

O Amapá está localizado ao norte do Brasil, banhado pelo oceano Atlântico e pelo Rio Amazonas, sua extensão de 142.828,521km², com a população estimada para 2018 de 829.494 pessoas, o estado é composto por 16 municípios: Amapá, Calçoene, Cutias, Ferreira Gomes, Itaubal, Laranjal do Jari, Macapá, Mazagão, Oiapoque, Pedra Branca do Amapari, Porto Grande, Pracuúba, Santana, Serra do Navio, Tartarugalzinho e Vitória do Jari (IBGE 2017) (Fig. 01).

A primeira figura localiza onde está o Estado do Amapá.

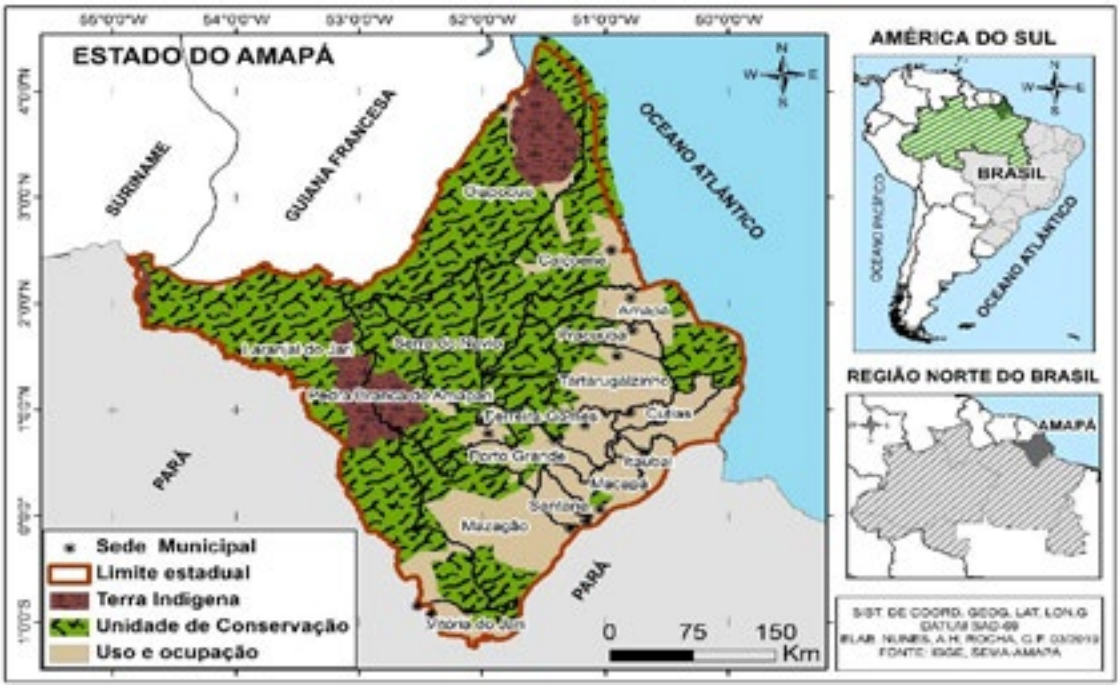


Figura 1: Mapas de localização.

Ao analisar as possíveis causas do desmatamento, Arraes et.al (2012), argumentam que as florestas originais do planeta tem diminuído em decorrência de incêndios, comércio de madeira, atividades agrícolas, pecuária, mineração e fenômenos naturais. O desmatamento

tem crescido em toda Amazônia e é um fato que assume notoriedade e relevância pela necessidade de preservação da mesma, resguardando sua rica biodiversidade.

Este artigo visa analisar se há correlação entre os níveis de desmatamento e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) num recorte temporal de dez anos (2000-2010) no estado do Amapá. Deve-se considerar que o IDH de um estado abarca a renda, o nível educacional e a longevidade de sua população.

2. Materiais e Métodos

A área de análise foi o Estado do Amapá, que está localizado ao norte do Brasil latitude: 00° 02’ 20’’N e longitude: 51° 03’ 59’’W (IBGE, 2017). As etapas para realização das analises:

- Revisão bibliográfica;
- Aquisição de dados de desmatamento;
- Aquisição de dados de IDH;
- Processamento dos dados e produção de mapas no programa QGis 2.18;
- Utilização de computadores do Laboratório de Geoprocessamento.

Para obter os objetivos da pesquisa, inicialmente foi realizado o levantamento bibliográfico, onde se buscou autores que anteriormente debateram questões sobre as possíveis causas do desmatamento na Amazônia, bem como leituras para assimilar o

funcionamento da dinâmica do IDH para fazer a leitura adequada dos dados municipais do Amapá.

Posteriormente, foi feito o levantamento de dados relacionados ao desmatamento dos dezesseis municípios que compõem o Estado, utilizando a plataforma do Programa de Estimativas do Desflorestamento da Amazônia (PRODES), um projeto do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que faz uso do sensoriamento remoto para obter informações das interferências humanas sobre a floresta amazônica na Amazônia Legal. Os dados levantados perfazem um recorte temporal de dez anos, de 2000 até 2010, sendo realizada a análise para cada ano dentro desse intervalo. Fez-se também o somatório do desmatamento entre os anos considerados.

Com essas informações houve a elaboração de mapas com o programa QGis 2.18 que através da variação da tonalidade é possível analisar o aumento gradativo do desmatamento em cada município no decorrer dos anos. Além dos mapas, foi construído um gráfico com o programa Microsoft Excel 2007 que mostra o avanço do desmatamento em cada município do Amapá no intervalo temporal já selecionado.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a plataforma online do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil que disponibiliza dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PUND), oferecem informações do IDH de cada município do Amapá dos anos de 2000 e 2010. De posse das informações, elaborou-se processo semelhante ao desmatamento, isto é, verificou-se a variação do IDH para cada ano no intervalo de tempo considerado.

A produção do mapa no programa QGis 2.18 mostra através das variáveis visuais a cor e brilho, o crescimento do IDH em sua totalidade para cada município e a formação do gráfico no programa Microsoft Excel 2007.

3. Resultados e discussões

É válido refletir sobre o IDH no âmbito do Estado do Amapá no ano de 2010, mostrando que o IDH estava entre 0,708 os que são considerados alto dentro da média e que entre 2000 e 2010 houve uma taxa de crescimento de 22,70%, mostrando que na educação havia crescido (0,205) mais que nos outros parâmetros, longevidade e seguido pela renda (Atlas do Desenvolvimento Humano).

O primeiro gráfico abaixo trás visivelmente que o IDH de todos os municípios do Estado do Amapá aumentou entre 2000 a 2010.

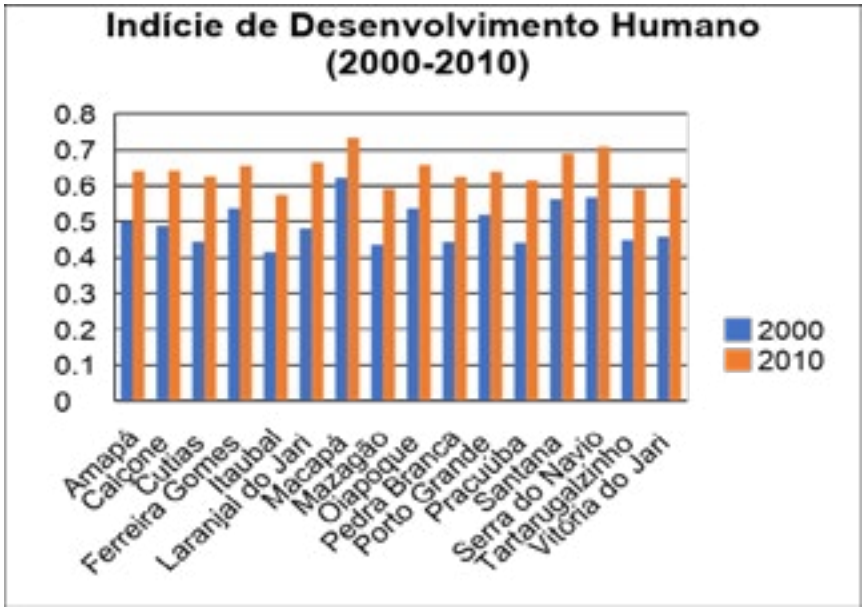


Gráfico 1: IDH no Estado do Amapá.

No Estado do Amapá, devido ao crescente e contínuo desmatamento em todo seu território, possibilitou observar com os dados e a criação dos gráficos e os mapas apontam que nos municípios de Macapá, Porto Grande, Tartarugalzinho e Pedra Branca do Amapari tiveram os maiores casos de desmatamento, sendo que Macapá está entre os maiores índices tanto de desmatamento, assim como o seu IDH.

No segundo gráfico abaixo mostra o desmatamento crescente em todos os municípios do Estado do Amapá, principalmente nos municípios citados anteriormente.

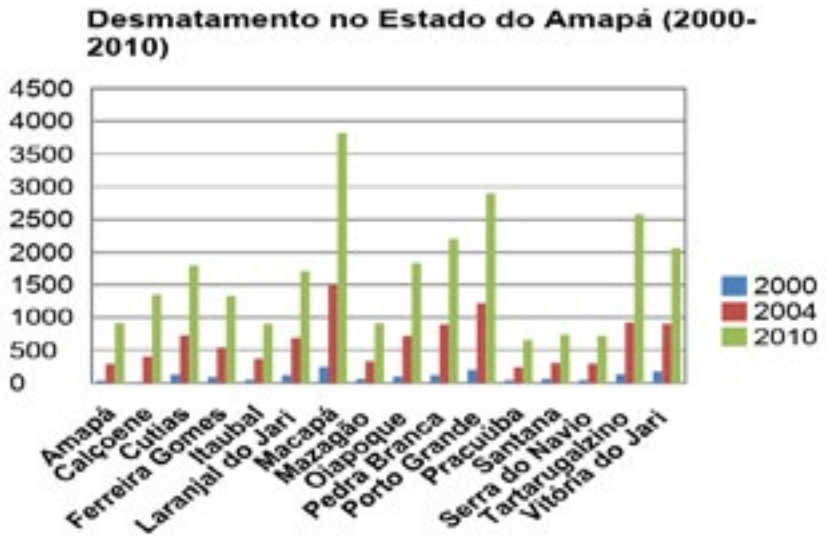


Gráfico 2: Desmatamento no Estado do Amapá.

Os mapas abaixo, da figura 2 trás tanto o desmatamento no recorte temporal (2000-2010) e o IDH no mesmo período no estado do Amapá, onde se observa o crescimento de ambos ao longo dos anos.

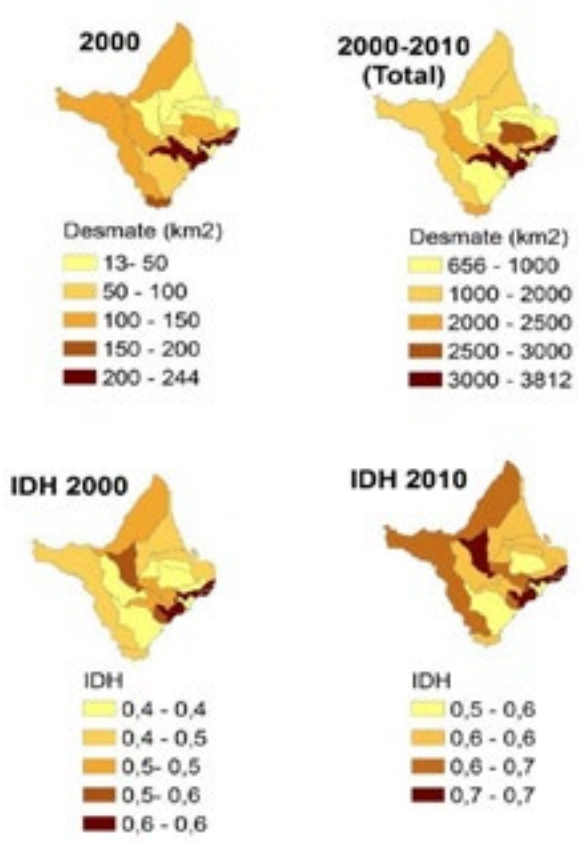


Figura 2: Crescimento do IDH e do desmatamento no Estado do Amapá.

Os mapas da figura 3 apresentam alterações na sua coloração com o passar dos anos em relação ao crescimento do desmatamento.

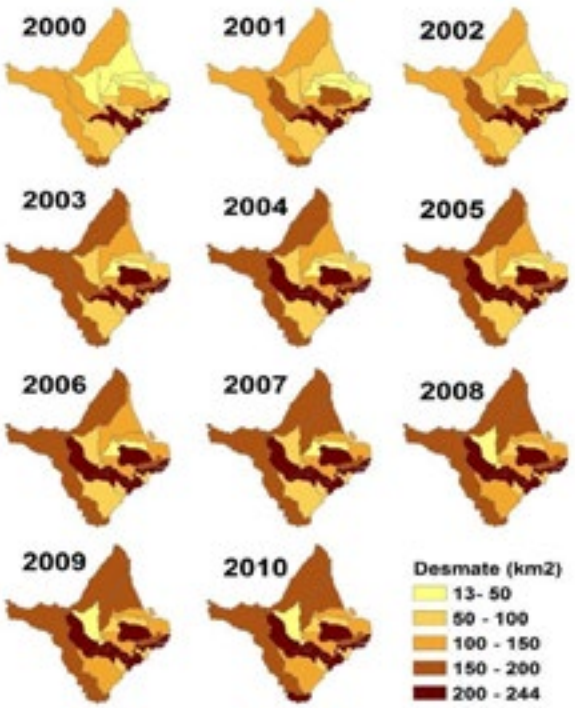


Figura 3: Mapa do crescimento do desmatamento no Estado do Amapá

Com base nisso, a perspectiva feita por Arraes et.al (2012), considera que inicialmente há uma inversão entre o IDH e o desmatamento, pois quanto maior o IDH dos países desenvolvidos, em desenvolvimento e/ou subdesenvolvidos, a taxa de desmatamento tende a ser menor, ao avaliar a renda, nota-se que ela é feita de forma individual para cada pessoa e se ela for alta, logo, menor será a taxa de desmatamento. No quesito educação, quanto maior o acesso a ela, maior será o espaço para estudos, a busca pela sustentabilidade e melhorias na diminuição da degradação ambiental, Arraes (op.cit) argumenta que quanto maior a educação, menor será o desflorestamento e analisando a longevidade da população, o IDH sofreria comprometimentos, já que com o aumento do desmatamento uma das suas consequências é a poluição atmosférica com CO2, logo as queimadas levariam a redução da longevidade e então ocorreria uma diminuição no IDH.

Sobre as causas do desmatamento argumentadas por Arraes et.al (2012), afirma que em 1995 houve o maior indicador de desmatamento na Amazônia, e que posteriormente os dados vem sofrendo oscilações, o período escolhido para fazer a análise sofre justamente essas oscilações, as principais causas decorrem de incêndios, comercialização de madeira, a expansão da atividade agropecuária, aumento da densidade populacional e os incentivos fiscais, e ao observar as consequências, o autor evidencia o aquecimento global (queimadas), a grande perda de biodiversidade e a diminuição do ciclo de água.

4. Considerações finais

O artigo busca em suma trazer o questionamento entre desmatamento e o IDH, devido ao estudo realizado por Arraes et.al (2012) que e argumenta existir uma inversão entre o IDH e o desmatamento. Pode-se supor que a argumentação sobre a inversão pode ser aplicada em países desenvolvidos, já que com a organização dos dados observou-se outra realidade no Amapá (estado da federação de um país em desenvolvimento), isto é, que quanto mais se eleva o IDH, maior é o crescimento do desmatamento, o que abre espaço para outras análises de estudo. É válido ressaltar que pelo menos no caso do Estado do Amapá IDH e desmatamento está relacionado direta ou indiretamente, e uma forma importante de entender essa dinâmica é o aumento da densidade demográfica e a expansão da agropecuária (uma das causas de desmatamento) que tem crescido no decorrer dos anos, e com isso leva possivelmente a ser um "incentivo" para o desmatamento.

Agradecimentos

Agradecimento a Universidade Federal do Amapá por disponibilizar bolsas para os graduandos do Curso de Geografia Bacharelado e o espaço para pesquisa no Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (GEOSEN) a bolsa de extensão disponibilizada pela Pró-Reitoria de Extensão Comunitária (PROEAC) e também a financiadora de estudos e projeto FINEP pelo apoio ao financiamento.

Referências Bibliográficas

ARRAES, R.A; MARIANO, F.Z e SIMONASSI, A.G., "Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial", 2012.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO. Índice de desenvolvimento no estado do Amapá. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_uf/amapa>. Acesso em: 28/09/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. - IBGE (Brasil). Panorama do Amapá, 2017.Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/panorama>. Acesso em: 28/092018.

_____. Amazônia Legal. sd. Disponível em: <Https://ww2.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/amazonialegal.shtm?c=2>, Acesso em: 28/09/2018.

PROGRAMA DE ESTIMATIVA DE DESFLORESTAMENTO DA AMAZÔNIA. Desmatamento nos municípios. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>. Acesso: 29/09/2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO MONITORAMENTO DE QUEIMADAS – ESTUDO DE CASO: FLORESTA NACIONAL DE PALMARES

Patrícia Priscila da Silva Simões [(a)], Wodson da Fonsêca Almeida Júnior [(b),] Daniel Silva Veras [(c)],

[(a)] Tecnologia em geoprocessamento, Instituto Federal do Piauí, patricia.ps.simoes@gmail.com

[(b)] Tecnologia em geoprocessamento, Instituto Federal do Piauí, wodsona@gmail.com

[(c)] Tecnologia em geoprocessamento, Instituto Federal do Piauí, danielveras@ifpi.edu.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo:

Quando se trata do assunto queimadas, biomas como o cerrado e caatinga em regiões naturalmente quentes como o Piauí, sofrem perdas de difícil recuperação devido a fragilidade de seu ecossistema e a intensidade e rapidez do fenômeno em questão, inclusive em áreas de conservação, como é o caso da Flona. Desta forma, métodos de monitoramento e controle de queimadas mostram-se não só necessários, mas também urgentes. Foram utilizadas imagens de satelites para analisar a região e captar a incidência do fenomeno e assim obtidos resultados visuais que transparecem a maneira como a paisagem se comportou perante as situações que podem tê-las influenciado. O Sensoriamento Remoto aliado à outras geotecnologias proporcionam estratégias não só de controle, mas também de previsão da ocorrencia de incêndios.

Palavras chave: Unidade de Conservação, Processamento Digital de Imagens, SIG

1. Introdução

A queimada como o nome já sugere trata-se da queima de uma região ocasionada pelo fogo que pode ser de origem humana proposital, acidental ou mesmo de forma natural. Quando se joga uma ponta de cigarro, acende-se uma fogueira em área de floresta, queima-se lixo ou folhas num terreno, ou mesmo pela ação de raios, o fogo pode se alastrar de pequenas a vastas regiões, causando prejuízos como destruição da flora, da fauna, edificações, poluição do ar e da água em decorrência das cinzas, redes de transmissão de energia e fatalmente a perda de vidas humanas. Alguns fatores naturais sugerem predisposição de ocorrência de queimadas, dentre eles podemos destacar o tipo climático, o tipo de bioma, a estação do ano e a umidade do ar. Outros fatores que podem ser citados é a proximidade a áreas povoadas.

Devido seu grande potencial de destruição, rapidez de espalhamento e periculosidade, são imprescindíveis projetos que proporcionem não só o controle da queimada em si, mas especialmente a sua prevenção. Ainda não há como dizer onde e quando uma queimada irá iniciar exatamente, mas através de estudos diversos é perfeitamente possível estimar regiões de maior risco de ocorrência, bem como as épocas do ano de maior incidência. Nesse aspecto o Sensoriamento Remoto se desenha como eficiente método para esse fim, pois segundo Lillesand e Kiefer (1994) "é a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação".

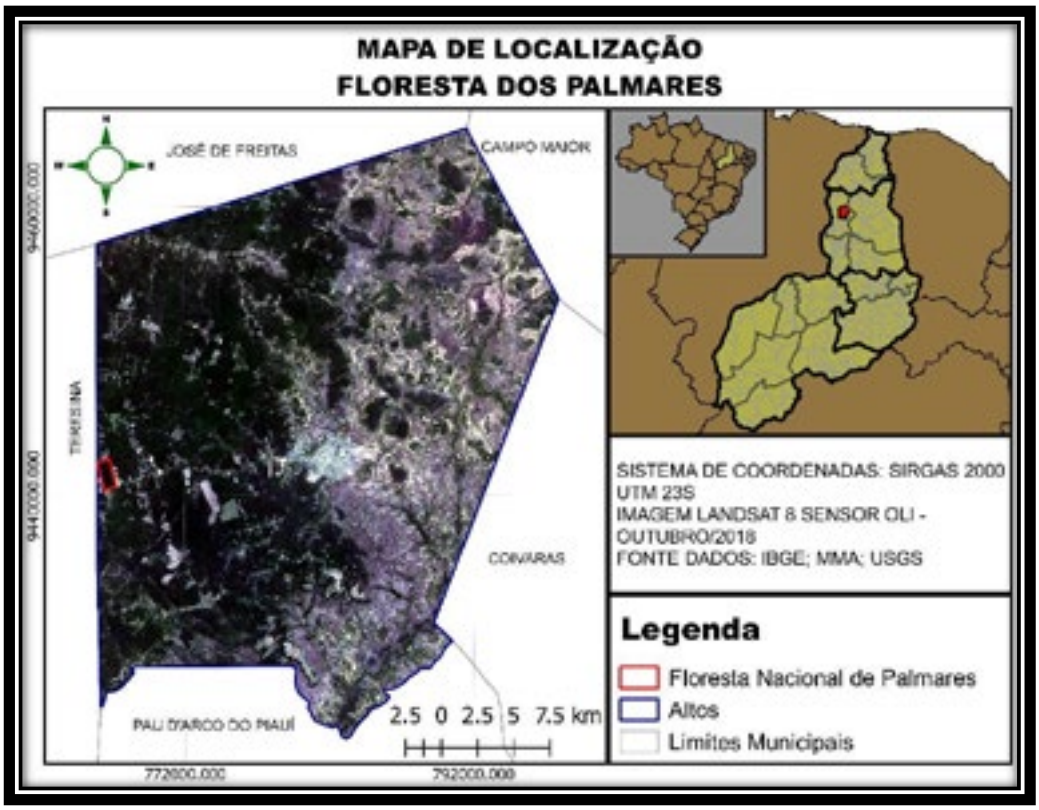
Neste estudo buscou-se evidenciar a eficácia do uso do Sensoriamento Remoto para o monitoramento de queimadas. Para tanto usou-se para um estudo de caso a Floresta Nacional de Palmares, situada no município de Altos, Piauí. De acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC uma Floresta Nacional ou simplesmente Flona é um tipo de Unidade de Uso Sustentável que permite a exploração do ambiente, porém mantendo a biodiversidade do local e os seus recursos renováveis (Lei 9.985 de 18 de julho de 2000), daí sua importância. A Flona em questão foi alvo de um incêndio de grandes proporções

no ano de 2016, com grande dificuldade de ser controlado, além disso ao longo dos anos geralmente sofre com episódios de queimadas pontuais. Através de uma análise temporal de imagens dos satélites da série Landsat, classificação de uso e ocupação do solo e análise do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) serão evidenciados possíveis fatores que levam a ocorrência desses episódios.

2. Materiais e Métodos

2.1. Caracterização da área de estudo

Criada em 2005, a Floresta Nacional do Palmares trata-se de uma Unidade de Conservação (UC) federal do grupo Uso Sustentável. De acordo com o Decreto nº 1.298, de 27 outubro de 1994, Flona é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. Com área de 170 hectares, localizada no município de Altos, Piauí, a menos de 30km da capital (Mapa 1), é a primeira e única unidade de conservação de uso sustentável na categoria de Floresta Nacional. Seu acesso é feito pela Rodovia Federal, Br 343, Km 323 na Zona Rural do município de Altos, Piauí, na Zona Metropolitana de Teresina.



Mapa 1 – Mapa de localização da Floresta Nacional de Palmares

O clima da região é o Aw, tropical com inverno seco, de acordo com a classificação climática de Köppen e Geiger, o que representa concentração de chuvas no período do verão (Mendonça, 2009). Na região de estudo esse período fica entre os meses de dezembro a abril. Entretanto o clima é quente o ano todo e se apresenta baixa variação da amplitude térmica ao longo do dia. O mês mais seco é agosto, onde a umidade relativa do ar chega a 59%. A mínima é de cerca de 22 °C e máximas em torno de 40 °C, com temperatura média anual ficando em torno de 27,7°C (INMET).

A Flona de Palmares é uma floresta estacional semi-decidual, formada por vegetação típica do Cerrado, porém com pontos com espécies botânicas da Caatinga, Mata Atlântica e Amazônia. Por estar inserida entre os biomas Caatinga e Cerrado, e/ou Caatinga e Matas dos

Cocais, em uma zona de transição entre eles, se caracterizada como área de tensão ecológica sob forma de enclave ecótono devido a mistura florística entre tipos de vegetação. Nela já foram identificadas 87 espécies diferentes de árvores, bem como uma rica e variada fauna, que abriga animais silvestres, entre mamíferos, répteis e aves, constituindo-se em uma das mais representativas desses ecossistemas. Suas características sugerem, segundo alguns estudiosos, como poderá vir a ser a Floresta Amazônica no futuro (ICMBio).

Diversas atividades são desenvolvidas na Flona de Palmares, dentre elas podemos destacar a visitação para fins de pesquisa científica, acadêmica, educação ambiental, recuperação de áreas degradadas, promover o manejo e uso dos recursos florestais, a manutenção das espécies nativas e a proteção dos recursos naturais, extrativismo de recursos não madeireiro, e também viveiro de mudas, além de atividades recreativas como caminhadas, corridas, ciclismo, rally de aventura, cavalgada, camping, treinamento de sobrevivência na selva e birdwatch.

2.2. Metodologia

Os métodos empregados para elaboração da pesquisa iniciaram na escolha da imagem a ser trabalhada, que foram definidas com base no sensor do satélite que atendia a necessidade do trabalho (maior resolução espacial) e com a escolha das datas com a menor cobertura de nuvens possível, evitando assim a ocorrência de sombras na imagem ou áreas ocultas. O sensor utilizado foi o OLI do Landsat 8, satélite que está ativo desde 2013. Este disponibiliza imagens com resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de até 15m através da fusão de bandas, essas imagens são fornecidas pelo USGS, um órgão que busca estudar o meio ambiente em todo planeta Terra e suas transformações.

Inicialmente os meses de estudos foram escolhidos baseando-se no índice de ocorrência de queimadas no estado do Piauí (Tabela 1), fornecidos pelo INPE, onde percebe-se uma maior incidência nos meses de setembro e outubro. De acordo com a metodologia usada

neste estudo, para garantir resultados mais precisos quanto à qualidade do processamento das imagens, é necessária a menor concentração possível de nuvens. Para estimar esse quesito usou-se o climograma do município de Altos-PI (Gráfico 1) que apontou menor pluviosidade em setembro e outubro, indicando baixa possibilidade de nuvens neste intervalo. Por fim, a escolha das cenas no site da USGS seguiu esses critérios, sendo o mês que melhor os atendeu o mês de outubro, por apresentarem 0% de área de cobertura de nuvens na imagem. Foram apuradas imagens dos anos 2015,2016,2017.2018.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Máximo	**176**	**159**	**78**	**120**	**352**	**865**	**1826**	**4187**	**5983**	**4119**	**2139**	**1165**	**19192**
Média	**74**	**31**	**27**	**29**	**78**	**244**	**669**	**1596**	**2761**	**2378**	**1073**	**481**	**9848**
Mínimo	**5**	**6**	**2**	**1**	**8**	**18**	**75**	**416**	**873**	**1046**	**336**	**75**	**3459**

Tabela 1 – Dados de ocorrências de incêndios no Piauí datados de 1998 até os dias atuais, adaptado. Fonte: INPE

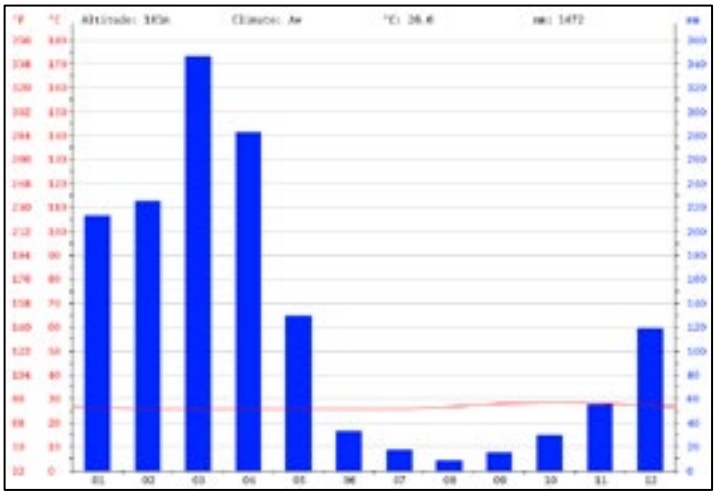


Gráfico 1 – Temperaturas e precipitações médias em Altos-PI. Fonte:Climate-data.org

O pré-processamento das imagens se deu pelo software livre e de código aberto QGIS, no qual as imagens foram inseridas através do plug-in Semi-Automatic Classification Plug-in (SCP) e feitas as correções geométricas, atmosféricas e a fusão de bandas para obter a resolução

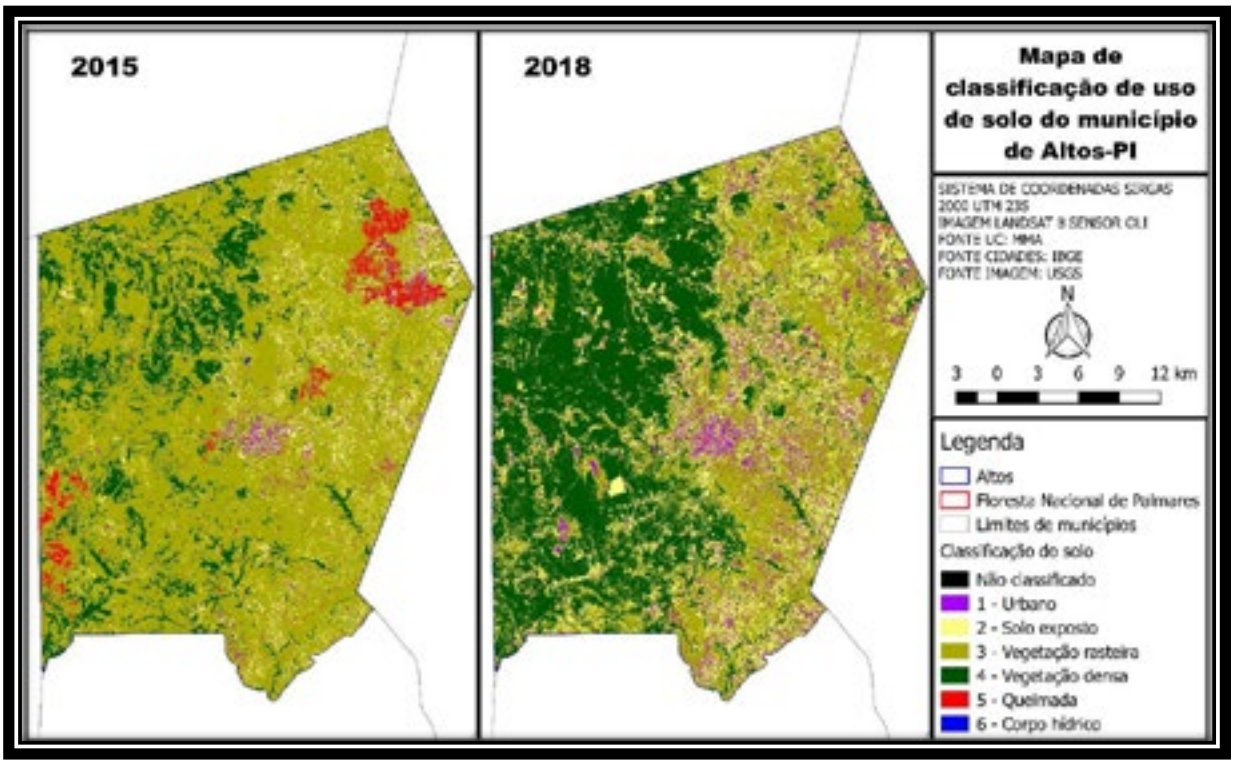
de 15m. Em seguida com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foram feitos os recortes da imagem para que se trabalhasse apenas o município, em seguida utilizados dados fornecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) para a delimitação da FLONA.

Após o tratamento das imagens foi utilizado o SCP para o método de classificação supervisionada, onde o usuário do software coleta amostras para "treinamento" do classificador e em seguida cria-se a camada de classificação de cobertura do solo com base nos resultados espectrais compatíveis com as amostras. Esses resultados foram avaliados conforme o índice Kappa, que é a avaliação da classificação das amostras, e, sendo preferíveis valores que se classifiquem entre "muito bom" e "excelente".

Além da classificação, foi feito o cálculo do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI) das cenas, para avaliar a cobertura vegetal da área estudada, e foi feito um mapa de densidade de Kernel para avaliar o zoneamento com maiores ocorrências de focos de incêndios, para este foram utilizados dados georreferenciados dos focos de incêndios do BDQueimadas-INPE, que são dados produzidos através da análise de imagens de satélites e disponibilizados na plataforma em formato de vetor, arquivo shapefile.

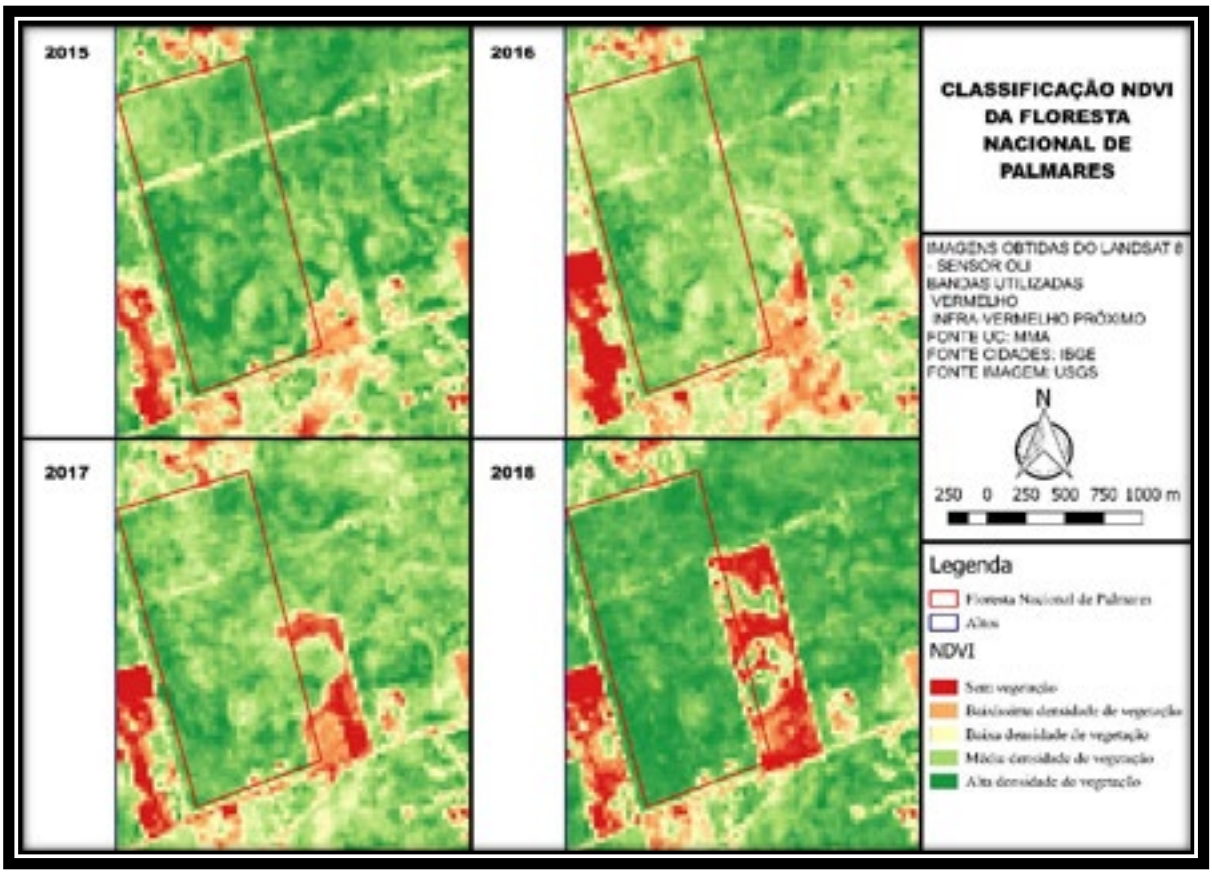
3. Resultados e discussões

No Mapa 2, temos a classificação de uso e cobertura do solo no município de Altos, Piauí. Observamos para a imagem de 2015 flagras de grandes áreas sofrendo queimadas. Segundo dados do INMET, esse ano sofreu com intensa estiagem, devido baixa pluviosidade e baixa umidade relativa do ar, ficando grande parte do Estado em situação de alerta para risco de queimadas. Vemos que grande parte da vegetação, em comparação ao mapa de 2018 (Já em melhores condições climáticas) encontra-se na categoria de rasteira, espaçada ou seca, o que claramente torna-a naturalmente suscetível a incêndios.



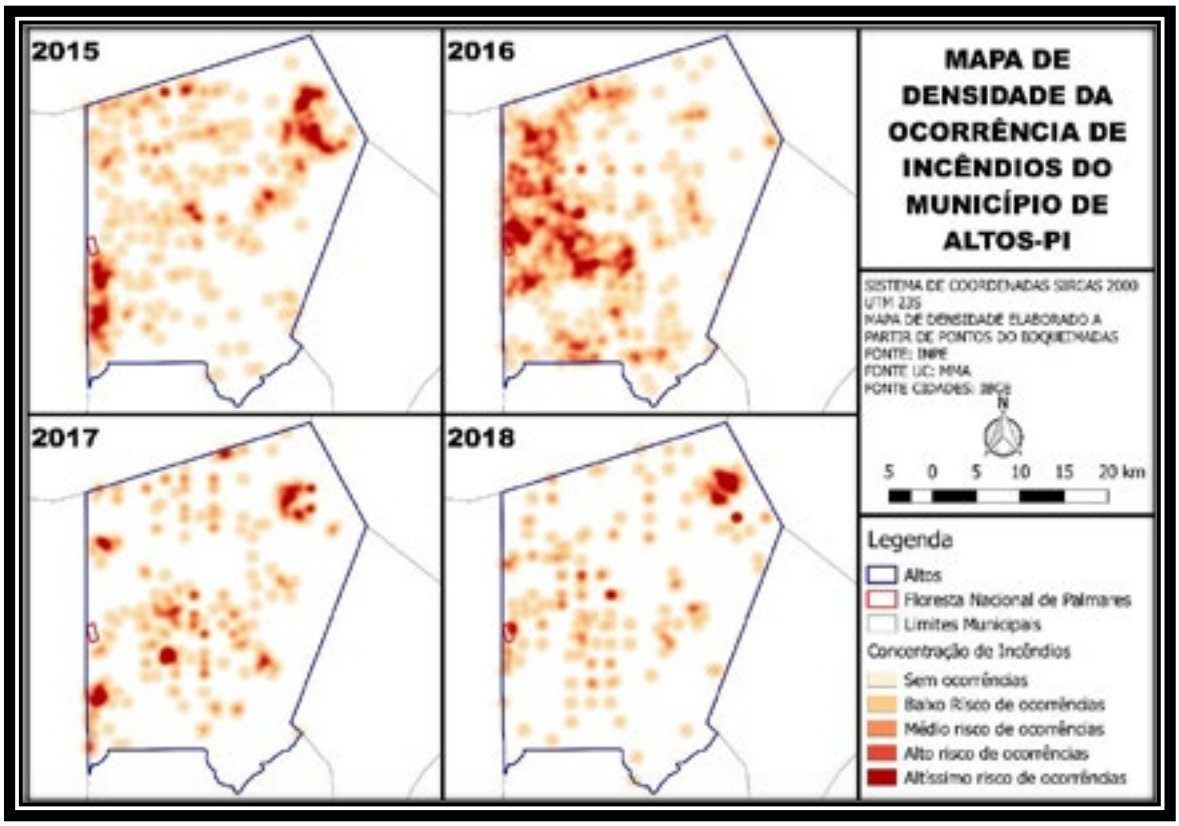
Mapa 2 – Uso e ocupação de solo do município de Altos-PI, anos 2015 e 2018

Pode-se observar no Mapa 3 que houve invasão da zona de amortecimento da UC do FLONA, que segundo a resolução CONAMA 428/2010 deveria ser de no mínimo 2 mil metros. Pode-se associar ao uso antrópico, para finalidades agrícolas, conforme observa-se como foram moldadas as áreas ao redor da UC ao longo dos 4 anos analisados.



Mapa 3 – Mapa de classificação NDVI da Floresta Nacional de Palmares

Conforme o Mapa 4, percebe-se que a região onde se encontra o FLONA, está em localidade onde mais ocorreu incêndios no município ao longo dos anos analisados, o que mostra que planos de ação para proteção desta UC devem ser criados para mitigar essa problemática e manter assim preservado o bioma. É perceptível que há certos agrupamentos, o que pode indicar que há uma constante prática de "fogo controlado" associado à atividades agropastoris.



Mapa 4 – Mapa de ocorrência de incêndios com base em dados do BDQueimadas-INPE

4. Considerações finais

Com base nos resultados obtidos pode-se verificar a eficácia do uso de sensoriamento remoto para um monitoramento contínuo de áreas para diferentes finalidades, no caso deste trabalho para o FLONA, demonstrando a potencialidade de analisar além do próprio objeto deste estudo, avaliar condições externas com base na sua espacialidade e correlacionar com variáveis distintas das restritas aos limites da área.

Um fator determinante no acontecimento destes fenômenos se dá, além do uso antrópico, à situação climática da região. No ano que mais houve queimadas (2016) o clima apresentava-se com baixíssima umidade relativa do ar e a vegetação encontrava-se bastante

seca devido à estiagem (baixo índice pluviométrico). O cerrado, apresenta-se naturalmente como bioma frágil devido suas características secas, e associado aos dados climáticos e antrópicos citados, vemos que o conjunto demonstra um grande potencial para quadro de queimadas.

Associando essas informações ao monitoramento por sensoriamento remoto pode adiantar-se quanto aos incêndios e realizar planos de ações para evitá-los ou maneiras de mitigá-los mais rapidamente em suas ocorrências, demonstrando por fim, a importância e a aplicabilidade do uso de geotecnologias como ferramenta de apoio a tomada de decisão para gestão de recursos ambientais.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal do Piauí pelo apoio e estrutura fornecidos, aos professores pelo conhecimento transmitido e ao técnico de laboratório Felipe Dantas pelo auxílio na obtenção de dados e no suporte técnico de utilização de softwares.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 428, de 17 de dezembro de 2010**. CONAMA, Brasília, 2010.

BRASIL. **Decreto no 1.298, de 27 outubro de 1994**. Aprova o Regulamento das Florestas Nacionais, e dá outras providências. Disponível em: . Acesso em: 10 fev. 2019.

CLIMATE-DATA.ORG (Org.). **Clima Altos.** Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/piaui/altos-33870/>. Acesso em: 05 fev. 2019.

ICMBio. Ministério do Meio Ambiente. **Floresta Nacional de Palmares**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/visitacao1/unidades-abertas-a-visitacao/4059-flona-de-palmares>. Acesso em: 10 fev. 2019.

INMET. (Brasil). **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 10 fev. 2019.

INPE. (Brasil). **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <http://www.inpe.br/>. Acesso em: 10 fev. 2019.

LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley e Sons Inc., 1994.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação; **Lei 9.985 de 18 de julho de 2000**; Ministério do Meio Ambiente.

USGS. **U.S. Geological Survey.** Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: 09 fev. 2019.

SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA COSTEIRA

Vera Raquel Mesquita Costa [(a)], Naíla de Araújo Arraes [(b)], Kathery de Sousa Silva [(c)], Camila Everton Guterres[(d)], Gilvanele Oliveira da Silva Silva [(e)], Denilson da Silva Bezerra[(f)]

[(a)] Laboratório de Geotecnologias/Universidade Ceuma, (veraraquelmc@gmail.com)
[(b)] Laboratório de Geotecnologias /Universidade Ceuma, (nailaarraes@click21.com)
[(c)] Laboratório de Geotecnologias/Universidade Ceuma, (katherysousa@gmail.com)
[(d)] Laboratório de Geotecnologias /Universidade Ceuma, (camilaeverton33@gmail.com)
[(e)] Laboratório de Geotecnologias/Universidade Ceuma, (gilvanele@hotmail.com)
[(f)] Laboratório de Geotecnologias/Universidade Ceuma, (denilson_ca@yahoo.com.br)

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O Brasil possui a maior área continua de manguezal do planeta, localizada na área da Amazônia legal, contudo são poucos os estudos brasileiros direcionados a modelagem computacional da resposta do manguezal às mudanças climáticas. Este artigo propõe uma abordagem metodológica para simular os impactos da elevação do mar neste ecossistema, usando modelagem espacialmente explícita baseada em autômatos celulares. A simulação considera 88 passos de elevação de 0.011 a 0,97 m, para o intervalo de tempo de 2012 a 2100, em uma bacia hidrográfica urbana localizada na Ilha do Maranhão, que contém extensa área de manguezal, além de ser densamente urbanizada. Os resultados são apresentados no contexto de alterações nas áreas de manguezal (aumento e redução). As regiões mais vulneráveis da área de estudo correspondem àquelas localizadas na margem esquerda da bacia hidrográfica estudada, na qual compreende a parte mais antropizada.

Palavras-chave: Mudanças climáticas, zonas costeiras, autômatos celulares.

Abstract

Brazil has the largest mangroves area continues of the planet, located in the area of Legal Amazonia, but few brazilian studies addressing the computational modeling of mangrove response to climate change. This article proposes a methodological approach to simulate the impacts of sea-level rise on mangrove ecosystem, using spatially explicit modeling based on cellular automata. The simulation considers 88 elevation steps from 0.011 to 0.97 m, for the time interval 2012 to 2100, in an urban hydrographic basin located in Maranhão Island, that contains extensive mangroves area as well as being densely urbanized. The results are presented in the context of changes in mangrove areas (increasing and decreasing). The most vulnerable regions of the study area correspond to the areas located at the left margin of the studied hydrographic basin which comprises the most entropized part.

Keywords: Climate change, coastal zone, cellular automata.

1. INTRODUÇÃO

Um efeito característico das mudanças climáticas na zona costeira é o fenômeno de elevação média global do mar. Este processo é irreversível por pelo menos 1.000 anos como resultado da expansão térmica dos oceanos, mesmo que as atuais taxas de emissões de dióxido de carbono (CO_2) fossem cessadas (SOLOMON et al., 2009).

A elevação do NMRM (Nível Médio Relativo do Mar) no século XX variou de 0,12 m a 0,22 m e esta elevação poderá oscilar de 0,26 m a 0,59 m até a última década do século XXI. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC-AR5) previu um cenário ainda mais alarmante para o final do século XXI, onde a elevação do NMRM pode chegar a 0,97 m (IPCC, 2013).

O estudo da variação do NMRM tem grande importância para as populações e Estados situados em regiões costeiras, pois viabiliza a compreensão dos impactos das mudanças climáticas nos processos costeiros, como a sedimentação e a erosão, que poderão trazer danos irreversíveis para as populações ribeirinhas e para os ecossistemas costeiros (NEVES, 2005; REIS, 2004).

As formas de uso e ocupação do solo de origem antrópica podem atuar como elemento maximizador dos impactos negativos da elevação do NMRN para o manguezal, pois a ocupação humana tende a inviabilizar a colonização de novas áreas, mesmo quando ocorrem condições propicias à colonização do manguezal em áreas adjacentes, como deslocamento da área de influência das marés, ocorrência de processos de progradação vertical e horizontal de sedimento (MCLEOD E SALM, 2006; LOVELOCK E ELLISON, 2007).

O Brasil é o segundo país em área total de florestas de manguezais e também, detém a maior área continua de manguezal do mundo que é localizada no litoral da Amazônia legal, entre a cidade de Belém/PA e São Luís/MA (WILSON *et al*., 2013).

Entender o padrão de resistência do ecossistema manguezal aos potenciais impactos das mudanças climáticas para articulação de medidas de conservação/preservação, adaptação e/ou mitigação é um grande desafio.

O uso de modelagem computacional constitui uma ferramenta útil para entendimento antecipado das consequências da elevação do nível do mar em escala local e regional, pois os experimentos de modelagem podem ser entendidos como um laboratório virtual, onde é possível simular os potenciais impactos, antes que os mesmos se manifestem. Isto se torna significativamente útil principalmente em áreas de difícil acesso e/ou com pouca produção científica (BERGER et al., 2008).

O objetivo geral da presente pesquisa é simular o padrão de resposta e determinar a capacidade de resistência do ecossistema manguezal à elevação do nível do mar e as

consequências desta elevação nas áreas urbanizadas em uma bacia hidrográfica costeira situada no ambiente urbano da região metropolitana da grande São Luís/MA.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica Rio Anil (BHRA) está localizada no quadrante NW da Ilha do Maranhão, encontra-se entre as coordenadas 02°29” S, 44°12” W e 02°34” S, 44°18” W limitando-se com a bacia Litorânea ao Norte; com a bacia do Rio Bacanga ao Sul; com a bacia do Rio Paciência a Leste e com a Baía de São Marcos, a Oeste (Figura 1).

Figura 1. Bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão, com destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio Anil.
Fonte: UEMA (2012).

A BHRA possui uma área total aproximada de 41 Km² e o rio Anil uma extensão de aproximadamente 13,8 Km concentrando a maior área urbanizada relativa da ilha, além de ser a bacia hidrográfica mais densamente urbanizada da capital maranhense (ROSS, 1994).

A posição geográfica da Ilha do Maranhão, aliada aos embaiamentos costeiros e grande extensão da Plataforma Continental do Pará/Maranhão proporcionam o desenvolvimento de um ambiente de alta energia, dominado por macromarés, semidiurna com amplitudes variando de 4 a 6 m (DHN, 1995).

Segundo a classificação climática de Koppen, o clima da área de estudo é do tipo AW, tropical com inverno seco, apresentando estação chuvosa no verão (novembro – abril) e inverno seco (maio – julho) (GOLFARI *et al.*, 1978). A precipitação pluviométrica média anual é da ordem de 1.900 mm, sendo que o período chuvoso se estende de janeiro a junho. As temperaturas médias variam entre 26°C e 27°C, e seu regime hidrológico é fortemente influenciado pelo ciclo de marés em cerca de 2/3 da extensão de seu curso, característica comum dos rios da Ilha do Maranhão (ALMEIDA, 1995).

2.2. Modelo Conceitual

O padrão de resposta do manguezal à dinâmica de elevação do NMRM depende de fatores como a topografia, área de influência das marés (AIM), cobertura do solo em áreas adjacentes, classes de solos presentes, dinâmica costeira e a taxa média de aumento do NMRM em um determinado local (MCLEOD E SALM, 2006; LOVELOCK E ELLISON, 2007; ALONGI, 2008), assim como, das respostas humanas às mudanças climáticas na zona costeira, como, por exemplo, a construção de diques (GILMAN et al., 2008).

Para simular os impactos da elevação do NMRM no manguezal da BHRA, na presente pesquisa é utilizado o modelo BR-MANGUE que foi desenvolvido por Bezerra (2014) para simular o padrão de resposta do ecossistema manguezal às mudanças climáticas na zona costeira. O BR-MANGUE estratifica os aspectos relevantes para o padrão de resposta do manguezal em quatro componentes (Figura 2): elevação do nível médio relativo do mar (NMRM), formas de uso e ocupação do solo, restrições ambientais e dinâmica do manguezal.

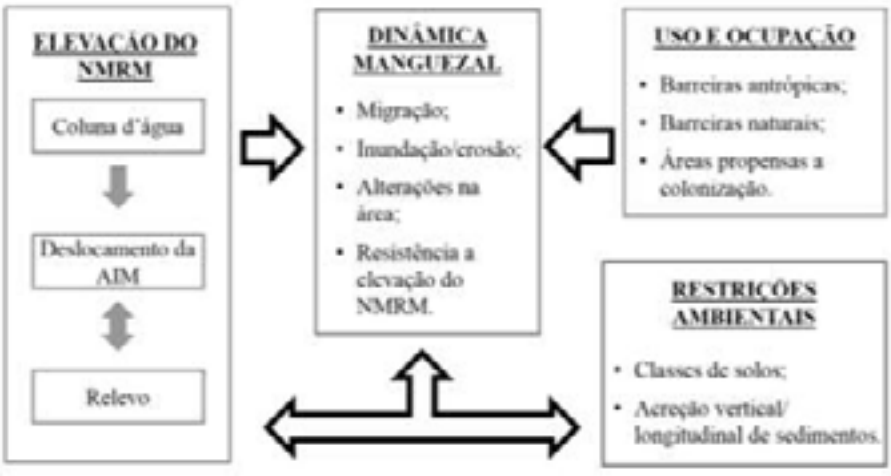


Figura 2. Esquema geral do modelo conceitual BR-MANGUE.

Fonte: autoria própria (2018)

No BR-MANGUE é considerado que o aumento do nível do mar deve atingir as diferentes classes de cobertura do solo em um espaço geográfico. A cada classe de cobertura

do solo tem-se associado um potencial de migração ou de barreira para o manguezal, a partir das condições ambientais e oceanográficas presentes. Condições geofísicas das marés e da coluna d'água, e o mosaico de cobertura do solo condicionam alterações na estrutura ecossistêmica do manguezal como: aumento da coluna de água, o deslocamento da área sobre influência das marés, inundação/erosão do manguezal e eventos de migração do manguezal em direção ao continente e/ou em direção ao canal do rio, conforme literatura científica (SCAVIA et al., 2002; ALONGI, 2008; GILMAN et al., 2008; SOUZA-FILHO, 2005).

Este modelo conceitual permite a adição futura de outros componentes relevantes para a dinâmica ecossistêmica do manguezal, do solo exposto e área antropizada da Bacia do rio Anil, que não foram considerados nesta abordagem, como por exemplo, a hidrologia continental, variações climáticas (precipitação) ou circulação oceânica. Os componentes propostos são ainda passíveis de complexificação, a partir de pressupostos teóricos subjacentes. Cada componente deste modelo conceitual proposto corresponde a um módulo computacional que implementa os respectivos pressupostos teóricos.

2.3. Plataforma de Modelagem

O modelo conceitual foi materializado em um experimento computacional usando a plataforma de modelagem espacialmente explícita integrada com bases de dados geoespaciais TerraME (http://www.terrame.org), desenvolvida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e pela Universidade Federal de Outro Preto (UFOP). O TerraME é um ambiente para modelagem dinâmica espacial com suporte para modelos baseados em autômatos celulares e agentes, com base integrada em um ambiente 2D denominada de espaço celular (CARNEIRO et al., 2013).

O código do modelo conceitual implementado utiliza a linguagem de programação Lua que é uma linguagem livre de código aberto, relativamente simples, porém robusta e com suporte para outras linguagens computacionais[1].

O procedimento de implementação utilizou o modelo computacional de autômatos celulares, isto é, um modelo baseado em um sistema lógico que tem o conceito de célula como unidade fundamental. Cada célula tem um sistema de vizinhança com as demais células do espaço celular, um estado discreto e atributos que podem variar durante a simulação de acordo com as regras de transição do modelo (WOLFRAM, 1983).

[1] Para mais detalhes acessar o site: http://www.lua.org/.

2.4. Base de dados

O banco de dados contendo as informações de entrada para o procedimento de modelagem e o espaço celular utilizado para desenvolvimento e aplicação do modelo foram criados em um sistema de informações geográficas desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), denominado TerraView 4.2.0 (INPE, 2011).

Os dados básicos utilizados para a modelagem foram os Planos de Informação contendo o mapeamento de uso e cobertura do solo da BHRA para o ano de 2012 realizado pelo Laboratório de Geotecnologias da Universidade Ceuma (LGUC). Os dados obtidos foram: áreas antropizadas, vegetação de terra firme, manguezal, solos exposto e água. O espaço celular criado contém 50.496 células de 900 m² de área (30 x 30 m), interiores ao perímetro da área de estudo. Como um sistema baseado em autômatos celulares, inicialmente cada célula tem um estado que a caracteriza e um conjunto de atributos. Os estados das células correspondem aos dados obtidos pelo mapeamento do LGUC, e os atributos de todas as células corresponde às classes de solos presentes e a altimetria da BHRA, obtidos respectivamente, pelo Núcleo Geoambiental da Universidade Estadual do Maranhão e pelo Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil[2] (TOPODATA), do INPE.

3. RESULTADOS

O BR-MANGUE foi projetado para simular o padrão da área de manguezal em relação a eventos de elevação do nível do mar em 3 (três) categorias (Figura 3): área total, área migrada e área perdida, segue breve detalhamento das categorias de áreas simuladas:

Área total - corresponde à área de manguezal que resiste ao processo de elevação do mar, acrescida de novas áreas de manguezais que surgem com o deslocamento da AIM;

Área migrada – corresponde a novas áreas de manguezal que ocorrem quando há elevação do NMRM no ambiente de modelagem, que provoca o deslocamento da AIM; e assim, podendo haver condições ambientais propiciais a colonização de manguezal em áreas adjacentes;

Área de perdida – Corresponde a áreas de manguezal que foram suprimidas pelo processo de elevação do NMRM durante o procedimento de modelagem.

[2] Disponível em http://www.dsr.inpe.br/topodata/

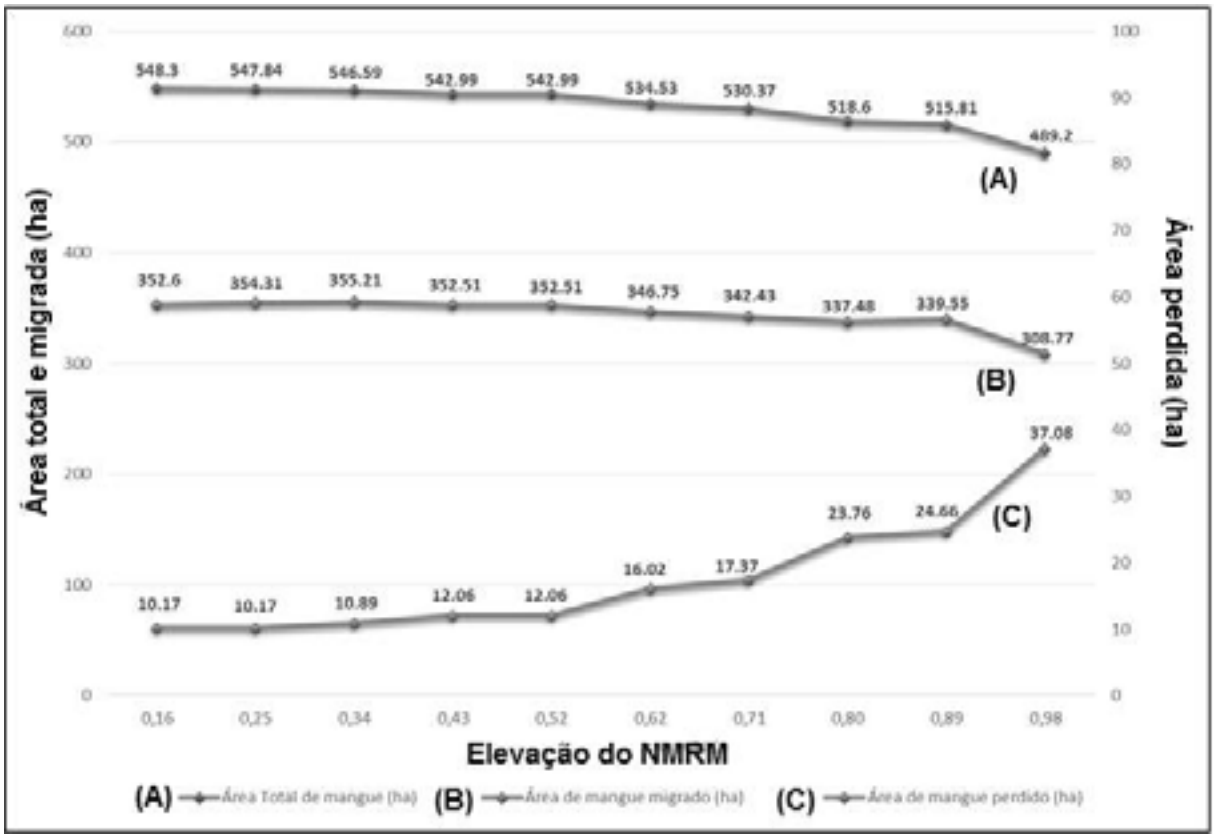


Figura 3. Área total de manguezal (ha), Área de mangue migrado (ha) e Área de mangue perdido (ha), de acordo com cada ciclo de elevação do Nível do Mar (m) adotado no presente estudo de simulação para a Bacia do Rio Anil, São Luís – MA.

Na Figura 3 é possível verificar que para valores de elevação do NMRM entre 0,16 m e 0,71 m houve um declínio constante que representou uma redução de 17,83 ha de área total do manguezal. No entanto, entre 0,71 m a 0,98 m ocorreu uma perda mais significativa de 41,17 ha. Em relação à área de mangue migrado pode-se observar que entre a elevação 0,16 m a 0,34 m houve um pequeno acréscimo de 2,61 ha, porém após o NMRM de 0,34 m houve um decréscimo constante até a elevação de 0,80 m que representou uma perda de 17,73 ha. Sendo que, logo após o decréscimo observado, houve um leve acréscimo de área de 2,07 ha para valores de elevação entre 0,80 m a 0,89 m e em seguida, um decréscimo acentuado de 30,78 ha entre a elevação 0,89 m e a 0,98 m.

Para a área de mangue perdida foi identificado que entre a elevação do NMRM 0,16 m a 0,52 m, houve um acréscimo constante que representou 1,89 ha, sendo que após a elevação de 0,52 m houve um acréscimo acentuado que representou 25,02 ha até o final do exercício de simulação.

Os valores de aumento e declínio para a área de manguezal na bacia foco da presente pesquisa, e as oscilações do aumento ou da redução de áreas de manguezal para certos

intervalos de elevação do mar podem ser explicados pela presença de barreiras e/ou de áreas com condições propícias à formação de novos bosques de mangues no decorrer do processo de simulação.

Os resultados do exercício de modelagem ainda evidenciaram que o manguezal migrou para áreas sob pouca influência dos usos antrópicos, na margem direita da BHRA (Figura 4 (a) e (b)).

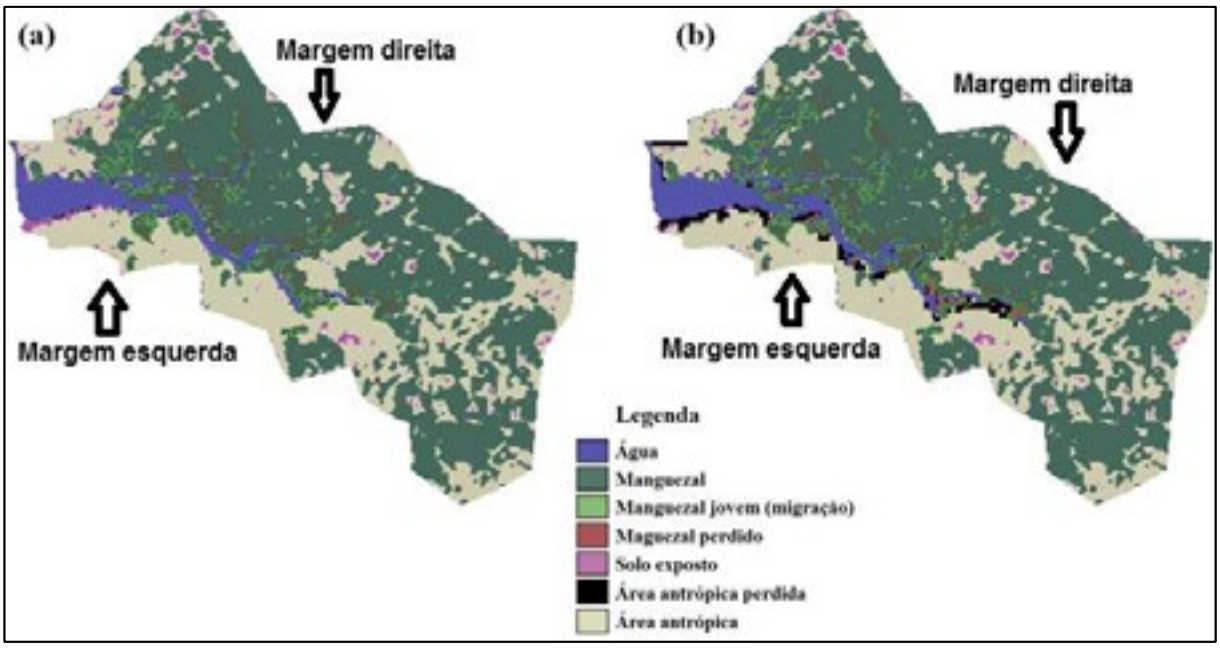


Figura 4. Classes de cobertura do solo e a distribuição espacial das áreas de manguezal na bacia do rio Anil: (A) - Situação inicial com NMRM = 0,011 m (2013), (B) – Simulação após NMRM de 0,97 m (2100).

Cabe ressaltar que as áreas de manguezal mais suscetíveis à elevação do NMRM foram às localizadas na margem esquerda, que apresentam as maiores taxas de urbanização para a BHRA, fato que pode ser um forte indício que as formas de uso e ocupação antrópica do solo em áreas adjacentes ao manguezal podem influenciar no padrão de resposta desse ecossistema em relação a potenciais eventos de elevação do NMRM, influenciando assim, sua capacidade de adaptação às mudanças climáticas.

4. DISCUSSÃO

O uso da modelagem espacialmente explicita pode ajudar a entender o padrão de resposta do manguezal à elevação do nível NMRM, assim como, em relação a outros tensores climáticos e ambientais (BEZERRA et al., 2013). Os resultados da presente pesquisa correspondem ao exercício de modelagem para simular a capacidade de resistência do

manguezal na BHRA a potenciais eventos de elevação do mar decorrentes das mudanças climáticas, tendo-se por base os pressupostos do modelo conceitual proposto como descrito anteriormente.

O modelo utilizado para o experimento de modelagem é o BR-MANGUE, este simula a elevação do NMRM para a área de estudo em 88 anos. Para uma melhor visualização dos resultados, o intervalo de tempo adotado foi subdividido em 10 ciclos de 8,8 anos, com elevação do NMRM variando de 0,16 m a 0,98 m, conforme uma progressão aritmética de razão 0,10 m, uma vez que, cada evento de elevação é igual ao seu antecessor, subtraído da razão de elevação. A distribuição matemática para a elevação do NMRM adotada correspondente ao período de 2012 a 2100, e pauta-se no cenário mais alarmante de elevação média global do mar apresentada no AR5-IPCC, que indicada que a elevação média global pode chegar a 0,97 m até meados de 2100 (IPCC, 2013).

Fica demonstrado o padrão de elevação do NMRM para cada evento de elevação adotado na presente pesquisa, no qual o BR-MANGUE registrou no espaço celular o padrão de resposta da área de manguezal. Através do experimento de modelagem também é possível o acompanhamento do deslocamento da AIM, da taxa de acreção vertical de sedimento e formação de novos bancos de lama (acreção longitudinal), como fatores que podem favorecer a colonização de novas áreas de manguezais.

Mesmo não sendo o objetivo do BR-MANGUE, através do exercício de modelagem realizado foi possível identificar áreas antrópicas (Figura 4) que podem ser afetadas por potenciais eventos de elevação do NMRM na bacia em estudo, o que torna o fator alarmante tanto ambientalmente quanto no contexto de desastres naturais (deslizamento, por exemplo), devido à referida bacia ser a mais urbanizada da capital maranhense (São Luís) e ser extremamente afetada pela presença de ocupações subnormais (palafitas e afins), e por áreas de aterro de manguezal influenciadas pela pressão imobiliária. A aferição de áreas antrópicas suscetíveis a eventos de elevação do NMRM foi possível porque grande parte da BHRA foi urbanizada através de áreas de aterro de manguezal (Trovão, 1994; Bezerra, 2008). Ou seja, são áreas que outrora estavam na área de influência da maré (AIM) e foram aterradas, e dessa forma, podem ser suscetíveis a potenciais eventos de elevação do NMRM.

5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados simulados, é possível inferir que o padrão de resposta do manguezal à elevação do NMRM é dependente das características geográficas locais da área ocupada pelo manguezal, das formas de uso e ocupação do solo de origem antrópica em áreas adjacentes, além das taxas de elevação do mar. Assim, torna-se pouco provável que seja possível simular os impactos das mudanças climáticas para a zona costeira brasileira de forma generalizada, sendo necessária a realização de estudos regionais, como ocorre no estudo de caso apresentado na presente pesquisa.

Na zona costeira brasileira, experimentos de modelagem podem ser utilizados no auxílio à tomada de decisão e na formação de medidas de mitigação às mudanças climáticas, através de instrumentos de gestão do parcelamento do solo já em uso pela legislação vigente, tais como: plano diretor dos municípios, zoneamento costeiro e zoneamento ecológico econômico.

E por fim, os resultados obtidos por meio do BR-MANGUE sugerem que experimentos de modelagem podem ser usados para promover uma melhor compreensão dos padrões de respostas do manguezal a potenciais eventos de elevação do nível do mar, principalmente em áreas de uso e ocupação complexos como na área objeto de estudo de caso, que apresenta alta densidade urbana, mesclada com áreas de manguezais bem conservadas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, T. R.V. Aspectos geoambientais da bacia do rio Anil. Monografia (Especialização em Metodologia do ensino do 3° grau), **Universidade Estadual do Maranhão**, 1995. 62 p.

ALONGI, D.M. Resilience of Mangrove Forests, Tsunamis, and Global Climate Change. **Estuarine, Coastal and Shelf Science,** volume 76, issue: 1, Publisher Elsevier, p. 1-13, 2008. doi:10.1016/j.ecss.2008.08.024.

BERGER, U. et al. Advances and limitations of individual-based models to analyze and predict dynamics of mangrove forests, **Aquat. Bot**, 2008. doi: 10.1016/j.aquabot. 2007.12.015.

BEZERRA, D. S. O ecossistema manguezal em meio urbano no contexto de políticas públicas de uso e ocupação do solo na bacia do rio Anil, São Luís-MA. **Dissertação de mestrado**

apresentada ao programa de pós-graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), 122 p. 2008.

BEZERRA, D. S.; Amaral, S.; Kampel, M. Impactos da elevação do nível médio do mar sobre o ecossistema manguezal: a contribuição do sensoriamento remoto e modelos computacionais. **Ciência e Natura.** ISSN: 2179-460X, v. 35 n. 2 Dez. 2013, p. 152-162, 2013.

BEZERRA, D.S. Modelagem da dinâmica do manguezal frente à elevação do nível do mar. **Tese de doutorado** em Ciência do Sistema terrestre do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 121 p. 2014.

CARNEIRO, T. G. S; Andrade, P. R.; Câmara, G., Monteiro, A. M. V.; Pereira, R. R. 2013. TerraME: an extensible toolbox for modeling nature-society interactions. **Environmental Modelling & Software** 46: 104-117.

Departamento de Hidrografia e Navegação (DHN). 1995. Tábuas de Marés para *1994*. Costa do Brasil e alguns portos estrangeiros. Rio de Janeiro, DHN. p. 1-6.

GILMAN, E. L.; Ellison, J.; Duke, N. C.; Field, Colin. Threats to mangroves from climate change and adaptation options, *Aquat. Bot.*, 89 (2008), p. 237-250, 2008. doi: 10.1016/j.aquabot. 2007.12.009.

GOLFARI, L.; Caser, R. L.; Moura, V. P. G. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil: 2ª aproximação. Belo Horizonte: Centro de Pesquisas Florestais da Região do Cerrado, 1978. 66p. **(PRODEPEF. Série Técnica; 11).**

IBGE. Anuário Estatístico do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2001.

INPE. TerraView Software copyright © *2001-2011 INPE*, **Tecgraf PUC-Rio and FUNCATE**, 2011.

IPCC. (2007): Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden & C.E. Hanson, Eds. **Cambridge University Press, Cambridge,** UK. 976 p.

IPCC. (2013). Working group I contribution to the IPCC fifth assessment Report (AR5), climate change 2013: the physical science basis. **Cambridge Univ. Press**, 2013. 2216p.

LOVELOCK, C. E.; Ellison, J. C. Vulnerability of mangroves and tidal wetlands of the great barrier reef to climate change. In: Johnson, J. E., Marshall, P. A. (Eds.), **Climate Change and**

the Great Barrier Reef: A Vulnerability Assessment. Great Barrier Reef Marine Park Authority and Australian Greenhouse Office, Australia, p. 237–269, 2007.

MCLEOD, E.; Salm, R. V. **Managing Mangroves for Resilience to Climate Change.** IUNC, Gland, Switzerland, 2006. 64 p.

NEVES, C. F. O nível do médio do mar: uma realidade física ou um critério de engenharia? **Vetor,** Rio Grande, v.15, n.2, p.19-33, 2005.

REIS, J. C. M. L. O Nível Médio do Mar: de 1910 a 2004. In: **Jornadas do Mar 2002 – "O mar: um oceano de oportunidades",** p.521-529, 2004.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia** – USP, No. 8, 1994.

SCAVIA, D. et al. Climate change impacts on mangroves U.S. coastal and marine ecosystems**. Estuaries** 25: p.149-164, 2002.

SOLOMON, S. et al. (Eds.), 2007. Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York,** NY, USA, 447.

SOLOMON, S.; PLATTNER, Gian-Kasper., K.; FRIEDLINGSTTEIN, P. 2009. Irreversible Climate Change Due to Carbon Dioxide Emissions. **Proct. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** 106 (6): 1704-1709.

SOUZA-FILHO, P. W. M. S. Costa de macromaré da Amazônia: Cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica** 23 (4): p. 427-435, 2005.

TROVÃO, J. R. Transformações Sociais e Econômicas no Espaço rural da Ilha do Maranhão. **(tese de doutorado).** Rio Claro, 1994.

WILSON, R. N.; Pedro-Valfir, S. F.; Proisy, C.; Richard, M. L. Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. **Estuarine, Coastal and Shelf Science,** v. 117, p. 83-93, 2013.

WOLFRAM, S. 1983. Statistical mechanics of cellular automata. **Reviews of Modern Physics**, Vol. 55, No. 3: 602-644.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO DE DIFERENTES MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO EM MAPEAMENTOS URBANOS: UMA ANÁLISE NO MUNICÍPIO DE FRANCISCO BELTRÃO – PR

Josielle Samara Pereira [(a)], Elvis Rabuske Hendges [(b)] Rafaela Harumi Fujita [(c)]

[(a)] Pós-Graduanda em Geografia/UNIOESTE, josy.samara@hotmail.com
[(b)] Docente do curso de Geografia/UNIOESTE, elvis_hendges@hotmail.com
[(c)] Docente do curso de Geografia / UNIOESTE, rafaela.fujita@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente artigo visa através da elaboração de diferentes produtos cartográficos, apresentar uma comparação de dados gerados de modelos tridimensionais disponíveis, verificando as possibilidades de usos para a área urbana de Francisco Beltrão/PR. Assim, selecionou-se o bairro Cristo Rei para a geração dos mapas: hipsométrico e clinográfico. Foi realizada a comparação de qual melhor representa a superfície entre os dados dos seguintes MDE: ASTER Global DEM; ALOS; SRTM; WORLDDEM. Após a comparação foi possível perceber que os dados do WORLDDEM são os que mais se aproximam do MDE de referência gerado a partir do levantamento planialtimétrico. No entanto ressalta-se, a necessidade de realização de pesquisas futuras, submetendo-se a comparação dos MDE analisados em áreas urbanas que apresentem outros aspectos de relevo, formação vegetal e de áreas edificadas, variando assim os fatores altimétricos que influenciam a coleta e a representação de dados fornecidos pelos modelos de elevação disponíveis no mercado.

Palavras chave: MDE, Geoprocessamento, Altimetria.

1. Introdução

A espacialização de informações geográficas da paisagem, através de processos de representação vem auxiliando a sociedade ao longo dos anos. Devido à importância da obtenção de dados precisos de aspectos físicos e humanos da paisagem os processos de levantamento de informações e as formas de representação foram evoluindo ao longo do tempo. Nesse sentido, o desenvolvimento de equipamentos eletrônicos e de sistemas computacionais potencializaram significativos avanços (MARTINELLI, 2011).

A Topografia, por sua vez, utiliza-se de técnicas de levantamentos planialtimétricos capazes de determinar de forma precisa, o contorno, a dimensão, a elevação e a posição relativa de uma área limitada da superfície terrestre. Porém, as limitações quanto aos demorados procedimentos de campo, elevam os custos dos levantamentos, tornando a adoção destes levantamentos dificultados para áreas maiores (CASACA et al., 2015).

Para levantamentos planialtimétricos, o valor de elevação associado a um ponto representa a altimetria do terreno, definindo o relevo da área. Em um ambiente de SIG, os levantamentos planialtimétricos são representados pelos Modelos Digitais do Terreno (MDT), designação oriunda da tradução de *digital terrain model*, que tratam de modelos referenciados à altimetria do terreno ao nível do solo (CARVALHO, 2009). Os MDT são um tipo de MDE (Modelos Digitais de Elevação) que acordo com Valeriano (2008), consistem em uma matriz com valores de elevação para cada célula (pixel) e podem ser usado para extrair dados de relevo, levantamento de profundidade (mares e rios), informações meteorológicas, ou outros fenômenos representados por um valor Z (ROCHA, 2007). Outro tipo de MDE são os Modelos Digitais de Superfície (MDS) que representam a superfície do terreno conjuntamente com elementos como a vegetação e edificações (MATOS, 2008), que tratam de modelos referenciados à altimetria do terreno ao nível do solo (CARVALHO, 2009).

Para o uso de MDE em mapeamentos estes devem atender o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais – PEC-PCD, que é um indicador estatístico

utilizado no Brasil, criado pela Norma da Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais -ET-ADGV (DSG 2015). De acordo com o PEC-PCD, os produtos cartográficos digitais podem ser classificados nas classes A, B, C e D nas escalas de 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000 (DSG, 2015).

Atualmente existem disponíveis no mercado, diferentes fontes de dados que agregam de forma digital a altimetria do terreno. Porém, muitos destes produtos não possuem a escala de análise necessária para gerar dados confiáveis, principalmente para áreas urbanas. Assim, a presente pesquisa visa apresentar uma comparação de dados gerados a partir de diferentes modelos tridimensionais disponíveis, verificando as adequadas possibilidades de usos destes para estudos da área urbana de Francisco Beltrão/PR.

2. Materiais e Método

O município de Francisco Beltrão está situado na mesorregião sudoeste paranaense, conforme classificação do IBGE. Em relação aos aspectos físicos do município o relevo caracteriza-se como ondulado e, nas áreas mais elevadas, como montanhoso a escarpado, o que forma um relevo de platôs elevados com áreas planas e desníveis acentuados. As altitudes variam desde 490 m nas margens do Rio Marrecas, a nordeste do município, até 948 m no seu oeste, no macro divisor de águas entre as bacias do Rio Capanema e do Rio Chopim (MINEROPAR, 2002).

No contexto urbano de Francisco Beltrão, foi selecionado o bairro Cristo Rei, pois o mesmo apresenta variações de relevo significativas, sendo que este faz divisa com o bairro do Aeroporto (com aproximadamente 650m de altitude) e como o bairro Centro com altitudes médias de 550m. O projeto foi criado tomando por base o DATUM horizontal SAD69, correspondente aos dados do levantamento planialtimétrico na escala 1:2.000, fornecido pela Prefeitura Municipal de Francisco Beltrão, e que servirá como base para comparação dos dados gerados a partir dos MDE importados.

O primeiro MDE da área de estudo, oriundo do levantamento planialtimétrico com curvas de nível de equidistância de 1m, foi gerado a partir da triangulação das curvas (processo da geração de Grade TIN no SPRING) e posterior geração da grade retangular, com resolução espacial de 1m para o pixel.

O segundo MDE estudado conhecido como WORLDDEM (dados STRIP MAP coletados pelas missões TerraSAR-X e TANDEM-X coordenadas pela Airbus, com camada altimetria com 12m de resolução espacial, coletados de abril de 2011 a março de 2014, sendo retiradas da superfície influencias de leitura produzidas pela vegetação e pelas edificações), foi fornecido pelo Grupo de Pesquisa em Geotecnologias da Unioeste (GEOTEC), e adquirido com recurso do CEPED (Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres do Paraná).

O terceiro conjunto de dados com características de MDS foram coletadas pelo sensor PALSAR (satélite ALOS - Advanced Land Observing System), com uma resolução de resolução 12,5m e distribuídos pelo Serviço de Satélites do Alasca[1]. Já os dados de MDS obtidos pela missão SRTM (Shuttle Radar TopographicMission) e disponibilizados com uma resolução de 1 segundo de arco (aproximadamente 30m) (FAR et al. 2007), bem como do ASTER Global DEM (Global Digital Elevation Model) também com uma resolução espacial de 30m foram obtidos através do LPDAAC Data Pool[2].

Segundo a PEC os MDE utilizados na presente pesquisa enquadram-se conforme Tabela I. Desta forma os MDE oriundos de uma melhor resolução espacial possibilitam um mapeamento em maiores escalas.

Após a importação dos MDE, foram elaborados os mapas: hipsométrico e clinográfico. Os processos de cruzamento das informações espaciais entre os mapas, foram

[1] https://vertex.daac.asf.alaska.edu
[2] https://lpdaac.usgs.gov/data_access/data_pool

realizados através da álgebra de mapas, implementada com a programação de Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), com cruzamento boleano de informações (operação de intercessão). As operações anteriormente mencionadas foram realizadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING).

Tabela I: Enquadramento dos MDE estudados no Padrão de Exatidão Cartográfico. Organização: Autores, 2018.

Autores	MDE	Escala Compatível	Tolerância Vertical
Costa et al., 2017	WORLDDEM	25.000	A
		10.000	A
IBGE, 2011	ALOS	50.000	A
		25.000	A
Morais, 2017	ASTER (30m)	100.000	A
		50.000	C
	SRTM (30m)	100.000	A
		50.000	B

3. Resultados

O primeiro dado MDE analisado diz respeito a hipsometria, sendo agrupadas em classes, diferentes áreas de mesma altitude. As classes hipsométricas definem um sistema de medição e representação das feições do relevo da área de interesse (DUARTE, 1991). Com uma diferença altimétrica de 106 m (valores altimétricos variando entre o mínimo de 538m e máximo de 644m) para o MDE resultante do levantamento planialtimétrico, estipulou-se através da fórmula estatística de Sturges o número de 8 classes para os mapas hipsométricos gerados dos demais MDE.

A fim de verificar estatisticamente a correlação espacial dos mapas hipsométricos foi calculada a correlação de Pearson (Figura 01). O coeficiente de correlação linear de Pearson, segundo Turkman e Silva (2000), estabelece um parâmetro de medida correlativa criando um nível de intensidade das relações entre as variáveis. Os resultados neste coeficiente (R^2)

apresentam valores num intervalo de -1 a 1, sendo: 0,01 a 0,39 a correlação é fraca; 0,40 a 0,69 a correlação é média; e 0,70 a 0,99 a correlação é forte.

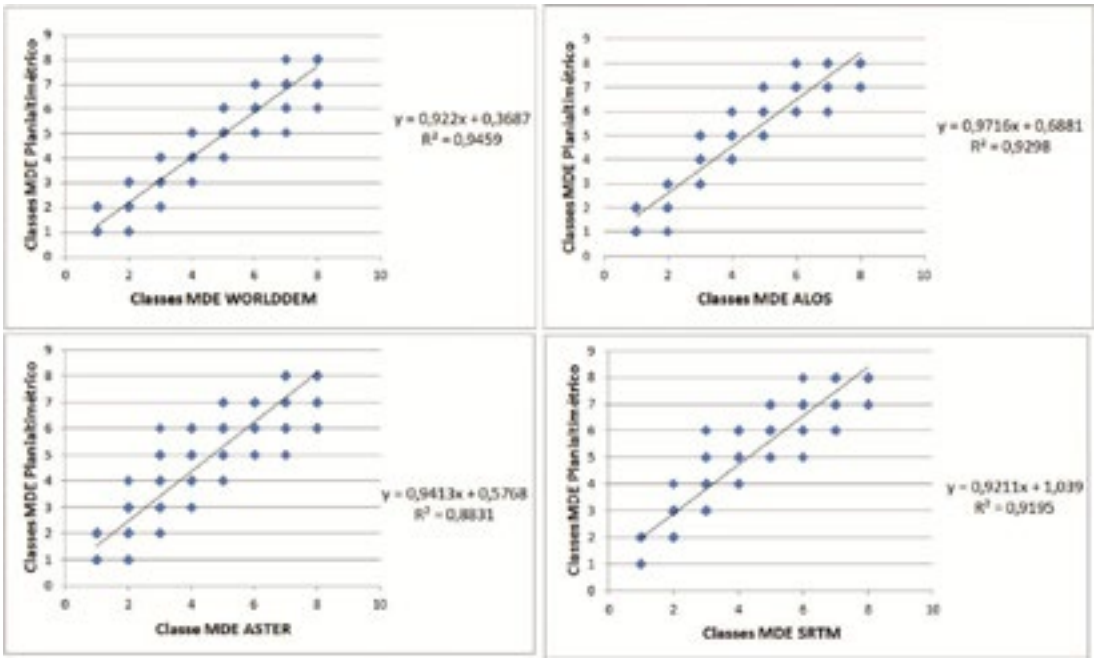


Figura 01 – Gráficos da correlação de Pearson dos mapas hipsométricos. Organização: Autores, 2018.

Nos gráficos de dispersão apresentados pela Figura 01, percebe-se que o modelo WORLDDEM é o MDE com maior correlação (R^2=0,9459), este significativo valor é explicado por ambos os mapas hipsométricos apresentar um maior percentual na primeira classe altimétrica (538 – 551m) com um total de 35,64ha para o levantamento planialtimétrico e de 33,89ha para o WORLDDEM. Os demais MDE apesar de levarem em conta dados altimétricos relacionados a vegetação e as edificações também apresentaram um correção forte com o modelo planialtimétrico.

Para elaboração do mapa clinográfico (Figura 2) adaptou-se a metodologia de De Biasi (1996) estabelecendo critérios técnicos definindo as classes de declividade, baseando de fragilidade ao uso e ocupação do solo urbano em consonância com o artigo 3º da Lei Federal 6.766 de 19 de dezembro de 1979, e ao código Florestal Brasileiro. Assim estabeleceu-se cinco classes: [0 - 2,25°] - limite urbano-industrial; [2,25° - 13,5°] - limite máximo para urbanização sem restrições; [13,5° - 25°] - classe intermediária com declividades acentuadas; [25° - 45°] - limite máximo de corte raso, a partir do qual a exploração só será permitida se sustentada por cobertura de floresta (Art. 3° da Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012); [> 45°] - proibida a derrubada de florestas, sendo tolerável apenas a extração de toros, em regime de utilização racional visando a rendimentos permanentes. (Art. 4° da Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012).

Diferente do mapa clinográfico resultante do MDE do levantamento planialtimétrico que apresentou uma área de 0,41ha para áreas com mais de 45° de inclinação, os demais MDE não quantificaram áreas para a classe citada. Além de negligenciar as áreas com declividade acima de 45°, as áreas com declividade entre 25 à 45° também apresentam uma significativa redução, de um total de 6,3% no MDE do levantamento planialtimétrico para menos de 1,5% em todos os demais mapas gerados. No outro extremo, os MDE analisados também apresentaram uma redução das áreas mais planas (0 à 2,25°), reduzindo em termos percentuais de 15% (MDE planialtimétrico) para menos de 8% nos demais mapas clinográficos gerados.

A Tabela II apresenta a correlação (R^2) espacial dos mapas de declividade gerados. Ao serem comparados o percebe-se que somente as classes de declividade do MDE WORLDDEM possui uma correlação espacial média (0.471) com o mapa de declividade oriundo do MDE do levantamento planimétrico. A tabela demonstra ainda que nenhum dos mapas de declividade dos MDE estudados possui uma correlação espacial elevada entre si.

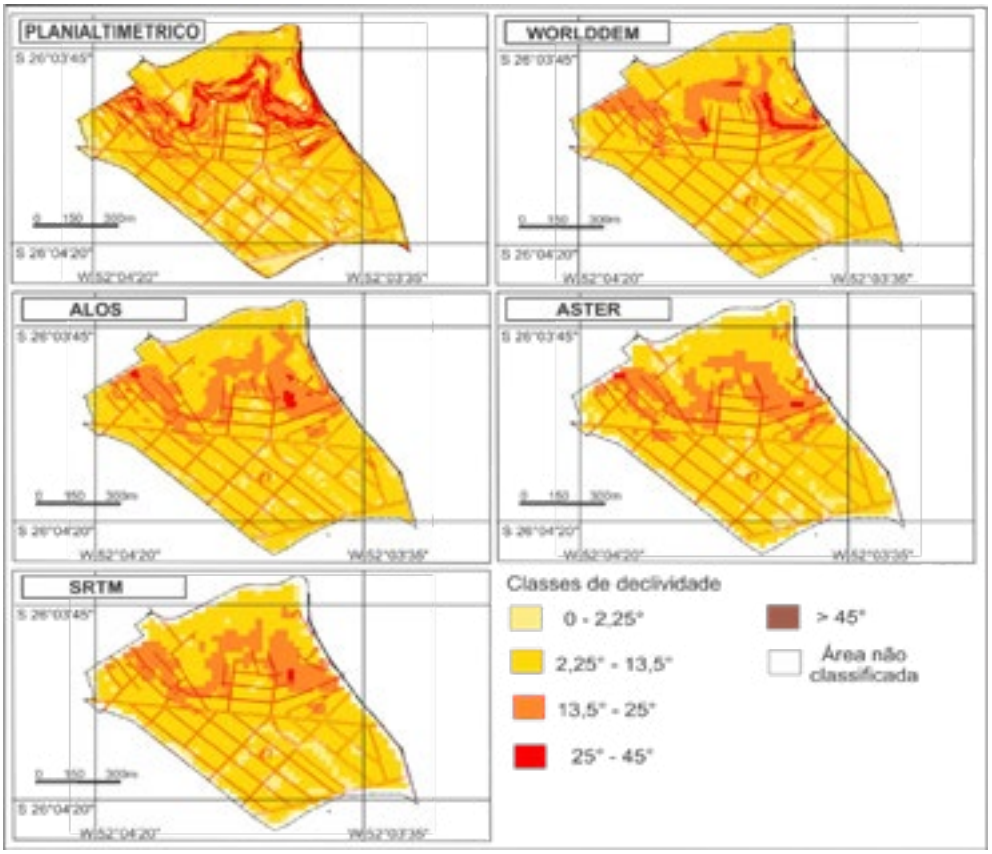


Figura 02 – Mapas clinográficos da área de estudo. Organização: Autores, 2018.

Tabela II: Correlação espacial das declividades mapeadas a partir dos MDE estudados. Organização: Autores, 2018.

	Planimétrico	WORLDDEM	ALOS	ASTER	SRTM
Planimétrico	1	0,457	0,3341	0,3017	0,2573
WORLDDEM	0,457	1	0,294	0,4182	0,298
ALOS	0,3341	0,294	1	0,2676	0,2999
ASTER	0,3017	0,4182	0,2676	1	0,2859
SRTM	0,2573	0,298	0,2999	0,2859	1

Também foram gerados perfis topográficos (Figura 03) a fim de comparar os MDE, os perfis foram agrupados conforme maior semelhança na resolução espacial do modelo analisado. Ao comparar os perfis do MDE do levantamento planialtimétrico com os MDE oriundos do WORLDDEM e do ALOS, pode-se perceber que na região de maior altitude, o perfil topográfico do MDE do ALOS apresenta maior valor altimétrico. Igualmente apresenta maiores valor altimétrico na região de menor altitude do bairro estudado, sendo ligeiramente maior para o MDE do ALOS, e intermediários para o MDE do WORLDDEM. Cabe ainda destacar que para as regiões de maior declividade (altitudes intermediárias) entre as distâncias de 450m à 750m os dados altimétricos dos três MDE apresentam valores aproximados.

Já comparando os perfis resultantes do levantamento planialtimétrico com os dados do ASTER e do SRTM, pode-se perceber que ao longo de quase toda linha longitudinal (exceção 510m à 580m), os dados do ASTER apresentam valores altimétricos superiores aos do levantamento planialtimétrico. Já os dados do SRTM apresentaram valores superiores nas áreas mais planas (0m à 360m e 700m a 1.400m), e valores inferiores para áreas como maior declividade (360m à 700m).

Já comparando os perfis resultantes do levantamento planialtimétrico com os dados do ASTER e do SRTM, pode-se perceber que ao longo de quase toda linha longitudinal (exceção 510m à 580m), os dados do ASTER apresentam valores altimétricos superiores aos do levantamento planialtimétrico. Já os dados do SRTM apresentaram valores superiores nas áreas mais planas (0m à 360m e 700m a 1.400m), e valores inferiores para áreas como maior declividade (360m à 700m).

Já comparando os perfis resultantes do levantamento planialtimétrico com os dados do ASTER e do SRTM, pode-se perceber que ao longo de quase toda linha longitudinal (exceção 510m à 580m), os dados do ASTER apresentam valores altimétricos superiores aos do levantamento planialtimétrico. Já os dados do SRTM apresentaram valores superiores nas

áreas mais planas (0m à 360m e 700m a 1.400m), e valores inferiores para áreas como maior declividade (360m à 700m).

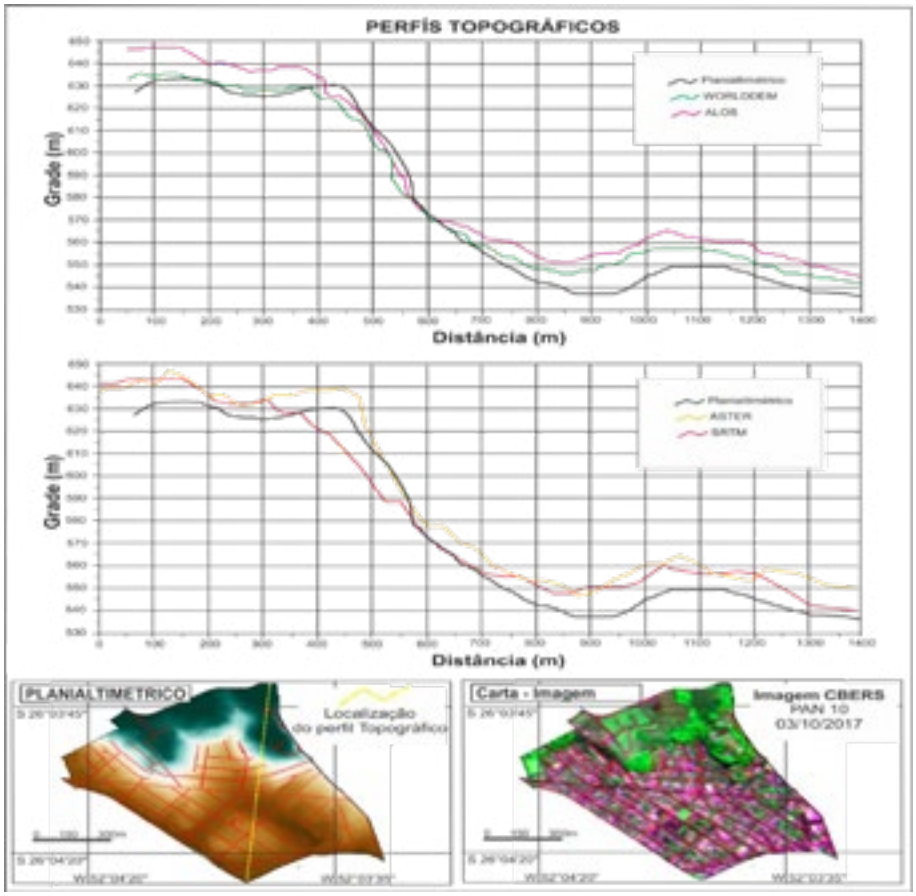


Figura 03 – Perfis topográficos comparando diferentes MDE. Organização: Autores, 2018.

4. Conclusão

Após a comparação dos produtos cartográficos gerados a partir dos MDE mapeados, é possível perceber que os dados do WORLDDEM são os que mais se aproximam do MDE de referência gerado a partir do levantamento planialtimétrico (escala 1:2.000). Um dos fatores que explica a tal semelhança é o fato dos dados serem do tipo MDT, que na hora da

aquisição, suprime da superfície terrestre elementos da paisagem como dosséis florestais e edificação.

Para fins de parcelamento urbano, no quesito planialtimétrico, faz-se necessário mencionar, que no caso de Francisco Beltrão, os dados do MDE analisados não são utilizáveis, uma vez que para a implantação de um loteamento, arruamento, desmembramento e remembramento de áreas é necessário que o solicitante realize o mapeamento da situação do terreno na escala de 1:1.000 indicando em planta os perfis de todas as linhas de escoamento das águas pluviais e o relevo do solo por meio de curvas de nível, de latitudes equidistantes de 1m (Lei Municipal 3.372 de julho de 2007).

5. Referências Bibliográficas

CARVALHO, T. M.; BAYER, M. Utilização dos produtos da 'Shuttle Radar Topography Mission' (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n.1, p.35-41, 2008.

CASACA, J. M., DE MATOS, J. L.; DIAS, J. M. B. **Topografia Geral.** Rio de Janeiro. LTC, 2015.

COSTA, G. C.; SILVA, R. C.; ALMEIDA, I. C.; GALVÃO R. J. S. Estudo sobre o emprego de modelos digitais de terreno e elevação, gerados de levantamento topográfico convencional, Perfilamento a Laser Aéreo, SRTM, TOPODATA, ASTER GDEM V2 e WorldDEM, com ênfase em projetos viários. **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto.** 2017.

DE BIASI, M. **A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção**. 1996.

DUARTE, P. A. **Cartografia Temática**, Florianópolis, SC: Editora da EFSC, 1991.

IBGE –INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA: Avaliação Planialtimétrica de Dados ALOS/PRISM, Estudo de Caso: Itaguaí – RJ. **Relatório.** Rio de Janeiro, 2011.

MATOS, J. **Fundamentos de Informação Geográfica,** Lisboa, Editora Lidel, 2008.

MARTINELLI, M. **Mapas da geografia e cartografia temática.** São Paulo, Contexto, 2011.

MINEROPAR – Minerais do Paraná S, A, **Avaliação do potencial mineral e consultoria técnica no município de Francisco Beltrão: relatório final**. Curitiba: Mineropar, 2002, 66p.

MORAIS, J. D. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação provenientes de dados de Sensoriamento Remoto de distribuição gratuita. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**, Juiz de Fora, Editora do Autor, 2007.

TURKMAN, M. A. A.; SILVA, G. L.. **Modelos Lineares Generalizados: da teoria à prática.** Lisboa, Universidade de Lisboa, 2000.

VALERIANO, M. M. Dados Topográficos. In: FLORENZANO, T. G. (org). **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**, São Paulo, Oficina de Textos, 2008.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ESTUDO DO USO DA TERRA E COBERTURA VEGETAL NA CIDADE DE MANAUS (AM)

Rebeca Teixeira Dantas [(a)], João Cândido André da Silva Neto [(b)]

[(a)] Mestranda em Geografia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), rtd.geo@uea.edu.br

[(b)] Prof. Doutor em Geografia, Universidade Federal do Amazonas (UFAM), joaokandido@yahoo.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi analisar os diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal no perímetro urbano de Manaus (AM) no período de 2006 a 2018. Para realizar esta análise utilizaram-se ferramentas como Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a aquisição, o processamento e classificação das imagens. A classificação foi realizada a partir de imagens dos satélites do Landsat 5 TM e 8 OLI, processadas no software Spring 5.1. Os resultados alcançados mostram uma redução das áreas de floresta em 21%, representando uma perda de 919 km² de 2006 a 2018 e o aumento das áreas desmatadas que em 2006 correspondia a 16% e em 2018 corresponde a 24% da área da cidade, onde as principais causas é o crescimento demográfico de Manaus/AM após a implantação da Zona Franca de Manaus e posteriormente com a implantação do Programa Minha Casa Minha Vida e as ocupações multivariadas.

Palavras chave: Uso da Terra. SIG. Expansão Urbana.

1. Introdução

Atualmente mais de 50% da população mundial vive em cidades, o que representa um crescimento significativo se comparado aos 15% existentes em 1900 (VEGTER, 2007). As interações socioespaciais advindas do êxodo rural e dos avanços tecnológicos ocorrem associadas a diversos contextos (sociais, políticos e econômicos) que dinamizam a relação sociedade e natureza, na busca de melhores condições de vida, de alimentação e de moradia, evidenciando profundas alterações no uso e ocupação dessas áreas num determinado tempo e espaço.

Santos (1994) corrobora que o espaço geográfico é uma totalidade que envolve a sociedade e a natureza, concebendo-a como um conjunto indissociável de um sistema de objetos e de ações. Cabe ressaltar que a natureza dos objetos e ações são naturais e sociais, e que a ação antrópica atua como agente transformador dos objetos naturais em sociais, isto é a humanização da natureza.

O entendimento dessa relação dialética sociedade e a natureza tem sido a proposta que desde o início permeia a Ciência Geográfica em âmbito acadêmico (MENDONÇA 2010). Diante disso Cruz et al. (2008) corrobora que "as alterações nas condições naturais comprometem o uso dos recursos naturais e reduzem a qualidade de vida das pessoas".

A produção e a reprodução do espaço envolvem um conjunto de processos (econômicos, sociais, políticos e/ou tecnológicos) ainda mais articulados. A degradação ambiental que ocorre em consequência dessas práticas é caracterizada por desmatamentos para atender a demanda da população para novas áreas onde possam fixar-se a derrubada das florestas e a queima da vegetação, tendo por objetivo aumentar as áreas limpas, para a construção de moradias em terra urbana ou para a implantação de atividades econômicas, como agricultura e pecuária.

A necessidade de intervir nesse espaço, requer uma melhor compreensão das relações da sociedade com o ambiente onde vive, sendo necessária a utilização de novos instrumentos conceituais e técnicos. As inovações tecnológicas têm revolucionado o desenvolvimento da ciência, como por exemplo: a criação de vacinas para doenças que até então eram incuráveis, na pesquisa geográfica o maior avanço tem sido como com o advento das geotecnologias através dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e no avanço do Sensoriamento Remoto. De acordo com Fitz (2008):

As geotecnologias podem ser entendidas como as novas tecnologias ligadas às geociências, as quais vêm trazendo avanços significativos no desenvolvimento de pesquisas, nas ações de planejamento, no processo de gestão e em tantos outros relacionados à estrutura do espaço Geográfico (FITZ, 2008).

As geotecnologias embora partam de um entendimento geográfico dos espaços, ela possui um viés interdisciplinar em sua aplicabilidade nos múltiplos campos da ciência, o que facilita a integração de dados e a operalização dos estudos realizados. Porém, para melhores resultados de

aplicabilidade dos pesquisadores e cientistas é necessário que os profissionais busquem conhecer em detalhe esta tecnologia, avaliando os aspectos práticos e teóricos de sua utilização (FITZ, 2008).

Entre as principais geotecnologias utilizadas nas pesquisas ambientais, destacam-se o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). Fitz (1999) e Lanz (2009) a respeito das tecnologias vinculadas aos SIGs, "hoje em dia, não se pode mais conceber pesquisas de caráter agrícola, geológico, ecológico, de planejamento urbano e regional desvinculadas de tais técnicas".

Na perspectiva de contribuir com estudos desta natureza, o presente trabalho tem como objetivo geral aplicar o uso das geotecnologias em uma análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal no perímetro urbano de Manaus em um período de 12 anos (2006-2018) por meio da classificação de imagem de satélite.

1.1 Objetivos

- **Geral -** Analisar os diferentes tipos de uso da terra e cobertura vegetal no perímetro urbano de Manaus – AM no período de 2006 a 2018.
- **Específicos –** 1) Classificar o uso da terra e cobertura vegetal por meio das imagens de satélite; 2) Comparar as transformações da cobertura vegetal no período estudado, por meio da classificação das áreas; 3) Compreender a dinâmica do uso da terra e dos processos de desmatamento na cidade de Manaus durante esse período.

2. Materiais e métodos

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende o perímetro urbano de Manaus, constituída até o ano de 2009 por 57 bairros, a partir do ano de 2010 de acordo com o com o decreto da Lei Municipal Nº 1.401, de 14 de janeiro de 2010, passa a se constituir por 62 bairros distribuídos em cinco zonas administrativas. A cidade de Manaus tem apresentado um crescimento urbano gradativo nos últimos anos, consagrando-se como uma das mais populosas cidades brasileiras e a maior dentre as cidades da região Norte do País, com 99,5% de sua população atualmente concentrada na área urbana, como ilustra a figura 3.

Em 2000, o quantitativo populacional segundo estimativas do IBGE era de 1.405.835 habitantes, em 2010 passou para 1.802.014 e em 2018 soma-se 2.145.444 habitantes. Esse crescimento demográfico desde a década de 1970 com a implantação da Zona Franca de Manaus atenuou o fluxo migratório e o êxodo rural de trabalhadores em busca de melhores condições de vida, movidos pela oportunidade de vínculos empregatícios para a cidade de Manaus.

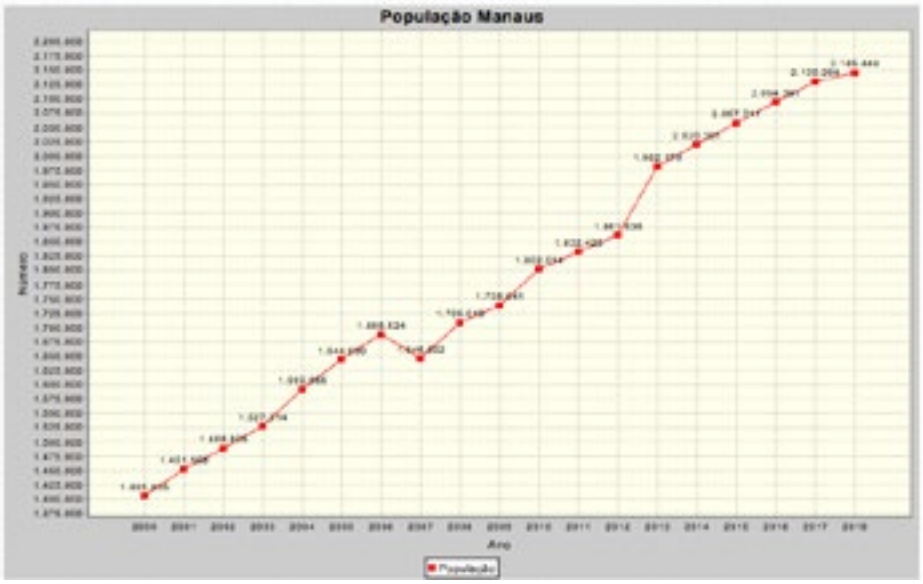


Figura 3. Crescimento demográfico da cidade de Manaus. Fonte: IBGE, 2018.

Em virtude desse crescimento e a necessidade de novas habitações, o poder público investiu em construção de conjuntos habitacionais nas zonas Norte e Leste da cidade, implicando principalmente nas perdas de áreas florestas para o assentamento humano. A expansão da mancha urbana da cidade está associada também com as ocupações multivariadas que se se caracterizam como uma "indústria em ascensão", localizadas principalmente em áreas fragilizadas ambientalmente, denominadas áreas verdes protegidas por lei pela União, ocasionando profundas alterações no uso da terra e na cobertura vegetal preexistente.

2.2 Procedimentos metodológicos

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas as bases de dados do Instituto Municipal de Planejamento Urbano (IMPLURB), contendo os polígonos dos limites da área urbana de Manaus,

além de imagens do satélite Landsat baixadas do U.S. Geological Survey (USGS) para os anos de 2006, 2013 e 2018 (Tabela 1).

Tabela 1. Cenas utilizadas de 2006 a 2018.

Satélite/Sensor	Data	Orbita	Pontos	Bandas	Resolução espacial
Landsat 5 - TM	12/02/2006	231	62	3,4 e 5	30 m
Landsat 8 - OLI	07/09/2013	231	62	6,5 e 4	30 m
Landsat 8 - OLI	07/02/2018	231	62	6,5 e 4	30 m

Fonte: Autores, 2019.

O Sistema de Geoprocessamento classifica os sistemas computacionais capazes de capturar, processar e gerenciar dados geo-espaciais e/ou georeferenciados, isto é, objetos com atributos contendo informações sobre sua localização geográfica em relação a um sistema de coordenadas. Como exemplos de sistemas de geoprocessamento, podemos citar: Sistemas de Cartografia Automatizada (CAC), Sistemas de Processamento de Imagens, Sistemas de CAD e principalmente, os SIG (FREITAS, 2011).

Foram utilizadas técnicas de interpretação de imagens no programa do software Spring 5.1. Os dados vetoriais foram integrados e trabalhados por meio do uso do software Qgis 2.18. A classificação de imagens subdivide-se em supervisionada e não supervisionada, dependendo do algoritmo que será aplicado. Ambos os casos demandam duas fases: a do treinamento e a da classificação (Moreira, 2003).

Na etapa de treinamento do algoritmo faz-se necessário a criação dos temas para a classificação, onde as classes selecionadas foram: 1) Vegetação - inclusos nesta classe todos os tipos de formações vegetais; 2) Área Urbanizadas - sendo considerados complexos industriais, áreas urbano-industrial, habitações entre outras áreas urbanizadas; 3) Corpos hídricos – os igarapés que margeiam ou atuam como fronteira natural na cidade; 4) Desmatamento – Áreas que foram desflorestadas; e 5) Nuvens.

As classificações das imagens deste estudo foram realizadas no SPRING 5.1, resultando na elaboração de mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal que permitiu a análise dos diferentes tipos de uso da terra por meio da classificação supervisionada por região Bhattacharya.

A classificação Bhattacharya é realizada por regiões, que utilizam a informação espectral de cada pixel e a relação espacial de vizinhança entre pixels (áreas homogêneas espectrais e espaciais da imagem). A figura 4 ilustra os procedimentos metodológicos realizados com a imagem de satélite no Spring, desde a segmentação é desfragmentação nesse caso, a partir da singularidade de seus pixels em regiões até o mapeamento das áreas que é obtida por meio do cálculo de medida de classe do Spring, onde foi possível obter os valores em quilômetros quadrados respectivos de cada classe para classificação geral.

Figura 4. Etapas de classificação das imagens de satélites e mapeamento das áreas. Organização: Autores, 2019.

O método de Operações Booleanas foi aplicado por meio do programa legal, esse método é utilizado para analise espacial qualitativa a partir de regras booleanas sobre os planos de informações existentes no projeto. Nesse estudo, as operações booleanas foram utilizadas com o objetivo de se gerar um mapa de uso da terra multitemporal dos anos 2006 e 2018, identificando as seguintes classes: Preservada, Desmatada, Regenerada, Corpos hídricos e Nuvens.

3. Resultados e Discussões

As imagens de satélite do perímetro urbano da cidade de Manaus, utilizadas neste estudo permitem uma visualização geral do ambiente nos anos de 2006, 2013 e 2018. Permitindo-nos compreender a forma pela qual era feito o uso da terra desta área no ano de 2006 e como é feito na atualidade, tornando possível de se realizar ações planejadas para o futuro do ambiente estudado.

A partir da imagem classificada foi possível a identificação de cinco classes de uso e cobertura da terra, segundo a proposta do Manual do Uso da Terra, IBGE 2006. Sendo assim os elementos que compõem a área de estudo, são as unidades de cursos hídricos, floresta, desmatamento, área antropizadas e nuvens, destacando, no entanto que a classe que compreende as nuvens e aos cursos hídricos não consta no Manual do Uso da Terra.

A expressão "uso da terra" pode ser entendida como a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 1992). Através dessa técnica conseguimos visualizar como está ocorrendo a produção e reprodução desse espaço, o mapeamento do uso da terra, portanto auxilia na identificação das formas de uso do espaço, tornando-se um suporte importante para o auxílio de um estudo ambiental.

As classes temáticas foram analisadas e a partir disso foi feito a análise estatística de previsão linear da classe floresta, a fim de quantificar esses dados. A partir dessa linha de tendência identifica-se que as florestas no perímetro urbano da cidade de Manaus estão diminuindo gradativamente, estando relacionado principalmente com o aumento das áreas desmatadas que em 2006 correspondia a 16% e em 2018 corresponde a 24% da área da cidade.

Quanto ao processo de uso da terra na cidade de Manaus, observou-se a redução das áreas de floresta, o que desencadeia o crescimento das áreas de desmatamento e solo exposto. As áreas de florestas em 2006 representavam 55% da área, ou 2.577 km², em 2013 esse número reduziu para 35%, ou 1.682 km² e em 2018 reduziu para 34%, ou 1.658 Km^2 da área da estudada (Figura 5).

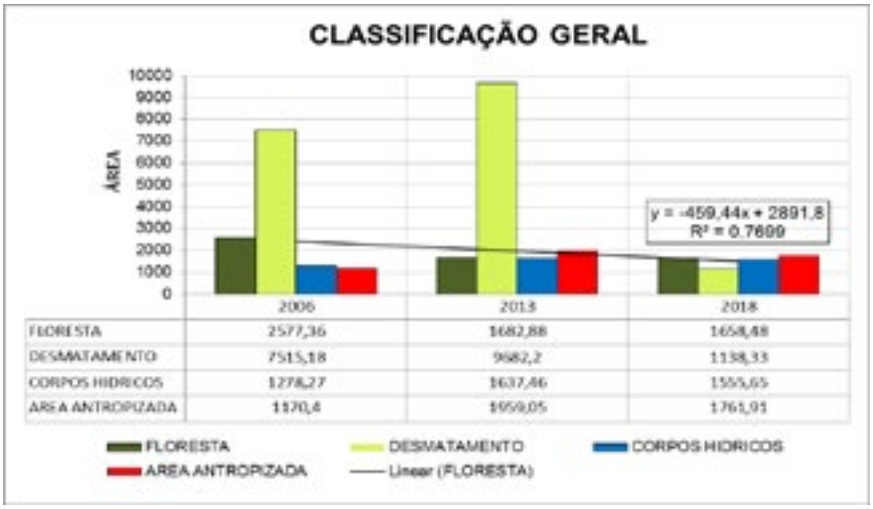


Figura 5. Classificação Temática: Redução das áreas de floresta. Fonte: Autores, 2019.

A partir da análise das imagens de satélite, foi possível ter uma visualização geral do ambiente, por meio da elaboração do mapa tornando assim, possível analisar e quantificar os tipos de uso e ocupação da terra, e também identificar alterações ambientais ocorridas nos últimos anos na cidade de Manaus.

A cidade de Manaus tem apresentado intenso crescimento econômico e demográfico sem planejamento, atualmente possui cerca da metade da população do estado e aproximadamente 80% de seu PIB (FREITAS e GIATTI, 2010), Isso deve-se a fatores (sociais, econômicos e políticos) como: a elevada motricidade de mudanças a partir da década de 1970 por um intenso processo de fluidez do território nacional (SANTOS, 2009) e rápida industrialização promovida inicialmente pela Zona Franca de Manaus (GEO MANAUS, 2002), posteriormente com a implantação do Programa Minha Casa Minha Vida e as ocupações multivariadas (Figura 6).

Figura 6. Noticiario segundo os viés das ocupações multivariadas "invasões (A) e pelos conjuntos do programa Minha Casa minha Vida (B). Fonte: Jornais Acrítica e G1, 2019.

A cidade de Manaus também é destaque nos noticiários de jornais por seu crescimento exacerbado nos últimos anos, principalmente para as zonas norte e leste. Essas zonas outrora detinham as maiores áreas vegetadas da cidade, hoje sofre diretamente pressão antrópica causada por essas novas configurações, sobretudo habitacionais.

De acordo com a figura 7, podemos analisar temporalmente o uso do solo e a cobertura vegetal na cidade de Manaus, dentre os principais fatores identificou-se que:

- Em 2006 as áreas antropizadas ou urbanizadas que se referem ao "solo exposto urbano", destinados as construções habitacionais, comerciais e industriais entre outros equipamentos urbanos, localizavam-se mais na zona oeste e centro-oeste e o desmatamento parte central da cidade zona sul e centro-sul.
- Em 2013, com a intensificação de programas habitacionais para a zona Norte e Leste da Cidade há um crescimento de desmatamento e principalmente de área antropizadas, que passaram a exercer pressão direta com a Reserva Adolpho Ducke, em 2013 a cidade já está

articulada com a criação dos novos bairros, que passou de 57 para 67 bairros divididos nas zonas administrativas;

- Em 2018, observa-se uma drástica redução de cobertura vegetal, quando comparado aos anos de 2006 e 2013, as áreas que eram florestadas em 2006, e em 2013 encontram-se desmatadas, em 2018 já estão consolidadas como áreas antropizadas, cabe ressaltar que grande parte da cidade já se encontra urbanizada, restando apenas áreas florestais protegidos por lei como o Instituto de Pesquisa da Amazônia (INPA), Parque Sumaúma, Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e área do Comando Integrado dos Guerreiros da Selva (CIGS) e pequenos fragmentos florestais. Nas bordas leste e norte da cidade, encontra-se o atual foco de desmatamento para a extração de madeiras e posteriormente, a instalação de novas ocupações.

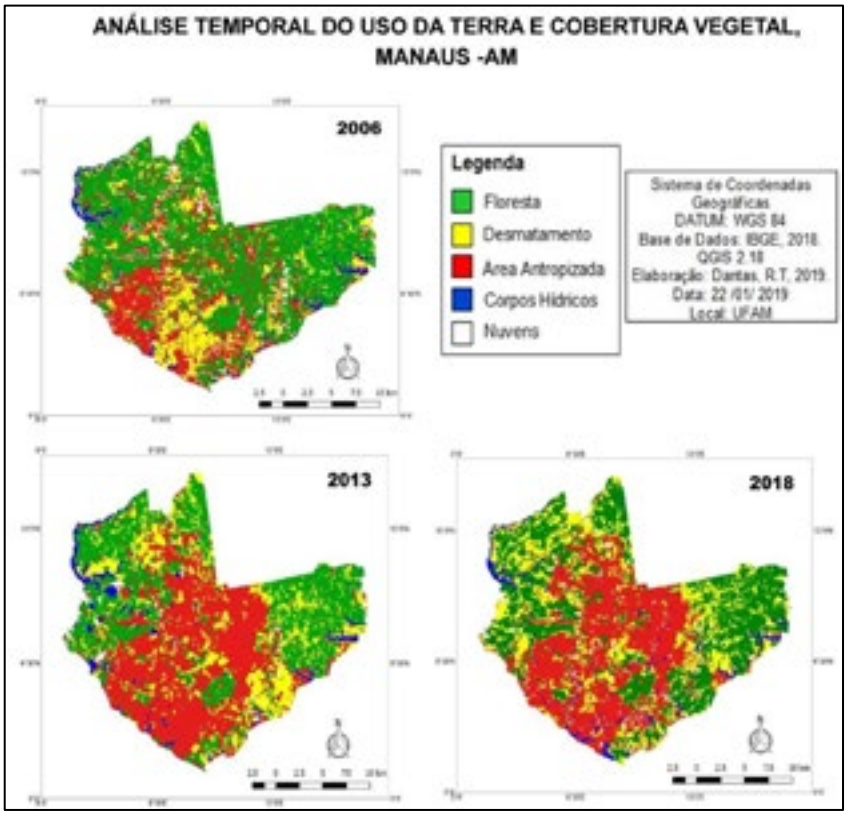


Figura 7. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal, Manaus – AM (2006, 2013 e 2018). Fonte: Autores, 2019.

Com a intensificação das atividades antrópicas identificou-se também a diminuição de cursos hídricos, a rede hidrográfica em muitos projetos de construções de empreendimentos (comerciais e habitacionais) não é levada em consideração, ROSS (1990) corrobora que "as medidas cabíveis à jusante devem influir à montante, integradamente; ou haverá apenas gastos vultosos para medidas insatisfatórias a médio e longo prazo, registrando falha na Administração Pública, inconsistências na fase do planejamento, de gestão e operacionalização de tais projetos".

Com o auxílio dos operadores booleanos no SIG, podemos identificar um mapeamento multitemporal da cidade de Manaus unindo as imagens de 2006 e de 2018, as classes definidas foram: Preservada, Regenerada, Desmatada, Corpos hídricos e nuvens (Figura, 8). Nas bordas das zonas oeste, norte e leste são as áreas que possuem maior quantidade de floresta preservada, no arco norte-leste da cidade identifica-se uma aglomeração de área desmatada e nas demais áreas da cidade há um predomínio de floresta regenerada (vegetação secundária).

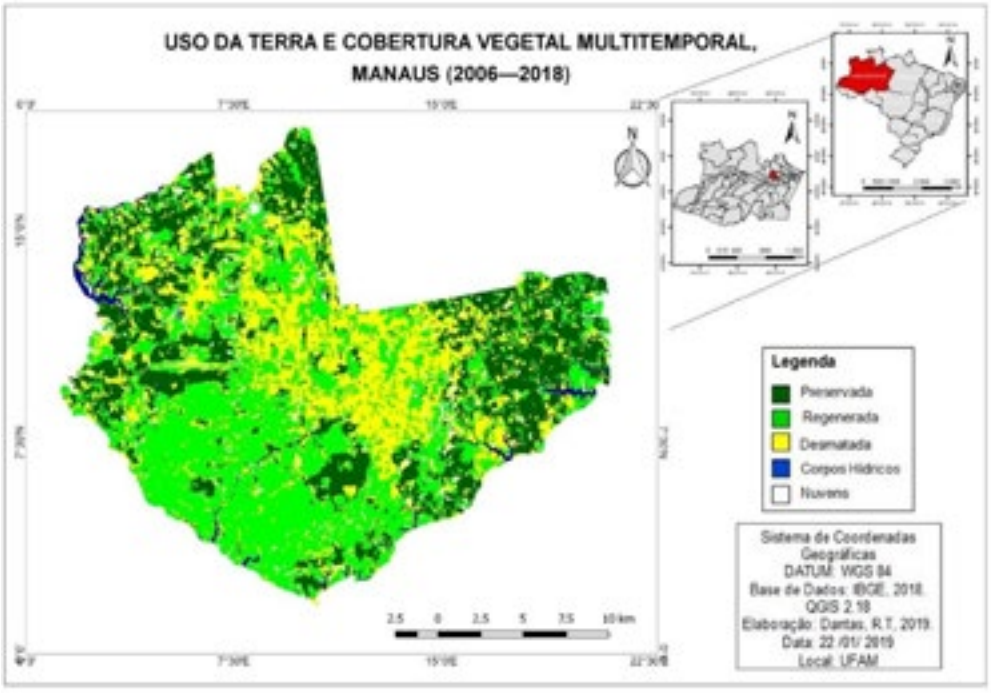


Figura 8.Uso da terra e cobertura Vegetal Multitemporal, Manaus – AM (2006 e 2018)
Fonte: Autores, 2019.

Em um estudo realizado sobre o crescimento urbano da cidade de Manaus, Souza e Alvalá (2009) identificaram que processos de urbanização apresentam grande influência nas tendências de

aumento da temperatura em Manaus, dentre as diferenças observadas nas duas últimas décadas estiveram acima dos 2ºC, evidenciando que a intensa urbanização e o crescimento da população neste período influenciaram de forma direta as tendências de aumento de temperatura em Manaus.

O uso da terra em Manaus, foi produzida sem planejamento ambiental e política pública especifica para essa área de expansão, principalmente em relação à infraestrutura de saneamento básico associadas a esse crescimento, possibilita um ambiente urbano fragilizado pela coexistência de riscos, aumentando a vulnerabilidade da população que ocupa essas áreas.

4. Considerações finais

A aplicação de geotecnologias na análise da paisagem, utilizando a classificação de imagens de satélites e a aplicação dos operadores booleanos por meio do programa LEGAL do software Spring 5.1, possibilitou a análise das transformações da paisagem ao longo de 12 anos na cidade de Manaus, onde foi identificada uma redução de 21% das áreas florestadas.

A expansão da malha urbana na cidade de Manaus está relacionada ao aumento populacional, e o consequentemente maior quantidade de ocupações multivariadas, muita das vezes por pessoas de menor poder aquisitivo, que vem dos municípios e procura sobreviver na metrópole atraída por novas oportunidades de emprego nas indústrias e comércio de Manaus, havendo o espraiamento para novas áreas da população, porém os serviços de infraestrutura e saneamento básico nessas áreas e precário e/ou inexistente.

Esse estudo apresenta algumas limitações, sendo estas: 1) referente a avaliação qualitativa de classificação da imagem, pode apresentar-se satisfatória quanto à análise visual, porém, não é suficiente quando se deseja avaliar corretamente o resultado desta técnica, sendo necessário incorporar outras metodologias como o índice de Kappa que mostrar a confiabilidade da classificação realizada; 2) Referente a aquisição de imagens coletadas em uma única data não são suficientes para mapear as alterações do uso e ocupação da terra, por grande parte das imagens estarem com grande cobertura de nuvens, não foi possível conseguir outras imagens para comparar o uso da terra em diferentes sazonalidades.

4. Agradecimentos

Ao Laboratório de Climatologia e Hidrografia da Amazônia pelo espaço cedido e a bolsa CAPES pelo custeio na organização desse trabalho.

5. Referências

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos. INPE-10506-RPQ/249, 2001.

FITZ, P.R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T.G. Iniciação em Sensoriamento Remoto - 3ª edição ampliada e atualizada. São Paulo: Oficina de textos, 2013. 128p.

FLORENZANO, Tereza Gallotti (org.). Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FOSTER, J. B. A ecologia de Marx: materialismo e natureza. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2011.

Freitas CM, Giatti LL. Indicadores de sustentabilidade ambiental e de saúde na Amazônia Legal, Brasil. Cadernos de Saúde Pública 2009; 25:1251-1266.

GEO MANAUS. Projeto geo cidades: relatório ambiental urbano integrado: informe GEO: Manaus/ Supervisão: Ana Lúcia Nadalutti La Rovere, Samyra Crespo, 2002.

LONGLEY, P. A. GOODCHILD, M. F. MAGUIRE, D. J. RHIND, D.W. Sistemas e ciência da Informação geográfica. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman. 2013.

MENDONÇA, Francisco de Assis. Geografia e meio ambiente. São Paulo: Contexto, 2010.

_____. Geografia socioambiental. In: Terra Livre, 2011, São Paulo, n. 16, p. 113-132, 1°semestre, 2001.

MOREIRA; M. A. Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação - 4. ed. Editora UFV: Viçosa, 2011.

MULLINS, C. E. Physical properties of soils in urban áreas. In: BULLOCK, P.; GREGORY, P. J. Soils in the urban environment. London: Blackwell, 1991.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia, ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 1990.

SANTOS, M. A urbanização Brasileira: São Paulo: Edusp.2009.

SCALENGHE, R.; MARSAN, F. A. The anthropogenic sealing of soils in urban areas. Landscape and Urban Planning, 90, p. 1-10, 2009.

SOUZA, D. O.; Alvalá, R.C.S. A expansão urbana e a evolução do microclima de Manaus.INPE, Repositorio de artigos cientificos, 2012.

VEGTER, J. Urban soils: an emerging problem? Journal of Soils and Sediments. v. 7, n. 2, p. 63, 2007.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA LAGOA DO LAGAMAR DO CAUÍPE - CAUCAIA/CE

Deborah Lopes Isquierdo[(a)] , Luíz Carlos Guerreiro Chaves [(b)] Carine Fernandes Praxedes [(c)], Fernando Bezerra Lopes [(d)]

[(a)] Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental, Faculdade Terra Nordeste – FATENE, Caucaia-CE; Fone: (85) 984257413; E-mail: deborah.isquierdo@gmail.com
[(b)] Doutor, Professor da Faculdade Terra Nordeste – FATENE, Caucaia-CE; Fone: (85) 32992829; E-mail: luizcarlosguerreiro@gmail.com
[(c)] Mestranda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE; Fone: (88) 9 96650127; E-mail: carinepraxede@gmail.com
[(d)] Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza - CE; Fone: (85) 3366-9757; E-mail: lopesfb@ufc.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As lagoas costeiras na região nordeste brasileira têm sido utilizadas para diversas finalidades. A partir do código florestal de 1965, lagos, lagoas e reservatórios se tornaram protegidos através da criação das APPs, o que tornou obrigatório a preservação de mata ciliares de acordo com a área de espelho d'água. O Lagamar do Cauípe está localizado no município de Caucaia - CE, ele é uma Área de Proteção Ambiental desde 1998. O objetivo deste trabalho foi realizar a classificação do uso e ocupação do solo da área da Lagoa. A classificação de imagem foi do tipo supervisionada, a imagem orbital foi obtida do satélite CBERS – 4 do dia 22 de julho de 2017. Foram determinadas as categorias de edificações, vegetação densa, vegetação rala, dunas e solo exposto. De acordo com a classificação a APP da Lagoa possui uma área total de 3.176.989,58 km², onde 11,38% estão degradadas com alterações na sua paisagem.

Palavras chave: Imagem de satélite; Classificação de imagens; Lagoa Lagamar do Cauípe.

1. Introdução

As lagoas costeiras na região nordeste brasileira têm sido utilizadas para diversas finalidades como: área de lazer, receptor de efluentes tratados, beleza cênica, valorização do turismo e imobiliária no entorno. Porém, a fragilidade ambiental e a vulnerabilidade ao antropismo justificam os cuidados legais para a sua preservação e conservação (NASCIMENTO, 2010).

O turismo e a especulação imobiliária são exemplos de atividades as quais ocorrem no processo de ocupação do espaço no entorno das lagoas costeiras cearenses; nota-se com isso o grande interesse para construção da segunda residência, onde é possível observar, em muitos casos, o descumprimento do que estabelece a legislação ambiental pertinente (MESQUITA; CRUZ; PINHEIRO, 2012).

A partir do Código Florestal de 1965 – Lei Nº 4.771/65, lagos, lagoas e demais reservatórios superficiais se tornam protegidos através da criação das Áreas de Preservação Permanente (APP). No entanto, mesmo após a implantação do Código, a ocupação dessas áreas continuou de maneira acelerada, e este não cumprimento da lei colocou em risco todo o ecossistema e a qualidade dos recursos hídricos dessas áreas e, algumas vezes, acarretou danos irreversíveis aos mesmos.

O sensoriamento remoto tem sido uma ferramenta bastante utilizada para a análise do uso de ocupação e cobertura do solo, devido às suas informações que podem ser atualizadas, pois a aquisição das imagens é de forma global, confiável e rápida, e estes fatores são importantes para o levantamento, mapeamento e utilização das informações de uso e ocupação do solo.

Esta análise da cobertura e uso do solo é de grande utilidade ao planejamento e administração da ocupação ordenada e racional do meio físico, além de possibilitar avaliar e monitorar a preservação de áreas de vegetação natural (CAMPOS *et al*., 2011).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo a análise do uso e ocupação do solo na Área de Preservação Permanente (APP) da Lagoa do Lagamar do Cauípe, em Caucaia, Ceará.

2. Materiais e métodos
2.1. Caracterização da área
2.1.1. Caucaia

Caucaia é um município do estado do Ceará, conforme mostra a Figura 1, que integra a Região Metropolitana de Fortaleza. O município possui uma área territorial total de 1.228,506 km², uma população de 358.164 habitantes e densidade demográfica de 264,9 hab/km² conforme último censo de 2010 (IBGE, 2010). O Índice de Desenvolvimento Humano de Caucaia é considerado médio, de 0,682. A cidade é considerada uma das mais importantes economicamente, por possuir o terceiro maior PIB e a segunda maior população do Estado.

O município de Caucaia possui limites com o Oceano Atlântico, e com as cidades de Fortaleza, Maracanaú, Maranguape, Pentecoste e São Gonçalo do Amarante. O acesso é feito principalmente pelas rodovias BR-020 e CE-085, além de estradas secundárias. Existem atualmente oito distritos: Jurema, Mirambé, Tucunduba, Bom Princípio, Sítios Novos, Catuana, Guararu e a sede municipal de Caucaia. A situação geográfica do município é de localização norte do no estado do Ceará, com as seguintes coordenadas geográfica: Latitude 3º 44’ 10” Sul e Longitude 38º 39’ 11” Oeste, (IPECE, 2015).

A estrutura geológica do município é composta por dois conjuntos bem distintos: coberturas sedimentares de idade Tércio-Quartenária e litologias do embasamento cristalino pré-cambriano. Sendo assim, geologicamente, pode ser caracterizado pela ocorrência de coberturas sedimentares cenozoicas sobrepostas a terrenos cristalinos pré-cambriano.

O relevo é marcado por altitudes médias e baixas inferiores a 1.000 metros, em geral. É caracterizado pelos tabuleiros pré-litorâneos, depressão sertaneja, englobando serras e campos de *inselbergs*, planícies fluviais, planícies flúvio-marinhas e campos de dunas (MEDEIROS *et al*., 2012).

A área de estudo está na Bacia Hidrográfica Metropolitana e apresenta como principais drenagens os riachos Juá e Tapeba. Cerca de 31% da população urbana no município são atendidas com águas oriundas dos açudes Pacajus, Riachão, Gavião e Acarape do meio (CAGECE, 2003).

Caucaia detém a segunda maior concentração turística do estado do Ceará, a primeira é Fortaleza, devido à quantidade de pontos de lazer como praias, rios, lagoas, parques e áreas de preservação. As principais lagoas são: Lagamar do Cauípe, Lagoa de Tabapuá, Lagoa de Genibaú, Lagoa de Capuã, Lagoa do Poço, Lagoa de Pabussu, Lagoa de Parnamirim e Lagoa do Banana.

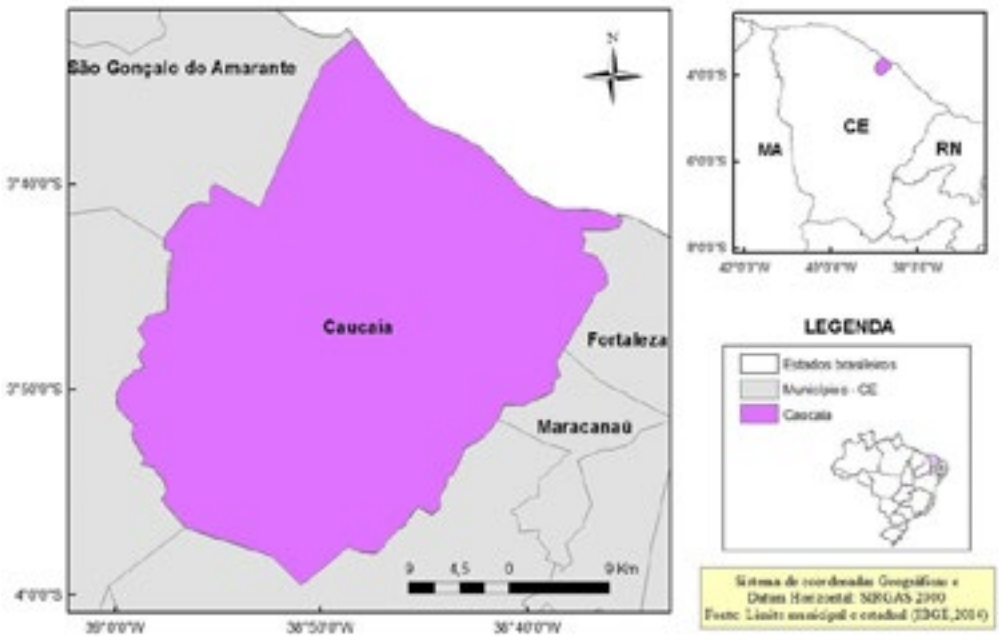


Figura 1 - Localização geográfica do município de Caucaia no estado do Ceará

2.1.2. Lagoa do Lagamar do Cauípe

A Lagoa do Lagamar de Cauípe está localizada na costa oeste do estado do Ceará, e município Caucaia, possuindo uma extensão territorial de 1.884,46 hectares, entre coordenadas geográficas de 3º34'24" e 3º30'47" de latitude Sul e entre 38º49'03" e 38º44'22" de longitude Oeste.

Integra ecossistemas de planície litorânea e dos tabuleiros pré-litorâneos. Apresenta-se com o corpo d'água alongado, disposto perpendicularmente à linha da costa, oriundo do barramento do Rio Cauípe pelo campo de dunas móveis (SEMACE, 2010).

É uma Área de Proteção Ambiental (APA) criada através do Decreto Estadual Nº 24.957/98 e gerenciada pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. Devido a isso, há uma série de atividades proibidas no local, como: implantação ou ampliação de quaisquer tipos de construção civil sem o devido licenciamento ambiental; supressão de vegetação e uso do fogo sem a autorização da SEMACE; atividades que possam poluir ou degradar os recursos hídricos abrangidos pela APA, como também o despejo de efluentes, resíduos ou detritos capazes de provocar danos ao meio ambiente; tráfego de veículos fora dos acessos e trilhas existentes; intervenção em Áreas de Preservação Permanente, como: margens do lagamar, campo de dunas e demais áreas que possuem restrições de uso, determinadas no zoneamento da APA; uso de lanchas, de *jet-ski* e quaisquer outras embarcações náuticas motorizadas, salvo para fins de interesse público; e demais atividades danosas previstas na legislação ambiental (SEMACE, 2010).

2.2. Classificação de imagens

O objetivo do processo de classificação é classificar todos os pixels de uma imagem digital entre várias classes de coberturas ou temas. Os dados classificados podem ser utilizados para produzir mapas temáticos da cobertura do solo e sumários estatísticos de uma área (OLIVEIRA, 1999). Portanto, a finalidade da classificação é descobrir agrupamentos naturais, de forma que se possa estabelecer hipóteses sobre o objeto que está sendo estudado.

A classificação de imagem realizada neste estudo foi do tipo supervisionada por máxima verossimilhança, onde a imagem adquirida do sensor MUX satélite CBERS-4 para a data de 22 de junho de 2017 foi classificada em cinco classes de uso e ocupação da área, que foram: edificações, vegetação densa, vegetação rala, dunas e solo exposto. Os *softwares* utilizados neste processo foram o ENVI versão 5.3, e o ArcMap versão 10.5.

Também foi delimitada a bacia hídrica da área de estudo. Isto foi feito através do *software* Google Earth Pro, no período de maior cheia da área. Após isso, foi importado como formato KML para o ArcMap versão 10.5 e convertido como Layer, onde através da

ferramenta de *buffer* foi possível determinar a faixa destinada à Área de Preservação Permanente na região de estudo.

3. Resultados

Os resultados obtidos foram cartografados a partir da análise das imagens orbitais e assim pode-se contatar os tipos de ocupação do solo (Figura 2), que mostra a presença de edificações, desrespeitando completamente a legislação vigente que considera a área como preservação permanente.

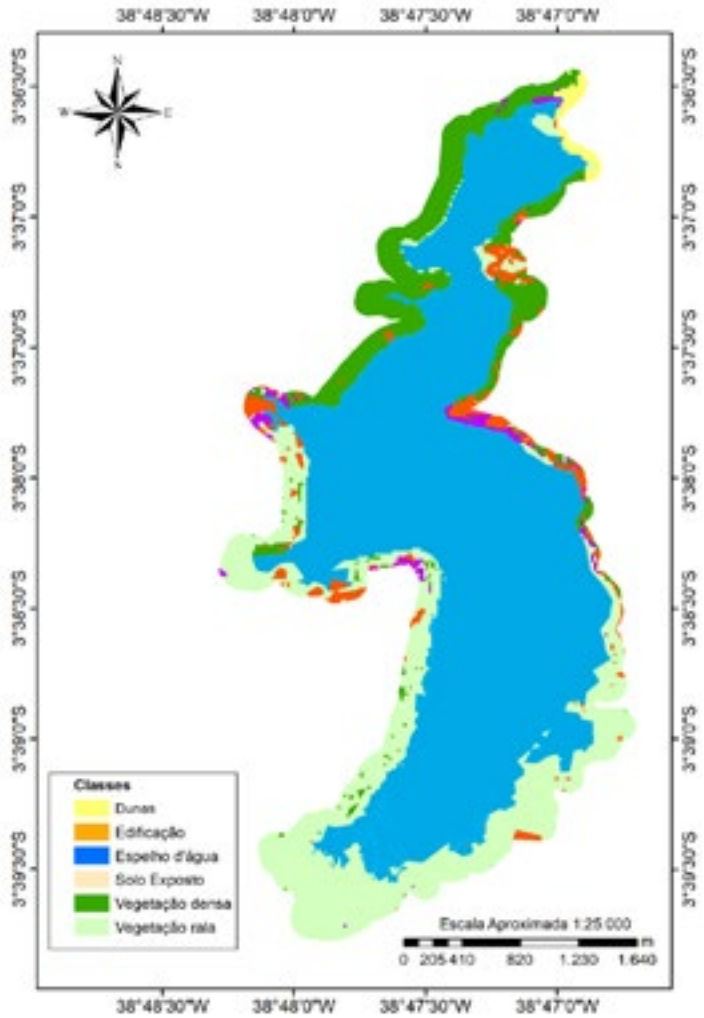


Figura 2 - Uso e ocupação da APP da Lagoa do Lagamar do Cauípe, em Caucaia, Ceará.

Constatou-se que a Área de Preservação Permanente da Lagoa do Lagamar do Cauípe possui uma área total de cerca de 3.176.989,58 km², sendo que pouco mais da metade dessa área (59%) está coberta por vegetação rala (Tabela I), que corresponde à vegetação de pequeno porte e com espaçamento maior entre elas. Logo em seguida, tem-se a vegetação densa, com 869.849,76 km² (27,38%). Esse tipo de ocupação se caracteriza por vegetação mais arbórea e com espaçamento menor entre elas.

Tabela I – Área e porcentagem das classes na área de APP do Lagamar do Cauípe.

Classes	Área (m²)	Porcentagem
Dunas	71.314,59	2,24%
Edificação	94.009,43	2,96%
Solo exposto	267.527,89	8,42%
Vegetação densa	869.849,76	27,38%
Vegetação rala	1.874.287,92	59,00%
Total	**3.176.989,58**	**100,00%**

O solo exposto fica em terceiro lugar, com 267.527,89 km² (8,42%), seguido de edificações, 94.009,43 km² ou 2,96%, que correspondem às casas e ruas asfaltadas. E por último a formação de dunas, com 71.314,59 ou 2,24%, que ficam localizadas na parte norte da Lagoa.

As classes de dunas, vegetação densa e vegetação rala são consideradas áreas não degradadas, o que correspondem a 88,62% da área ocupada na Área de Preservação Permanente. Portanto, cerca de 11,38% da área estão degradadas, com alterações na paisagem que se dá principalmente por edificações e solo exposto.

A maioria das construções existentes na APP são casas de veraneio e barracas, devido ao fato da região se tornar o destino preferido de muitos turistas, dado a sua proximidade com a capital do Estado e com a praia do Cumbuco, além de ser o destino principal para praticantes de *kitesurfe*.

O Código Florestal Brasileiro exige que lagos e lagoas com mais de 20 ha possuam pelo menos 100 metros de mata ciliar sem alteração antrópica da paisagem, portanto na faixa de APP da Lagoa do Lagamar do Cauípe a legislação não está sendo respeitada, o que poderia

ameaçar o equilíbrio da fauna e flora regionais, além de comprometer a qualidade da água da Lagoa.

4. Conclusão

O uso de geotecnologias permitiu o mapeamento da APP da Lagoa do Lagamar do Cauípe e a quantificação do uso e ocupação dessa área. Como resultados da análise do uso e ocupação do solo da APP constatou-se os conflitos de uso e ocupação do solo e a necessidade de proteção dessas áreas, pois apesar da legislação vigente, a mesma encontra-se com a paisagem alterada, com edificações e solo exposto.

O descumprimento da legislação ambiental está comprometendo a qualidade e quantidade da água de toda a bacia hídrica da Lagoa, além de todo o ecossistema ali presente. A partir disso, pode-se constatar a necessidade da elaboração de um plano de monitoramento para a região por parte dos órgãos competentes.

5. Referências Bibliográficas

BRASIL. LEI Nº 4771/1965. **Código Florestal Brasileiro** [on-line] http://www.planalto.gov.br/ccivil03/leis/L4771.htm.

CAGECE. Companhia de Água e Esgoto do Ceará. **Dados operacionais indicadores de desempenho. Fortaleza - CE**. (2003).

CAMPOS, S.; PISSARRA, T. C. T.; MOREIRA, K. F.; MILLANI, T. M.; SILVEIRA, G. R. P. SIG aplicado na identificação e localização potencial de áreas de preservação permanente numa microbacia. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 7, n. 2, p. 195-202, 2011.

CEARÁ. DECRETO Nº 24.957, DE 05 DE JUNHO DE 1998. **Sob a denominação de APA DO LAGAMAR DO CAUÍPE e de APA DO PECEM**, Fortaleza, CE, jun. 1998. Disponível em < http://antigo.semace.ce.gov.br/biblioteca/legislacao/conteudo_legislacao.asp?cd=64>. Acesso em: 07 fev. 2018.

CEARÁ. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE. **Perfil básico municipal 2015 Caucaia**. Disponível em <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2015/Caucaia.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2018.

CEARÁ. Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. **Área de Proteção Ambiental Lagamar do Cauípe**. (2010). Disponível em <https://www.semace.ce.gov.br/2010/12/08/area-de-protecao-ambiental-do-lagamar-do-cauipe/>. Acesso em: 06 fev. 2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível na internet: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/caucaia/panorama>. Acesso em 12 set. 2018.

MEDEIROS, C. N. *et al*. **Caracterização socioambiental do município de Caucaia (CE) utilizando sistema de informação geográfica (SIG): subsídios para o ordenamento territorial**. [*S. l.*], 2012. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 16, n. 2 p. 162 - 182, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/viewFile/7342/4381>. Acesso em: 09 dez. 2018.

MESQUITA, E. A.; CRUZ, M. L. B.; PINHEIRO, L. R. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento das formas de uso da terra na área de preservação permanente (APP) da lagoa do

Uruaú – Beberibe/CE. **REVISTA GEONORTE**, edição especial, v. 2, n. 4, p. 1509 – 1518, 2012.

NASCIMENTO, A. P. **Análise dos Impactos das Atividades Antrópicas em Lagoas Costeiras - Estudo de Caso da Lagoa Grande em Paracuru – Ceará**. 2010. 110 f. Disponível em <http://www.repositoriobib.ufc.br/000019/000019b9.pdf>. Acesso em: 20 out. 2018.

OLIVEIRA, H. N. B. **Segmentação e classificação de imagens Landsat TM**. 1999. 97f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO DISTRITO ADMINISTRATIVO DO BENGUI EM BELÉM/PA

João Vitor Gomes dos Santos [(a)], José Lucas Oliveira Andrade[(b)]

[(a)] Instituto de Geociências/Faculdade de Geologia, Universidade Federal do Pará, Email: jvitorgsantos@gmail.com

[(b)] Instituto de Filosofia e Ciências Humanas/Faculdade de Geografia e Cartografia, Universidade Federal do Pará, Email: lucas.depth2@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O Distrito Administrativo do Benguí (DABEN) é um dos oito distritos do município de Belém (PA). Possuindo nove bairros e tendo uma área de aproximadamente 32,89 km² (3.288,70 hectares), nas últimas três décadas tem sido a principal área de expansão urbana da capital paraense. Todo esse crescimento resultou num mosaico de formas urbanas e traçados de ruas, onde condomínios de luxo (horizontais e verticais) e conjuntos residenciais planejados de classe média contrastam com áreas de ocupação desordenada onde vivem famílias de baixa renda. As áreas verdes foram continuamente reduzidas na região, fazendo com que restassem apenas pequenas manchas de floresta nativa dentro do tecido urbano. O trabalho cartográfico realizado no DABEN por meio de sensoriamento remoto e geoprocessamento em ambiente de SIG, conseguiu identificar os tipos de uso e ocupação do solo, classificando-os em dez classes diferentes, bem como mensurar as suas respectivas áreas.

Palavras chave: urbanização, planejamento, sensoriamento remoto, SIG.

1. Introdução

A ocupação do solo das grandes cidades brasileiras tem características e dinâmicas similares. Grande parte destas sofre com a expansão urbana moderna do século XXI, ocasionadas pelas alterações da dinâmica do capital e a mudança do valor especulado da terra, fazendo com que as pessoas de poder aquisitivo menor sejam deslocadas para situações de risco e padrões de vida baixíssimos.

O Distrito Administrativo do Benguí (DABEN) sofre com este processo e é um grande exemplo da situação apresentada. Possui nove bairros e é conhecido popularmente como a "Nova Belém", termo adotado no final dos anos 2000 pelas empresas do ramo imobiliário que apostaram no eixo da Rodovia Augusto Montenegro para situar seus novos empreendimentos, caracterizando o fenômeno de alteração das dinâmicas especulativas do capital. Desde os anos 1980, este distrito experimentou um rápido crescimento populacional, devido à ausência de áreas para expansão urbana dentro da chamada "primeira légua patrimonial de Belém", limitada pelas matas protegidas do Utinga, a oeste, e pelo rio Guamá e baía do Guajará a sul e a leste, respectivamente (PMBEL, 2011).

Os espaços disponíveis nesta região da cidade de Belém foram aos poucos sendo ocupados irregularmente por populações de baixa renda principalmente, que encontraram na periferia terrenos e casas a preços mais acessíveis que próximo ao centro da cidade. Vale destacar também a presença dos conjuntos residenciais feitos durante os anos 70 e 80, como os Conjuntos Satélite, Tapajós e Jardim Maguari. Este último, por exemplo, foi projetado para 2500 unidades habitacionais distribuídas em 33 alamedas, tendo como principal objetivo atender a classe média baixa, principalmente os funcionários públicos e profissionais liberais (OLIVEIRA, 2010).

O termo "Ocupação" é utilizado em contraste com o termo "Invasão" ou "Favelas" tidos como ofensivo pelos movimentos sociais ligados à causa da moradia digna.

Este trabalho tem como objetivo classificar os tipos de usos e ocupação do solo no Distrito Administrativo do Benguí (DABEN) até o ano de 2018, afim de possibilitar conclusões acerca do processo de ocupação desordenado e ordenada nesse distrito, por meio da análise de imagens de satélite da área com foco nas formas de uso residencial, devido a diversidade de formas de quadras, arranjadas em padrões geométricos e não geométricos, nas áreas de ocupação. Este trabalho visa também servir de utilidade para pesquisas futuros na área, pois catalogando e sistematizando suas legendas, é possível a utilização pelo poder público para planejamentos urbanísticos na Rodovia Augusto Montenegro, área nova de desenvolvimento de Belém.

2. Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho, primeiramente foram definidos os tipos de usos do solo que seriam vetorizados dentro do ambiente de SIG (Sistema de Informação Geográfica). Posteriormente, veio a fase de vetorização sobre as imagens de satélite dos servidores do site *Bing* obtidas por meio da extensão *Open Layers* dentro do ambiente do software Qgis. Os arquivos vetoriais .shp gerados foram covertidos em .kml para que fosse feita a comparação com imagens satélite mais recentes disponíveis no *software Google Earth Pro* e assim modificados para que estivessem de acordo com as feições observadas no ano de 2018. Por fim, os arquivos foram reconvertidos em .shp para a confecção do mapa final.

A classificação foi elaborada em oito tipos de uso da área:

1. Floresta: vegetação nativa ou floresta plantada, com relevância para o mapeamento (pelo menos 100m x 100m).
2. Diversos: todos os usos não residenciais, como indústrias, edifícios do estado, hipermercados, *shopping centers* ou demais usos comerciais.
3. Terrenos baldios: áreas sem uso ou que estejam sem vegetação de grande porte, possivelmente utilizados para especulação imobiliária.
4. Usos Residenciais:

4.1 – Não planejado e sem pavimentação: originadas a partir de ocupações irregulares de áreas, com pouca infraestrutura, ruas de terra ou palafitas, onde residem populações de baixa renda.

4.2 – Não planejado e com pavimentação: áreas de ocupação irregular, com vias asfaltadas e população predominantemente de classe C e D.

4.3 – Planejado e sem pavimentação: conjuntos de residências populares ou loteamentos com vias ainda não pavimentadas.

4.4 – Planejado e com pavimentação: conjuntos residenciais com vias largas, lotes grandes e praças.

4.5 – Condomínio Vertical de Luxo: edifícios únicos ou em conjunto, com áreas de lazer visíveis (como piscinas e quadras de esporte).

4.6 – Condomínio Vertical Padrão: condomínios de edifícios sem área de lazer com ou sem área para estacionamento.

4.7 – Condomínio Horizontal de Luxo: se destacam pelo contraste visual em relação ao uso do solo aos seus arredores, com grandes residências, áreas de lazer e lotes bem parcelados, sendo observável apenas de cima, por meio de aviões, drones ou imagens de sensores orbitais (satélites).

Após a vetorização, foi feito o mapa principal (Figura 1) do trabalho, contento as informações sobre uso e ocupação do DABEN. Os dados de área foram obtidos ainda no ambiente do QGIS e colocados na tabela 01, com os percentuais de cada área em relação à área total.

3. Resultados e Discussões

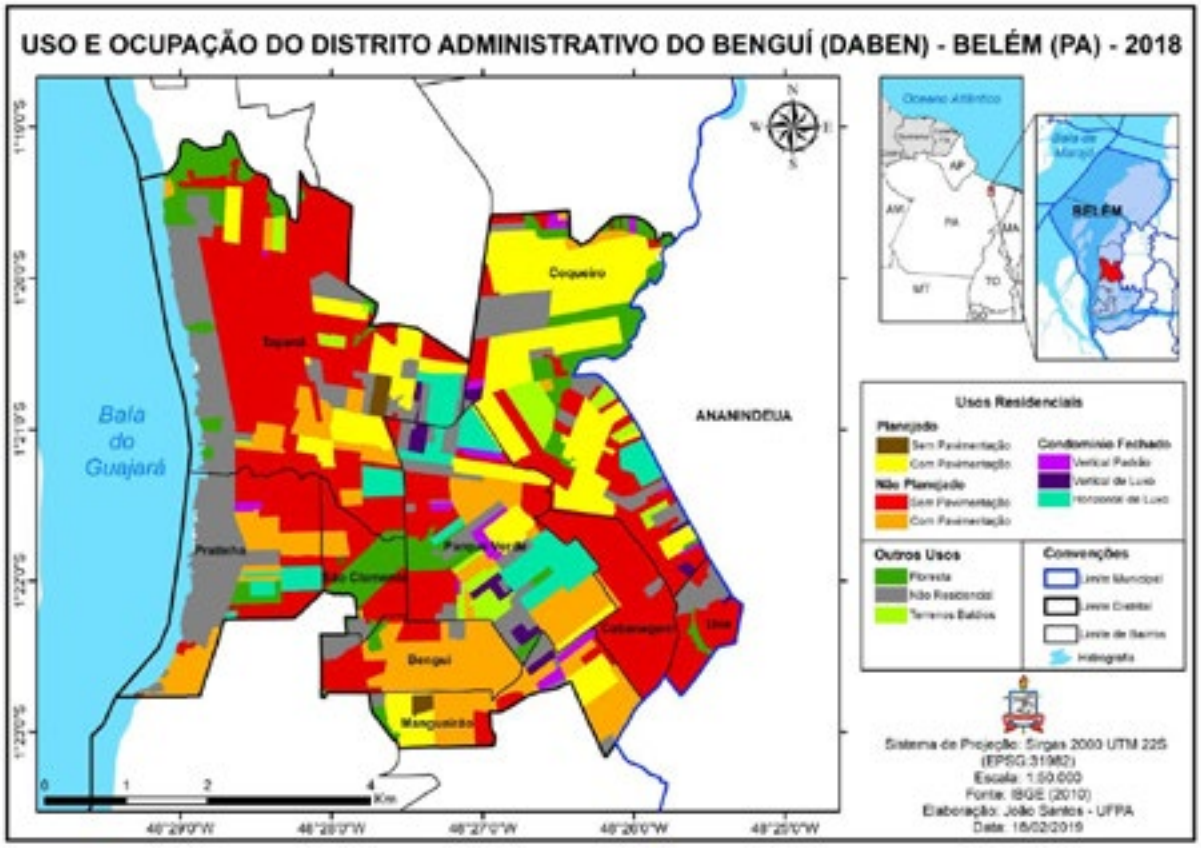


Figura 1 – Mapa de Uso do Distrito do Bengui (Elaboração João Vitor)

TIPO DE USO	ÁREA (Km²)	% da área
Floresta	2,68	8,02
Não Residencial	5,23	15,65
Terrenos Baldios	0,83	2,48
R - Não planejado e Sem Pavimentação	11,7	35,02
R - Não planejado e Com Pavimentação	4,76	14,25
R - Planejado e Sem Pavimentação	0,19	0,57
R - Planejado e Com Pavimentação	5,45	16,31
R - Condo. Vertical de Luxo	0,34	1,02
R - Condo. Vertical Padrão	0,42	1,23
R - Condo. Horizontal de Luxo	1,81	5,42

Total	33,41	100

Tabela I – Tipos de uso, área em km² e percentuais das feições levantadas no trabalho.

Nota-se que o uso com maior percentual de ocupação da área estudada é "Residencial - não planejado e sem vias pavimentadas", correspondendo a mais de 35% do total. Os condomínios, apesar dos diversos construídos nos últimos quinze anos, ainda representam pouco relativo a área total do distrito, sendo apenas 7,67%. Os conjuntos residenciais construídos na década de 70 e 80 para abrigar funcionários públicos na época, correspondem a 16,31%. As áreas residenciais ao todo correspondem a 24,67km² ou 73,82% da área total. Das florestas, restam cerca de 8% da área do distrito, sendo em sua maior parte matas pertencentes às forças armadas e áreas de igapó. A área final mensurada ficou menor que a área oficial do distrito (32,89 km²), pois o polígono oficial do DABEN cobre parte da baía do Guajará, que banha a cidade de Belém, resultando nesta diferença de 0,52 km².

4. Considerações Finais

A "Nova Belém" é um mosaico de diversas formas urbanas, onde o contrastam ocupações irregulares (as "invasões") ao lado de condomínios de luxo e *shopping centers*. As áreas verdes estão sendo gradativamente perdidas, substituídas pelo tecido urbano. Nos últimos quinze anos o crescimento tem sido majoritariamente organizado, com a construção de dezenas de condomínios voltados as classes medias e alta, contudo, a população de baixa renda continua marginalizada, sem um programa de moradia abrangente e que dê infraestrutura adequada a todos. O trabalho realizado pela PMBEL e Governo do Estado ainda é pontual, pois não há uma homogeneidade na infraestrutura das áreas originadas por ocupação, onde a presença de ruas sem pavimentação asfáltica é majoritária.

5. Referências Bibliográficas

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO MUNICÍPIO DE BELÉM, v. 16, 2011 – Belém: Secretaria Municipal de Coordenação Geral do Planejamento e Gestão, 2012.

OLIVEIRA, Ribamar. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICO-GEOGRÁFICO DO CONJUNTO MAGUARI. Belém-PA, 21 set. 2010. Disponível em: https://ribaprasempre.blogspot.com/2010/09/contextualizacao-historico-geografico.html. Acesso em: 4 fev. 2019.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS OBTIDAS POR VANT NA CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA PARA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA-BA

Nerivaldo Afonso dos Santos [(a)], Philipe Damasceno Pedreira [(b)], Fernando Rafael Meta Paulo[(C)], Ferdnando Mariano Brito Silva[(d)], Naíara Mota dos Santos[(e)]

[(a)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email: nerivaldo.geo@gmail.com
[(b)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email: philipe.geo@gmail.com
[(c)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email: nandomodesta@gmail.com
[(d)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email: ferdnando.mbs@gmail.com
[(e)] Departamento de Ciências Exatas/ Mestrando em Ciências Ambientais, Universidade Estadual de Feira de Santana-BA, Email:mota.naiara29@gmail.com

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

RESUMO

A utilização de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) tornou-se comum no âmbito das ciências, sobretudo, as que utilizam de imagens aéreas para realização de pesquisas científicas. Os VANTs representam ferramental de aquisição rápida de dados locais, e vem sendo utilizado nos estudos de gestão territorial, análise ambiental, agricultura e mapeamento 3D (LONGHITANO, 2010). Com o presente estudo objetivou-se utilizar as imagens provenientes do drone (*DJI Phanton 4 Pro*) para a construção de um produto cartográfico com informações referentes aos aspectos vegetacionais, de usos e ocupação, das vias de acesso e da localização de infraestrutura presente na Universidade Estadual de Feira de Santana-BA (UEFS), com o intuito de apresentar informações georreferenciadas para o melhor conhecimento da área. Também executou-se um modelo animado tridimensional preliminar, com o subsídio da imagem de alta resolução advindo do satélite RapidEye, e que poderá servir para futuros planejamentos e tomadas de decisões pelos setores administrativos.

Palavras chave: Geotecnologias**,** Sensoriamento remoto, VANT, geoprocessamento

1. Introdução

No âmbito da aquisição de imagens áreas, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) representam aeronaves que possuem a capacidade de voar sem tripulação e podem ser pilotadas remotamente, destacam-se como uma evolução tecnológica significante para serem utilizados nos mais variados campos das ciências, pela possibilidade da aquisição de imagens áreas de altíssimas resoluções com baixos custos quando comparados às imagens provenientes de satélites com resoluções espaciais similares.

Longhitano (2010) salienta que nos campos científicos que utilizam do Sensoriamento Remoto têm-se a possibilidade na utilização dos VANTs para a redução dos custos de obtenção de dados e maior flexibilidade de resolução temporal na aquisição de imagens de alta resolução. Aplica-se essa tecnologia em estudos para gestão territorial, análise ambiental, agricultura de precisão, zoneamentos, monitoramento de desastres, mapeamentos 3D, medições de temperatura, qualidade do ar, dentre outras (LONGHITANO, 2010).

No Brasil observa-se uma tendência forte na utilização de pesquisas e investimentos de drones nos setores da agricultura e das indústrias (ANDRADE, 2016), porém estudos atuais demonstram a potencialidade dos drones na área de aerofotogrametria e nos mapeamentos temáticos (LONGHITANO, 2010), este último, alvo de interesse nesta pesquisa.

Neste sentido, o presente artigo tem como objetivo utilizar dados de alta resolução obtidas por meio de um VANT e imagens do satélite RapidEye aplicadas as técnicas de Processamento Digital de Imagens (PDI) e Geoprocessamento na construção de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para a Universidade Estadual de Feira de Santana-BA.

O Sistema de Informações Geográficas constitui num ferramental de análises e mapeamento de atributos espaciais que permitem a manipulação de um banco de dados com a visualização oferecida por mapas, responsáveis por visualizar relações socioespaciais (CÂMARA, DAVIS, 2001; FLORENZANO, 2005).

Sendo assim, o estudo proposto pretendeu abarcar informações relacionadas a localização das infraestruturas como laboratórios, bancos, salas, piscina, quadras, refeitório,

reitoria, biblioteca entre outros, bem como destacar os aspectos da vegetação e dos usos locais da universidade. Também construiu-se um modelo animado em três dimensões (3D), que poderá subsidiar em futuras tomadas de decisões em instalação de novas infraestruturas e a pleito também de localização no *campus* universitário.

1.1 Área de estudo

A área de estudo, compreende a Universidade Estadual de Feira de Santana que está inserida no contexto do ambiente Semiárido e sua história inicia-se quando o município de Feira de Santana-BA foi contemplado com o Plano Integral de Educação e recebeu a Faculdade de Educação no ano de 1968, mais tarde em 1970, criou-se a Fundação Universidade de Feira de Santana (FUFS) através da Lei Estadual nº 2.784, de janeiro de 1970 e somente em 1980 extingue-se a nomenclatura FUFS e sucedesse para o atual nome, Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS, 2018).

O *campus* da Universidade Estadual de Feira de Santana (Figura 1) localiza-se nas seguintes coordenadas geográficas: 8650650 a 8652000 latitude sul e 502500 a 503800 longitude oeste, possui uma área aproximada de 1,1 km² e está situada no KM 3 da rodovia BR 116-norte, no bairro Novo Horizonte, município de Feira de Santana do estado da Bahia.

Figura 1: Localização da área de estudo

2. Materiais e Métodos

Inicialmente realizou-se um levantamento bibliográfico para a execução deste trabalho, buscando referências temáticas acerca do sensoriamento remoto e da aplicação dos VANTs, além das bases teóricas sobre as geotecnologias e o Sistema de Informações Geográficas (SIG), estas foram levantadas em estudos científicos de diferentes fontes, como livros, revistas, artigos, monografias, dissertações e teses.

Numa etapa posterior foi construído a informação cartográfica referente ao limite da Universidade Estadual de Feira de Santana com a imagem do satélite RapidEye e realizou-se o processamento das imagens do VANT de acordo com esse limite. Estas imagens foram provenientes do drone *DJI Phantom 4 Pro* que possui câmera com sensor de 20 megapixels e tempo de sobrevoo de aproximadamente 30 minutos.

O processamento das imagens do drone ocorreram num *software* comercial que traduz o processamento em quatro etapas principais, inicia-se com o alinhamento das fotos, geração de nuvem de pontos de coordenadas, criação de um modelo tridimensional e por fim o ortomosaico georreferenciado.

Após o processamento e a aquisição do ortomosaico, inseriu-se este produto no *software* (ArcGIS 10.6) e iniciou a etapa de vetorização dos equipamentos de infraestrutura, perfazendo um mapa dos usos, ocupação e da própria distribuição destes equipamentos na instituição.

Num segundo momento, utilizou-se a imagem do satélite RapidEye para a confecção do modelo 3D da universidade em estudo. Esta imagem foi escolhida devido a disponibilidade nas pesquisas acadêmicas já executadas no âmbito dessa instituição e também pelas suas características (Quadro I) relacionadas a resolução espacial, radiométrica e espectral que permitiram realizar as devidas interpretações para este estudo.

Quadro I: Características do satélite RapidEye

SATÉLITE RAPIDEYE	
Lançamento dos satélites	Ano de 2008
Resolução espacial	Média de 6,5 metros e reamostrado 5 metros
Resolução radiométrica	12 bits
Resolução temporal	5,5 dias
Resolução espectral	banda 1 (azul): 440 – 510 nm/ banda 2 (verde): 520 – 590 nm/ banda 3 (vermelho): 630 – 685 nm/ banda 4 (red-edge): 690 – 730 nm/ banda 5 (infravermelho próximo): 760 – 850 nm
Largura da faixa de imagem	77 km

Para a etapa de confecção do modelo 3D da universidade, iniciou-se uma vetorização em programa GIS (Pacote ArcScene 10.6) dos equipamentos de infraestrutura no *campus* da universidade, e por ser o objeto de interesse no estudo, tivemos o propósito de demonstrar a distribuição espacial dos equipamentos de infraestrutura, que posteriormente poderá servir a título de orientação e de planejamento do local.

Os arquivos em formato vetorial e com representação tridimensional do terreno, foram produzidos em ambiente computacional com rotinas de elaboração que permitem a edição da base, bem como realizar simulações de distribuição dos equipamentos no *campus* universitário.

Nesse sentido, os produtos da representação tridimensional e o mapa de distribuição dos equipamentos gerados representam um sistema de informações espaciais que permitem a manipulação, coleta, armazenamento de dados georreferenciados e possíveis análises com a sobreposição de variados dados como: topografia, hidrologia, informações de pedologia entre outros.

O traçado final do estudo foi a execução do trabalho de campo, empreendido com a utilização de fichas de campo destinadas a coleta das coordenadas geográficas, e para isso utilizou-se de tecnologia do GPS. Esta etapa buscou-se informações referentes aos nomes de determinadas infra estruturas, principalmente de prédios.

3. Resultados e discussão

O surgimento dos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) representaram uma evolução técnica no sistema de imageamento terrestre, pela qualidade dos dados que são gerados, pela velocidade de aquisição de imagens, e que muitas vezes dependem do esforço realizado por quem manipula e planeja os voos do VANT, e também pela diversidade de aplicações nas ciências (LONGHITANO, 2010; FERREIRA, 2014).

Dentre as aplicações do VANT, destacam-se o mapeamento tridimensional e a construção de mapas temáticos. Assim sendo, como objeto de estudo, utilizamos o VANT para o mapeamento dos equipamentos de infraestrutura da universidade, o qual representou uma redução de custos, por se tratar de tecnologia que permite a elaboração de modelos para o planejamento por meio da localização da atual infraestrutura e simulação de futuras construções, visando a melhor ocupação dos espaços que possibilitem melhor acessibilidade e inclusão dentro do ambiente acadêmico.

O mapa de distribuição de equipamentos (Figura 2) integrado ao modelo tridimensional (Figura 3) poderá ser utilizado na divulgação de eventos científicos que venham a ocorrer no âmbito da instituição, a título de servir para orientação dos participantes de outras instituições no recinto do *campus* universitário.

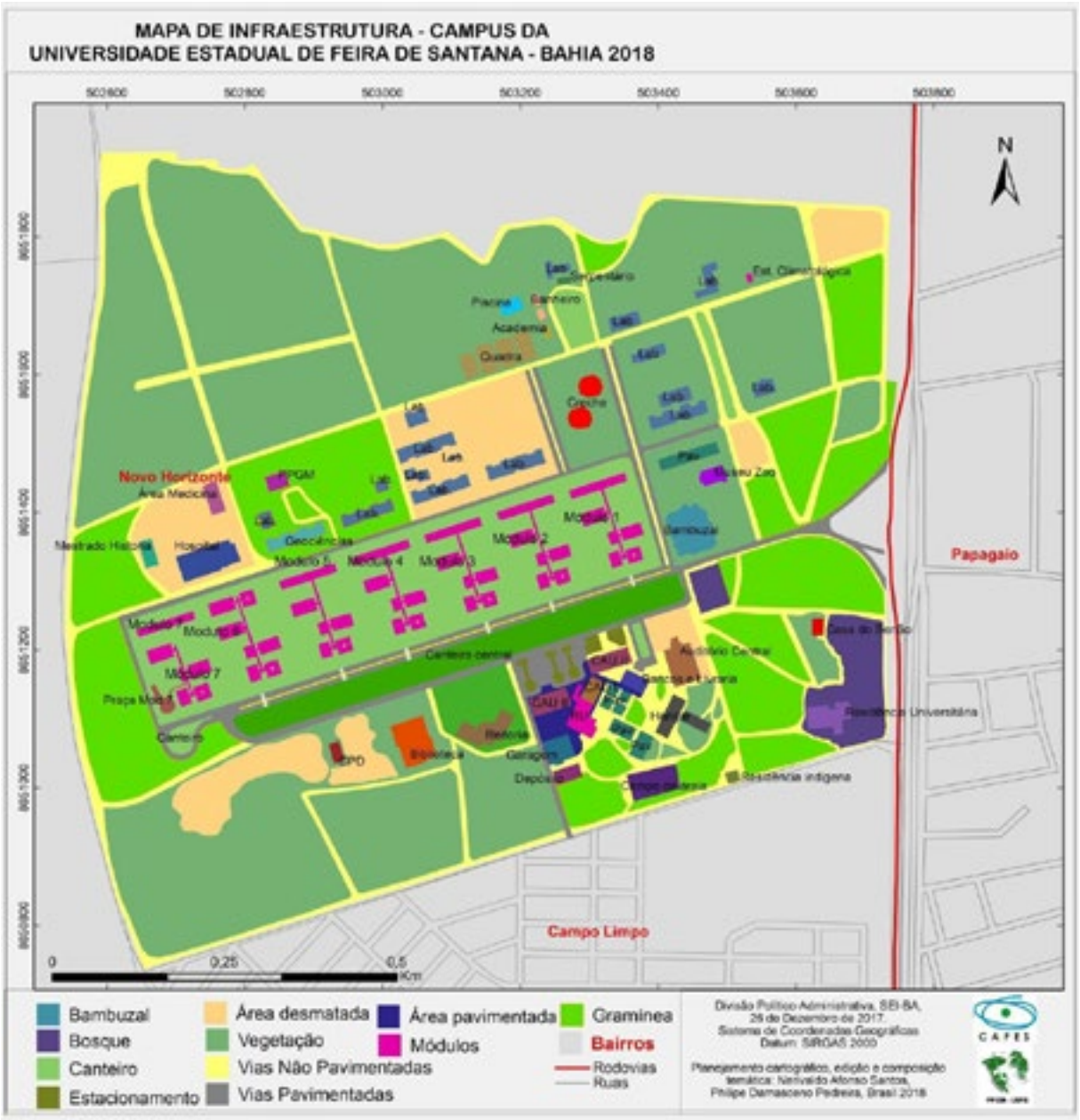


Figura 2: Mapa de uso, ocupação e distribuição dos equipamentos de infraestrutura

Ocorre a concentração de equipamentos no setor sul da universidade, os principais equipamentos como livraria, bancos, auditório central e restaurante universitário localizam-se próximos ao prédio da reitoria e são acessados pelas vias principais pavimentadas.

As vias não pavimentadas circundam todo o *campus* e demonstram a ampliação de construções em áreas de vegetação, parte dessas áreas já convertidas em área desmatada ou áreas de Gramíneas. Deste modo, o mapeamento realizado representa um subsídio ao planejamento estratégico de ocupação, de modo a ser utilizado num possível zoneamento do *campus*, onde a definição de zonas específicas de uso podem orientar futuras construções para um melhor aproveitamento dos espaços ainda não utilizados.

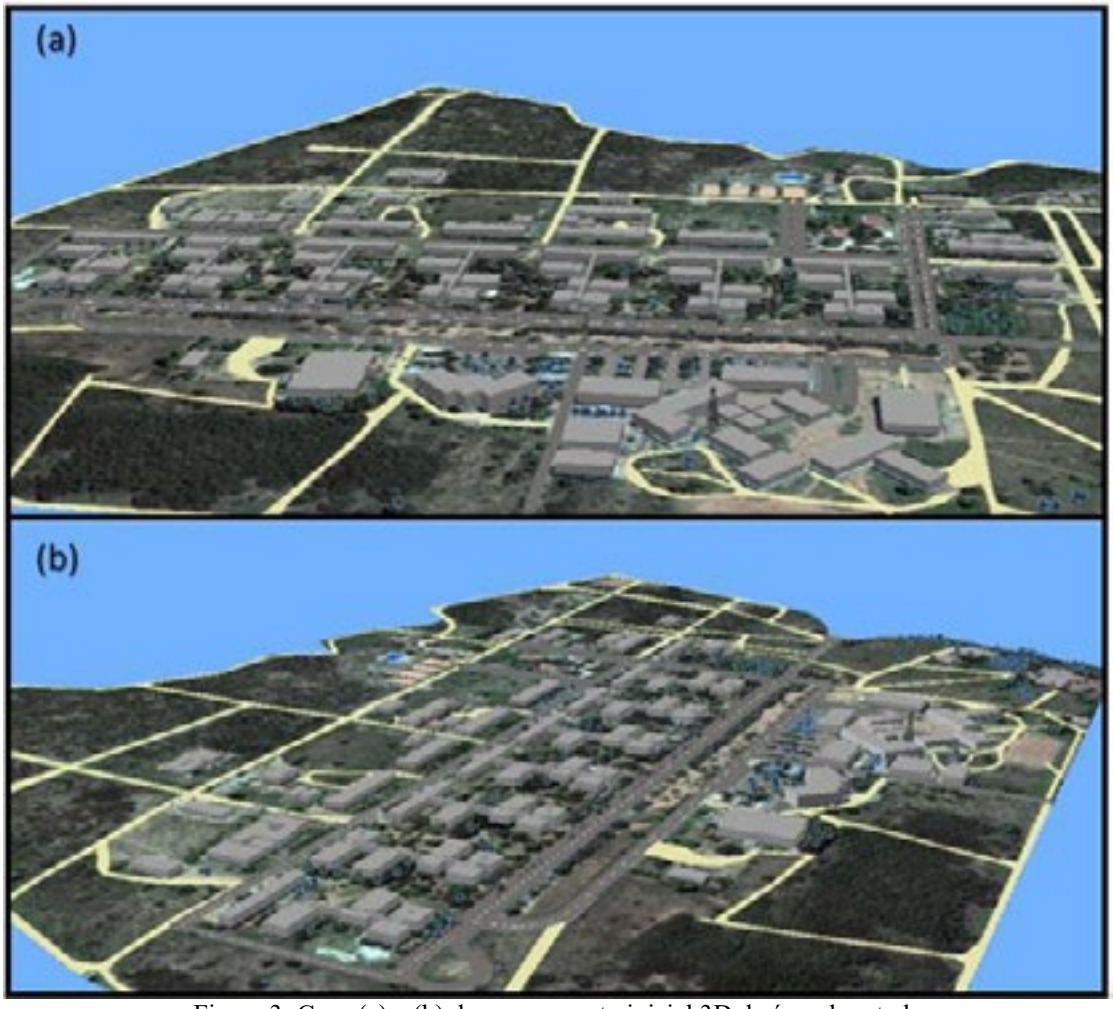


Figura 3: Cena (a) e (b) do mapeamento inicial 3D da área de estudo

O mapeamento do *campus* permite uma análise espacial das principais construções em andamento bem como aquelas já concluídas, pode-se perceber que as vias de acesso aos espaços coletivos e de cultura como a Residência Universitária e o Museu Casa do Sertão, não dispõem de infraestrutura de locomoção, nesse sentido o deslocamento de transeuntes em períodos chuvosos são limitados ou impossibilitados.

4. Considerações finais

Os procedimentos metodológicos aqui adotados foram satisfatórios para alcançar os objetivos propostos no estudo. As técnicas advindas do geoprocessamento e dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) foram essenciais neste trabalho, pois disponibilizaram de ferramentas que permitiram à coleta e o tratamento das informações espaciais.

As imagens do drone foram relevantes para a construção do mapa de infraestrutura, pois representaram informações atuais e com resolução espacial satisfatória da instituição. Porém, numa área que é relativamente pequena (1,1 km²) que configura-se a universidade, foram adquiridas mais de mil e quinhentas imagens para recobrir a área, o que representou uma demora no processamento até a etapa de criação do ortomosaico.

Outra etapa do mapeamento essencial para inteirar os objetivos traçados, foi o trabalho de campo que permitiu coletar as nomenclaturas de algumas infra estruturas e dados de reconhecimento na universidade, fundamental na definição das classes do mapa.

Recomenda-se que em estudos posteriores possam ocorrer a integração entre os dois produtos gerados neste trabalho num ambiente SIG com dados de uso por cursos e quantidades de discentes que utilizam cada infra estrutura, para uma representação sistemática tentando melhor gerir a distribuição de discentes nos sete módulos e pavilhões de aulas.

5. Referências bibliográficas

ANDRADE, R. O. **Drones sobre o campo** - Avanços tecnológicos ampliam as possibilidades do uso de aeronaves não tripuladas na agricultura, 2016.

CÂMARA, G.; DAVIS Jr., C. A. **Arquitetura de Sistema de Informação Geográfica**. In: CÂMARA, G.; DAVIS Jr., C. A.; MONTEIRO, A. M. V. (Orgs). Introdução à ciência da geoinformação. INPE: São José dos Campos, 2001.

FERREIRA, A. M. R. **Avaliação de câmara de pequeno formato transportada por veículo aéreo não tripulado – VANT, para uso em aerolevantamento**s. Dissertação (Mestrado). UnB, 2014.

FLORENZANO, T. Geotechnologies in applied geography: diffusion and accessibility. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 17, p. 24-29, 2005.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto**: Aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas. 2010. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

UEFS. História da instituição UEFS. Disponível em: <http://www.uefs.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=12> Acesso em: 10 de Ago. 2018.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Uso de dados de disdrômetro para avaliar a relação entre a energia cinética e a intensidade da chuva no verão e inverno

Rafael Adriano de Castro [(a)], Edivaldo Lopes Thomaz [(b)]

[(a)] Doutorando em Geografia, Universidade Estadual do Centro Oeste, rafael_acastro@hotmail.com

[(b)] Professor Associado Departamento de Geografia, Universidade Estadual do Centro Oeste, edilopes.thomaz@gmail.com

Eixo:

Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

A energia cinética da chuva (KE) é um indicador amplamente utilizado da capacidade potencial da chuva para separar o solo. No entanto, a energia cinética da chuva não é um parâmetro meteorológico comumente medido. Portanto, leis empíricas ligando a energia cinética da chuva com a intensidade da chuva mais facilmente disponível (I) foram propostas com base em medidas do tamanho da gota e velocidade da gota. O As características das chuvas em condições naturais foram monitoradas no município de Guarapuava (25°22'56.34"S, 51°29'41.82"O), utilizando um monitor de precipitação disdrômetro laser Thies Clima. Foram registadas observações de precipitação de um minuto, e os episódios de precipitação foram identificados de acordo com os seguintes critérios, episódio de chuva contínua por menos 10 min e a para as analise foram escolhidas 3 intensidades de 10, 30 e 68 mm e essa intensidade ocorridas no inverno e no verão.

Palavras chave: Disdrômetro, Energia cinética, Intensidade, Distribuição de tamanho de gota.

1. Introdução

A erosão do solo é um processo mecânico de degradação do solo causado por forças erosivas naturais e antropogênicas. Pode afetar criticamente as funções ecológicas mais importantes do solo como

produção de alimentos para seres humanos e animais, capacidade de filtrar, tamponar e transformar materiais que circulam na biosfera, e habitat biológico para os organismos vivos.

A característica da chuva representa a entrada de matéria e energia que se propaga na paisagem. Parte dessa energia é dissipada na forma de desprendimento (respingo e fluxo) e transporte (Morgan, 2005). Portanto, a compreensão do processo erosivo depende da quantificação precisa das quantidades de energia que atingem a superfície do solo, suas consequências na rede de drenagem e a conexão entre ambos os processos (Zhou et al., 2002).

Neste contexto, a energia cinética de um dado evento de precipitação representa a energia total que está disponível para separar as partículas do solo através de respingos de chuva. O entendimento das características da precipitação, como a distribuição do tamanho da gota a intensidade e a energia cinética, é importante para a predição da erosão do solo.

Embora seja amplamente reconhecido que o conhecimento da energia cinética da chuva é de grande importância para os estudos de erosão, sua determinação por medição direta não é tão comum quanto a medida da intensidade da chuva. Isso ocorre porque a medição direta da energia cinética da chuva requer instrumentos sofisticados e dispendiosos.

Uma abordagem alternativa é estimar a energia cinética da intensidade da chuva, uma característica que pode ser facilmente medida e está comumente disponível na maioria dos países. Essa abordagem requer a disponibilidade de uma relação entre a energia cinética e a intensidade da chuva aplicável à área de interesse. Já existem relações cinéticas de intensidade de energia cinética-chuva em vários países, mas estas podem não ser aplicáveis em outros países porque locais diferentes têm diferentes origens e tipos de precipitação.

O presente trabalho teve como objetivo estabelecer uma relação entre a energia cinética (KE) e intensidade (I), medidas no período do inverno e no verão. A relação KE entre I foi estabelecida com base nas medições distribuição de tamanho e velocidade de gotas de chuva realizadas com o equipamento disdrômetro instalado no município de Guarapuava. Medimos o tamanho e a velocidade terminal das gotas de chuva usando um disdrômetro óptico a laser de janeiro de 2016 a dezembro de 2018.

2. Materiais e Métodos

As características das chuvas em condições naturais foram monitoradas no município de Guarapuava (25°22'56.34"S, 51°29'41.82"O), utilizando um monitor de precipitação disdrômetro laser Thies Clima. Foram registadas observações de precipitação de um minuto, e os episódios de precipitação foram identificados de acordo com os seguintes critérios, episódio de chuva contínua por menos 10 min e a para as analise foram escolhidas 3 intensidades de 10, 30 e 68 mm e essa intensidade ocorridas no inverno e no verão.

Figura 1 – Localização da área de estudo

Thies é um disdrômetro laser-óptico, que pode simultaneamente contar e medir o tamanho e a velocidade de queda dos hidrometeoros (Bloemink e Lanzinger 2005). Thies instrumentos foram avaliados em detalhe por Sarkar et al. (2015) e têm utilizado em muitos outros estudos (por exemplo, Jameson et al.2015). O elemento central do instrumento é um sensor óptico que gera uma luz horizontal paralela viga de 0,75 mm de espessura com uma área de 45,6 cm2 (228 mm de comprimento, 20 mm de largura). Quando as partículas de precipitação caem através deste feixe, o receptor sinal é reduzido.

A amplitude da redução é relacionada ao tamanho das partículas e à duração da redução está relacionada à velocidade de queda. Tamanhos de Partículas são subdivididos em 22 classes, e a medida a faixa é de 0,2 a 8 mm de diâmetro. A largura da classe de tamanho é variou de 0,125 a 0,5 mm. As velocidades de queda são subdivididas em 20 classes, e a faixa de medição é de 0,2– 10 m s21. A largura da classe de velocidade também é variada de 0,2 para 1,0 m s21.

2.1. Expressões de energia cinética

A energia cinética de precipitação pode ser obtida a partir de medições diretas, por cálculo a partir da distribuição do tamanho das gotas e velocidade terminal de gotas de chuva usando um disdrômetro. A energia cinética é expressa em duas formas nas análises de dados de precipitação: energia cinética por unidade de área por unidade de tempo (KE_t Jm^2h^1).

Porque o tamanho da gota está fortemente relacionado com a velocidade terminal e energia cinética, KE de uma determinada gota é derivada do produto de sua massa e o quadrado da sua velocidade terminal.

O instrumento usado neste estudo soma o número de gotas em cada classe de tamanho de gota juntamente com sua velocidade de queda e produz a saída para cada período de tempo de 1 min. Agregamos essas medições de 1 min em energia de chuva total usando a seguinte expressão, segundos os fundamentos de Halliday (2009).

$$KE_t = \left(\frac{\rho\pi}{12}\right)\left(\frac{1}{10^6}\right)\left(\frac{3600}{t}\right)\left(\frac{10^4}{A}\right)\sum_{i=1}^{n} N_i\, D_i^3 V_{Di}^2$$

onde ρ é a densidade da água ($kg\ m^3$), t é o tempo de exposição (s), Ni é o número de gotas na classe i, Di é o diâmetro de queda da classe i (mm), V_{Di}^2 é a velocidade queda de Di ($ms^{\ 1}$) e A é a área de amostragem do sensor (45 cm2).

3. Resultados e discussões

Os disdrômetro ópticos modernos estão se tornando mais acessíveis e estão calibrados e prontos para serem implantados no campo após a compra, simplificando o uso e facilitando as comparações. Estes instrumentos fornecem medições do tamanho e velocidade da gota de chuva, a partir dos quais a energia cinética (KE) pode ser determinada. Os resultados deste estudo, semelhantes a estudos anteriores (por exemplo, Zhang et al., 2003), destacam a grande variabilidade no tamanho, velocidade e KE de gotas de chuva entre eventos de chuva que possuem intensidade similar.

Os eventos de precipitação considerados aqui são aqueles que satisfazem os seguintes critérios, a duração é de 10 min ou mais e foram relacionados 3 picos de intensidades 10 mm, 30 mm e 68 mm, demostradas a destruição de gostas (tamanho mm, velocidade m/s² e número de gotas) na figura 2. Fica evidnciado que as distribuição de gostas de são diferente mesmo em nas intensidades iguais.

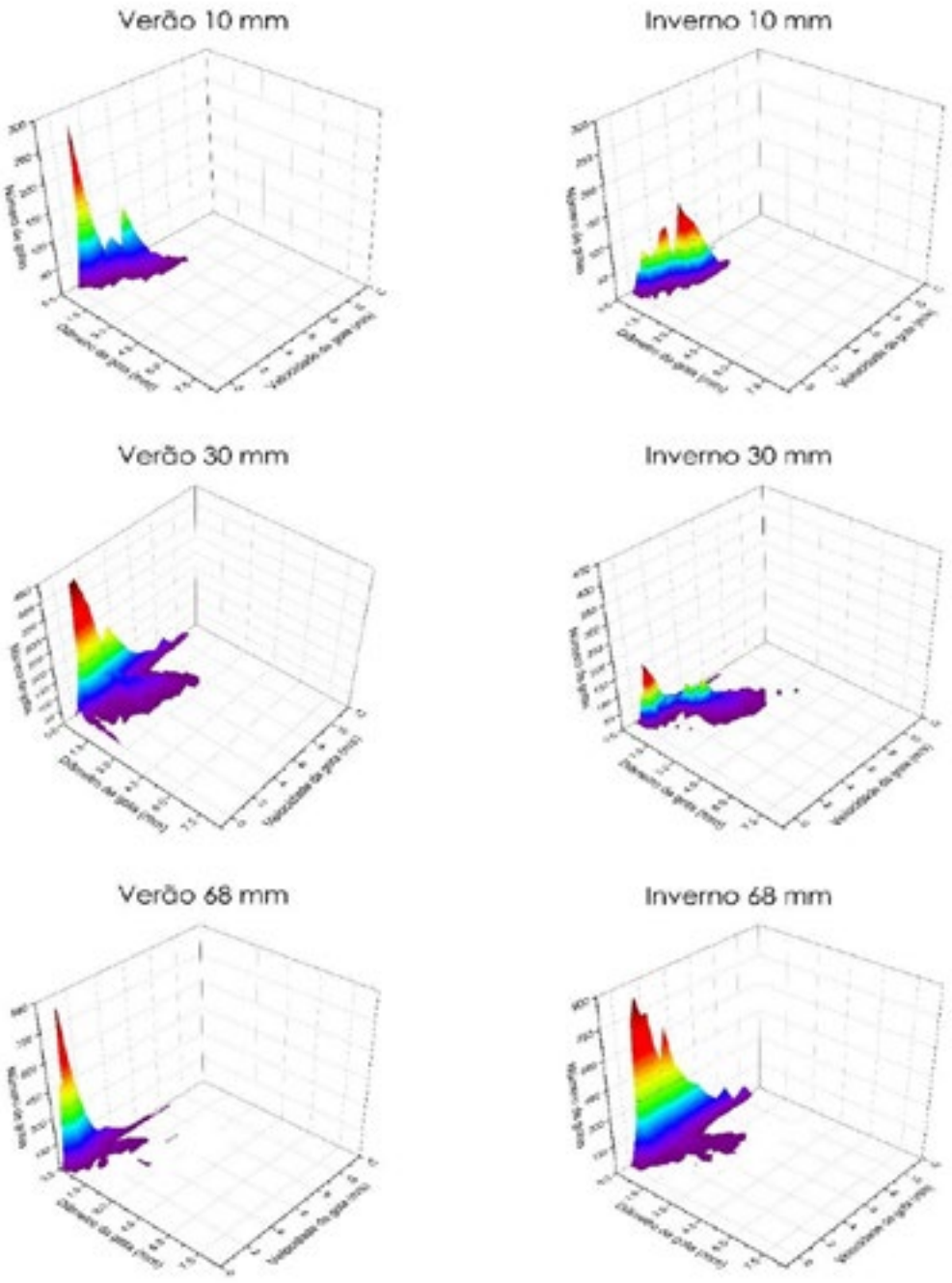


Figura 2 – Distribuição das gotas de chuva

A energia cinetica é uma grandeza que seu valor é dependente do tamanho, da velocidade de queda e do número de gotas de chuva que atingem a área de amostragem por um determinado período de tempo. O tamanho e a velocidade do pingo de chuva têm alta variabilidade, com base na comparação dos eventos de precipitação selecionados (Figura 3). A energia cinética da precipitação e a intensidade máxima de curtos intervalos de tempo têm sido extremamente importantes nas estimativas do potencial erosivo do clima.

O efeito sazonal foi avaliado considerando os diferentes padrões de chuva ocorridos na região (frontal - outono e inverno e convectivo - primavera e verão) e sua possível influência nas características das gotas de chuva. Os resultados revelam que o período outono-inverno exibiu uma leve tendência a maior E em relação ao período primavera-verão.

A concentração média de gotas de chuva no verão e no inverno mostra claramente uma demarcação com gotas menores no inverno e gotas maiores e médias no verão.

A distribuição granulométrica das gotas de chuva estratificada com base na taxa de chuva mostra demarcações distintas em pequenas, médias e grandes gotas entre as chuvas de verão e inverno.

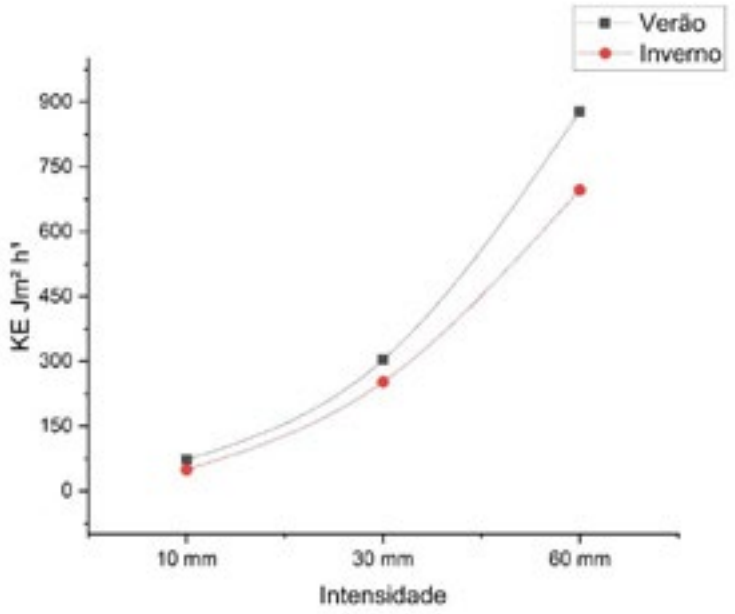


Figura 3 – Energia cinética dos eventos de chuva

4. Considerações finais

A relação entre energia cinética e intensidade de precipitação estabelecida deve ser testada em algum outro conjunto de medições realizadas.

A compreensão das características da chuva, como a distribuição do tamanho da gota intensidade e energia cinética, permite estabelecer um indicador de erosividade da chuva útil para a previsão da erosão do solo.

Os dados indicaram que o conteúdo de energia cinética da chuva é influenciado pelas condições sinóticas, portanto, para estabelecer uma relação mais precisa da energia cinética da intensidade da chuva no município de Guarapuava, o banco de dados tem que ser expandido. Os mecanismos que produzem os eventos de precipitação devem ser levados em conta.

A medição foi feita em um único local, por isso é recomendado transferir os instrumentos (disdrômetro) para outros locais dentro do município para avaliar a variabilidade espacial.

5. Referências Bibliográficas

Bloemink, H. I., and E. Lanzinger, 2005**: Precipitation type from the Thies disdrometer**. WMO Technical Conf. on Meteorological and Environmental Instruments and Methods of Observation 2005, Bucharest, Romania, WMO, 7 p.

Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl**. Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2009 vol 4;

Jameson, A. R., M. L. Larsen, and A. B. Kostinski, 2015b: **On the variability of drop size distributions over areas**. J. Atmos. Sci., 72, 1386–1397.

Morgan, R.P.C. (2005). **Soil erosion and conservation**. Blackwell Publishing, Inglaterra, 3.ed. 304p.

Sarkar, T., S. Das, and A. Maitra, 2015: **Assessment of different raindrop size measuring techniques: Inter-comparison of Doppler radar, impact and optical disdrometer**. Atmos. Res., 160, 15–27.

Zhang, G.F., Vivekanandan, J., Brandes, E.A., Meneghini, R., Kozu, T., 2003. **The shape–slope relation in observed gamma raindrop size distributions: statistical error or useful information**? Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 20 (8), 1106–1119.

Zhou, Q., L. Zhang, X.-Q. Fu and G.-Q. Chen (2002**). Quantitation of yeast ceramides using high-performance liquid chromatographyΓÇôevaporative light-scattering detection.** Journal of Chromatography B 780(1): 161-169.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

VULNERABILIDADE NATURAL: O USO DAS GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DO MUNICÍPIO DE UNIÃO DOS PALMARES, AL, BRASIL

José Lidemberg de Sousa Lopes [(a)]

[(a)] Departamento de Geografia/Universidade Estadual de Alagoas, jlidemberg@yahoo.com.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

O presente *paper* foi pensado para caracterizar alguns dos componentes que fazem parte do meio natural do município de União dos Palmares, Alagoas. As informações desses elementos são carentes na região, sendo assim, analisá-los perpassa o entendimento não somente natural, mas social. Essas convergências de pensamento, nos ajuda a compreender a estrutura e funcionalidade e distribuição dos atributos ambientais tende, muitas vezes, a ocasionar o mal uso de seus recursos naturais e uma má gestão territorial. Nesse sentido, o levantamento bibliográfico pesquisado foi sobre os temas abordados no trabalho, como geotecnologia para promover a organização da base de dados espacial. A visita em campo contribuiu para comparar informações para o mapeamento dos componentes da área pesquisada. O resultado foi a confecção dos produtos cartográficos: mapa de declividade, geologia e solos. Esses mapas sobrepostos foram importantes para o resultado final, a confecção do mapa de vulnerabilidade natural para o municipio.

Palavras chave: tecnologia, meio ambiente, gestão territorial.

1. Introdução

O homem sempre buscou entender na/da natureza as condições para seu desenvolvimento. Com isso, desde a descoberta do fogo e a invenção da roda, elaborou-se técnicas para transformar o meio natural, e dele retirar seus produtos para satisfazer as necessidades básicas da humanidade. Entretanto, essa apropriação de recursos não seguiu a lógica de sustentabilidade, causando escassez e deterioração em áreas frágeis ambientalmente.

Os problemas ambientais como desmatamento e queimadas, assoreamentos dos sistemas hídricos, impermeabilidade dos solos nos [illegible] a ocupação desenfreada e desordenada dos ambientes de maior fragilidade ambiental.

Por isso, a análise geográfica é importante para conhecermos que áreas são frágeis, e/ou vulneráveis. Nesse contexto, a utilização de ferramentas de geotecnologias nos dias de hoje é tendência mundial para o gerenciamento de informações e dados para o meio ambiente e sociedade. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem suas funcionalidades em especial, são úteis para armazenar, organizar e manipular dados espaciais sendo que tais sistemas utilizam das técnicas de geoprocessamento, que dar sua contribuição substancial as áreas de cartografia sistemática e temática.

Segundo Florenzano (2002), as geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligadas. Suas aplicações nos diferentes campos do conhecimento têm aumentado. A princípio, em Geografia, essas tecnologias têm uma vasta aplicação. Entretanto, o potencial delas nos estudos geográficos não tem sido suficientemente explorado. Isto ocorre em grande parte devido à deficiência na formação inicial e à falta de formação continuada de muitos profissionais, essencial para acompanhar os crescentes avanços tecnológicos.

Com relação ao município de União dos Palmares, AL, atualmente há uma grande carência de informações georreferenciadas relacionadas aos recursos naturais e indicadores sociais do mesmo. Este fato impede que, muitas vezes, os gestores, pesquisadores, estudantes e sociedade civil consultem dados municipais para facilitar nos estudos conforme suas necessidades, desde a construção de uma casa, número de enfermos em hospital e uso e ocupação de terras, por exemplo.

Segundo Rosa (1996), Geoprocessamento pode ser definido como sendo o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais,

podendo ser aplicado a profissionais que trabalham com processamento digital de imagens, cartografia digital e SIG.

Para reforçar o que a autora anterior discutiu, Câmara (2007) define o termo geoprocessamento como a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional.

Para tanto, o entendimento de vulnerabilidade é de grande valia a pesquisa em questão, onde os indicadores ambientais são analisados nas distintas áreas de conhecimento. O estado de vulnerabilidade é bastante discutido na atualidade por um vasto número de pesquisadores e organizações, os quais o definem como a probabilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas serem afetados negativamente por um evento natural/ambiental ou contaminados por um elemento da natureza (DESCHAMPS, 2004).

Com isso, a vulnerabilidade a nível ambiental pode ser compreendida como o risco a degradação do meio ambiente, cujo os fatores como erosão do solo, perda da biodiversidade, assoreamento e contaminação dos recursos hídricos e solos devem serem levados em consideração para um estudo mais apurado do espaço socioambiental do qual se deseja pesquisar (LOPES, 2013, p. 26).

O significado de vulnerabilidade (do latim *vulnerabilis*) relaciona-se ao ponto mais fraco ou mais vulnerável de um sistema aos processos de degradação (SÉGUIER, 1935). O processo de vulnerabilidade está associado, pois, à maior ou menor fragilidade do ambiente a mudanças globais.

Segundo Liverman (1990), o conceito de vulnerabilidade recebe diversas classificações, muitas vezes confundidas ou conceituadas de forma errônea como resistência, marginalidade, susceptibilidade, adaptabilidade, fragilidade e risco,

definições essas que necessitam ser encaixadas conforme a sua utilização e merecem uma adequação ao objeto que se deseja conceituar.

Este trabalho tem como objetivo, analisar, com o uso de geotecnologia, a base inicial de dados de informações ambientais referentes, a vulnerabilidade natural de União dos Palmares – AL. Nesta base de dados constarão informações acerca dos atributos ambientais, a exemplo, geologia, declividades e solos. Informações pontuais associadas a indicadores ambientais. Será ainda gerado o mapa de vulnerabilidade natural para serem confrontados ao atual uso e ocupação do solo do município que será uma pesquisa posterior.

2. Materiais é métodos

Localizado na Mesorregião do Leste Alagoano e na Microrregião Geográfica Serrana dos Quilombos, o município de União dos Palmares limita-se ao norte com São José da Laje e Ibateguara, ao sul com Branquinha, a leste com Joaquim Gomes e a oeste com Santana do Mundaú. União tem uma área de 420,658 km² (IBGE, 2010).

Nesse sentido como metodologia para a pesquisa foram aplicadas etapas de: 1. Levantamento Bibliográfico; 2. Consolidação da base cartográfica: 3. Para a cartografização utilizou-se o software ArcGIS 9.2. Para isso, foram traçadas os seguintes métodos utilizado por Crepani et al., 1996 adaptados pelos autores: Para o mapa de:

Declividade: A carta de declividade foi criada com auxílio da imagem de radar SRTM no software *ARCMAP* e seguindo os valores de vulnerabilidade, como pode ser observado no Quadro 1.

Quadro I - Classes de declividade e os respectivos valores da escala de vulnerabilidade

CLASSES MORFOMÉTRICAS	DECLIVIDADE (%)	VALORES DE VULNERABILIDADE
Muito baixa	<2	1,0
Baixa	2 - 6	1,5
Média	6,1 - 20	2,0
Alta	20,1 - 50	2,5
Muito Alta	>50,1	3,0

Fonte: Crepani et al., 1996.

Utilizando a função *Con (conditional)* na calculadora *Raster* do *ArcGis* foi possível com a utilização do *RASTER* de declividad[illegible] e inserir valores de vulnerabilidade. Esta função testa se uma condição fornecida pelo usuário é verdadeira ou falsa e baseado nisto executa diferentes tarefas, por exemplo a classe morfométrica baixa, que vai de 2 até 6, uso-se a função na calculadora de *Raster* do *ARCGIS*: [baixa]=*con([slope]>=2&[slope]<6)*.

Mapa de Geologia: Para identificar as principais unidades geológicas do município foi feito consultas ao sítio da CPRM – Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais, em escala 1:1.000.000, Folha Arapiraca. Identificaram-se as seguintes classes:

a) Plúton sem denominação;
b) Plúton Mungaba
c) Granitóides indiscriminados;
d) Complexo Belém do São Francisco.

Quadro 2 - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns

Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo, moscovitas, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quatzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito, Dacito	1,1	Piroxenito, Anfibolito, Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Granodiorito, Quartzo, Diorito, Granulitos	1,2	Hornblenda, Tremolita, Actinolita	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estaurolita xisto, Xistos granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fenólios, Nefelina Sienito, Tranquito, Sienito	1,4	Filito, Metassiltito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Andósia, Metargitito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosito, Gabro, Periodotito	1,6	Mármores	2,3	Sedimentos Incosolidados: aluviões, colúvios etc	3,0

Fonte: Crepani et al., 1996

Mapa de Solo: Para identificação dos principais tipos de solo do município foi consultado a base de dados do ALAGOAS EM MAPAS onde foi possível encontrar as seguintes classes de solos para o município:

a) Cambissolo;
b) Latossolo Vermelho Amarelo;
c) Latossolo Vermelho Escuro;
d) Solo Litólico;
e) Solo Argissolo;
f) Solo Gleissolo;
g) Neossolo.

Quadro 5 - Valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos

CLASSE DE SOLO	LEGENDA	VALOR DA VULNERABILIDADE
Latossolo Amarelos	LA	1,0
Latossolo Vermelho-Amarelos	LV	
Latossolo Vermelho-Escuro	LE	
Latossolo Roxo	LR	
Latossolo Bruno	LB	
Latossolo Húmico	LH	
Latossolo Bruno-Húmico	LBH	
Argissolo Amarelo	PA	2,0
Argissolo Vermelho-Amarelo	PV	
Argissolo Vermelho-Escuro	PE	
Nitossolo Vermelho	NV	
Luvissolo	L	
Chernossolo	MD	
Chernossolo Argilúvico	MT	
Planossolo	SX	
Cambissolo	C	2,5
Neossolo Litólico	RL	3,0
Neossolo Flúvico	RY	
Neossolo Regolítico	RR	
Neossolo Quartzârenico	RQ	
Vertissolo	V	
Organossolo	OX	
Gleissolo	GX	
Plintossolo	FF	

Fonte: Crepani et al., 1996, adaptado pelos autores.

Mapa de Vulnerabilidade Natural: Para elaboração do mapa de vulnerabilidade natural foi necessário aplicar individualmente aos temas, de risco para que fossem analisados em conjunto com os mapas temáticos gerados da área de estudo de cada tema através do *Software ARGIS 9.2* com a função *RASTER CALCULATOR*, permitindo o tratamento dos dados e as análises da vulnerabilidade natural. Para medir a vulnerabilidade natural foi necessário calcular a eq. (1).

VNat= (0,5*[Dec])+(0,3*[Geol])+(0,2*[Sol]) (Eq. 1)

Onde: VNat = mapa de vulnerabilidade natural
Dec = vulnerabilidade para o tema declividade
Geol= vulnerabilidade para o tema geologia
Sol = vulnerabilidade para o tema solo

Na eq. (1) é possível notar que em cada tema foi estipulado um peso de grau de importância na questão de vulnerabilidade natural, ao invés de simplesmente calcular a média aritmética entre os valores.

3 Resultados e discussões

O resultado final, da pesquisa foi o mapeamento da vulnerabilidade natural obtido a partir dos cruzamentos entre os mapas de Declividade, Geologia e Pedologia. A seguir.

Mapa de Declividade

A declividade de um terreno é importante para estudos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos etc. A representação cartográfica da declividade do relevo é feita através de mapas temáticos, expressos em classes com agrupamentos de intervalos que podem variar de acordo com o objetivo que o trabalho se propõe ou adaptação às condições físicas da área estudada. Em muitos casos, é a topografia do terreno, especialmente a declividade, o principal condicionador de sua capacidade de uso.

A escolha destas classes baseou-se principalmente nos intervalos utilizados na carta de capacidade de uso agrícola das terras, onde [illegible] não há restrições) é analisado em função da declividade das encostas.

Mapa de Geologia

A contribuição do estudo geológico do município compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra, e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem. Por grau de coesão das rochas entende se a intensidade da ligação entre os minerais ou partículas que as constituem (CREPANI et al., 1996).

Geologicamente, o município palmarino conta com os seguintes embasamentos:

- Plúton sem denominação (NP3y2it45) e Plúton Mungaba (NP3y2it49). Cujo EON do Proterozóico; da Era Neoproterozóica, cerca de 630Ma.. Suíte metaluminosa a levemente peraluminosa, calcioalcalina de alto potássio a levemente shoshonítica. Ma e Ma.(UP-b) e Granitóides indiscriminados (NP3yi): Com formação em monzogranitos, sienogranitos, granodioritos, tonalitos e sienitos predominantemente equigranulares finos a médios, às vezes grossos e, localmente, porfiríticos.
- Granitóides Indiscriminados (MPyi): Da Era Mesoproterozóica, cerca de 1600 Ma, com complexo Granitóides indiscriminados: metagranitóides, ortognaisses e ortognaisses migmtíticos, com anfibólio e biotita, de composições monzograníticas a granodioríticas, quartzomonzoníticas e tonalíticas. Possuem enclaves máficos e xenólitos.
- Complexo Belém do São Francisco (PP2bf): Formação individualizada entre o Arqueano e o Proterozóico, embasamento com alta complexidade e antiga. Formado por Metagranitóides e ortognaisses, bandados a migmatíticos, de composição tonalítica, granodiorítica a granítica, com biotita e/ou anfibólio, textura equigranular média a grossa a inequigranular porfirítica com fenocristais

de feldspato; às vezes miloníticos e com augens. Conforme a vulnerabilidade geológica, o município está com estabilidad[illegible] condicionante geologia, variando entre 1,0 e 1,6, conforme o quadro 2 anterior.

Mapa de Solo

O mapa pedológico contribuiu para analisarmos e caracterizarmos a morfodinâmica das unidades de paisagem natural fornecendo o indicador básico da posição ocupada pela unidade dentro da escala gradativa da Ecodinâmica: a maturidade dos solos. A maturidade dos solos, produto direto do balanço morfogênese/pedogênese, indica claramente se prevalecem os processos erosivos da morfogênese que geram solos jovens, pouco desenvolvidos, ou se, no outro extremo, as condições de estabilidade permitem o predomínio dos processos de pedogênese gerando solos maduros, lixiviados e bem desenvolvidos (CREPANI et al., 1996).

Com isso, a vulnerabilidade pedológica do município ficou em valor 3,0 nos solos encontrados nas margens das regiões hidrográficas, denominados Gleissolos, e também manchas de neossolos.

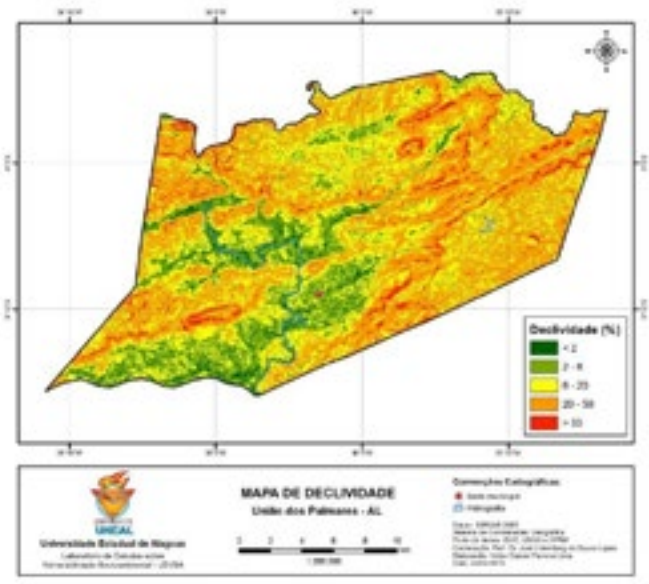


Figura 1 – Declividade do município de União dos Palmares, Alagoas, Brasil

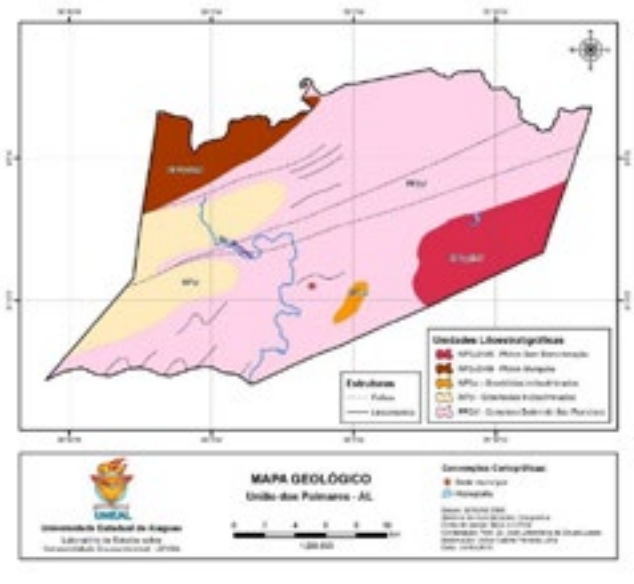


Figura 2 – Geologia de do município de União dos Palmares, Alagoas, Brasil

Figura 3 – Tipos de solos do município
de União dos Palmares, Alagoas, Brasil

Mapa de Vulnerabilidade Natural

O Mapa Temático de Vulnerabilidade Natural obtido a partir dos cruzamentos entre os mapas temáticos de: declividade, geologia e solos, respectivamente. Esses mapas foram submetidos ao Sistema de Informação Geográfica *ARCMAP* do pacote de *software ARCGIS* 9.2® para manipulação dos dados (Figura 4). Para o cruzamento, primeiramente, foi atribuído valores para cada classe de cada tema, utilizando a proposta de CREPANI et al. (1996).

Se analisarmos, o municipio possui uma mescla de cores para as vulnerabilidades variando nos valores de 1,23 a 2,5. As áreas mais vulneráveis estão na cores vermelhas, variando de 2,18 a 2,5, sendo que estão nas áreas mais elevadas que variam de 300 a 500 metros de altura, sendo que a Serra da Barriga, dos Frios, da Laje estão nessa região. Essa áreas são as que estão passando por constantes processos de pauperização no solo, causado pelo desmatamento e queimadas, devido ao uso indiscrimado da monocultura da cana-de-açúcar.

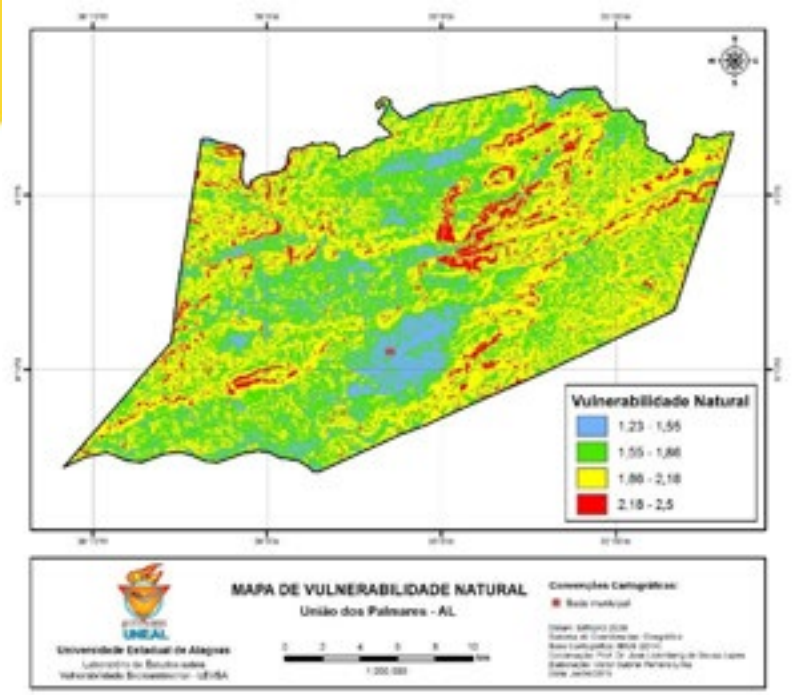


Figura 4 – Mapa de vulnerabilidade natural do município de União dos Palmares, Alagoas, Brasil

3. Considerações finais

Com isso, pode-se concluir que a pesquisa contribuiu com o método cartográfico para a confecção de mapas de declividade, geológico e de solos, tendo como resultado final o mapeamento da vulnerabilidade natural destacando-se como instrumento de auxílio à avaliação da situação ambiental atual do município de União dos Palmares frente ao processo de ocupação e degradação ambiental.

Neste contexto, o estudo das vulnerabilidades naturais do município de União dos Palmares apresenta o quadro preocupante em todas as áreas, sendo que apesar de algumas mostrarem estáveis, devamos sempre lembrar que o meio ambiente é dinâmico.

Portanto, o uso de ferramenta de geotecnologias, a manipulação e análise de base de dados foram de grande valia para a elaboração dos mapas aqui apresentados que devem ser empregados pelos órgãos gestores do municipio de União dos Palmares no planejamento de uso e ocupação do solo, visando à minimizar impactos futuros na relação sociedade e natureza.

Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, Eduardo Roman. **Aplicação de geotecnologia na gestão ambiental do Município de Salinas, Minas Gerais**. Dissertação (Desenvolvimento Regional de Meio Ambiente) – PRODEMA, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2009.

BRASIL. Lei Federal No 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente).

CÂMARA, G. et al. **Geoprocessamento: Teoria e Aplicações.** São José dos Campos: INPE, 2007.

CREPANI, E. et al. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico- Econômico.** São José dos Campos. INPE. 1996.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais.** São Paulo, Oficina de Textos, 2002.

IBGE. **Censo Demográfico 2000** – características Gerais da População. Resultados da Amostra. Disponível em:< http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_resultados_amostra.shtm>. Acesso em: 30 de nov. 2018.

LEPSCH, I.F. BELLINAZZI, J.R.; BERTOLINI, D.;ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.

LIVERMAN, D. M. Vulnerability to global environmental change, in. KASPERSON, R. E.; DOW K.; GOLDING, D.; KASPERSON, J. X., Understanding Global Environmental Charge, **Worcester**, 1990. P. 8-23.

LOPES, J. L. de Sousa. **Proposta de indicadores de sustentabilidade aplicado para o estudo da vulnerabilidade da comunidade de Batoque-Aquiraz/CE.** Tese (Doutorado em Geografia) – Curso de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ROSA, R. B. et al. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica.** Uberlândia, 1996. 104 p.

SÉGUIER, J. de. **Diccionário prático illustrado**. Porto, Chardron, 1779p, 1935.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Variações nas geleiras do Monte Melimoyu - Chile (44ºS, 72ºO), em respota às condições mais secas e quentes da Patagônia Norte nas últimas décadas

Filipe Daros Idalino [(a)], Kátia Kellem da Rosa [(b)], Jefferson Cadia Simões [(c)]

[(a)] Programa de Pós-Graduação em Geografia, Centro Polar e Climático (CPC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Email filipe.idalino@ufrgs.br

[(b)] Departamento de Geografia, Centro Polar e Climático (CPC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, katiakellem@gmail.com

[(c)] Instituto de Geociências, Centro Polar e Climático (CPC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, jefferson.simoes@ufrgs.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

Este artigo investiga a relação da variação da elevação de linha de frente e área das geleiras no Monte Melimoyu com a variabilidade nos dados meteorológicos, no período 1950-2017. Aqui, nós estimamos as variações nas cacterísticas geomorfométricas utilizando dados do ASTER-GDEM v.2, do Sentinel-2, do GLIMS de Idalino *et al.* (2018). Foram analisados dados de precipitação das estações meteorológicas de La Junta (43°58'S - 72°25' O) e Puerto Aysén Ad (45°23'S – 72°39'O), e dados de reanálise de temperatura de Delaware. As geleiras tiveram uma tendência à perda de área, com destaque para as geleiras 10, 12, 4, 11 e 15 (entre 65% a 44%). As geleiras 10, 11, 13, 7 e 12 apresentam maior variação de elevação da linha de frente (entre 74 m e 570 m). As tendências à condições mais secas e quentes estão relacionadas à variação das geleiras, e os contrastes entre as mesmas estão relacionados às diferenças geomorfométricas, como a declividade.

Palavras chave: Mudança climática; Variação glacial; Análise multi-temporal; Patagônia Norte chilena.

1. Introdução

Na região Chilena e Argentina dos Andes são evidenciadas mudanças nas geleiras, como balanço negativo de massa, com a retração glacial e diminuição de volume (Casassa et al., 2007; IPCC, 2013; Rabatel et al., 2013; Pellicciotti et al., 2014; Mernild et al., 2015).

Embora o clima seja o fator preponderante no regime térmico também há influência da topografia, que por sua vez também influencia no padrão local de precipitação (Sanches, 2013). A declividade no setor frontal das geleiras pode ser um fator determinante no processo de ablação, o que pode influenciar em uma maior velocidade de deslizamento basal (Paterson, 1999).

Este artigo objetiva investigar a relação da variação da elevação de linha de frente da área das geleiras no Monte Melimoyu (44º5'S, 72º51'W), com a variabilidade da precipitação média anual e temperatura média anual no período 1950-2017. O artigo analisa os contrastes entre as variações de elevação de linha de frente das geleiras a partir das diferenças de declividade.

1.1. Área de estudo

O Monte Melimoyu, localizado a 44°5'S – 72° 51'W, corresponde a um estratovulcão com aproximadamente 9,65 km de diâmetro, com 52,14 km² de área glacial (Idalino et al. 2018) e uma cratera do tipo caldeira coberta de gelo (Figura 1). Está situado a 21 km de distância da costa leste do Pacífico Sul, entre os rios Palena e Moraleda, onde o degelo escoa para os fiordes em contato com o oceano.

As geleiras do Monte Melimoyu são classificadas como geleiras de montanha, que se caracterizam por qualquer geleira que flui entre as paredes de um vale de montanha, refletindo as principais feições da topografia subglacial (Simões, 2004; Christopherson & Birkeland, 2017). Por consequência da própria capacidade erosiva do seu corpo de gelo e também deposicional, na área está presente uma Geleira Rochosa (Figura 1), que foram reconhecidas pela estrutura de fluxo característica e cobertura superficial de detritos (Ferrando, 2017).

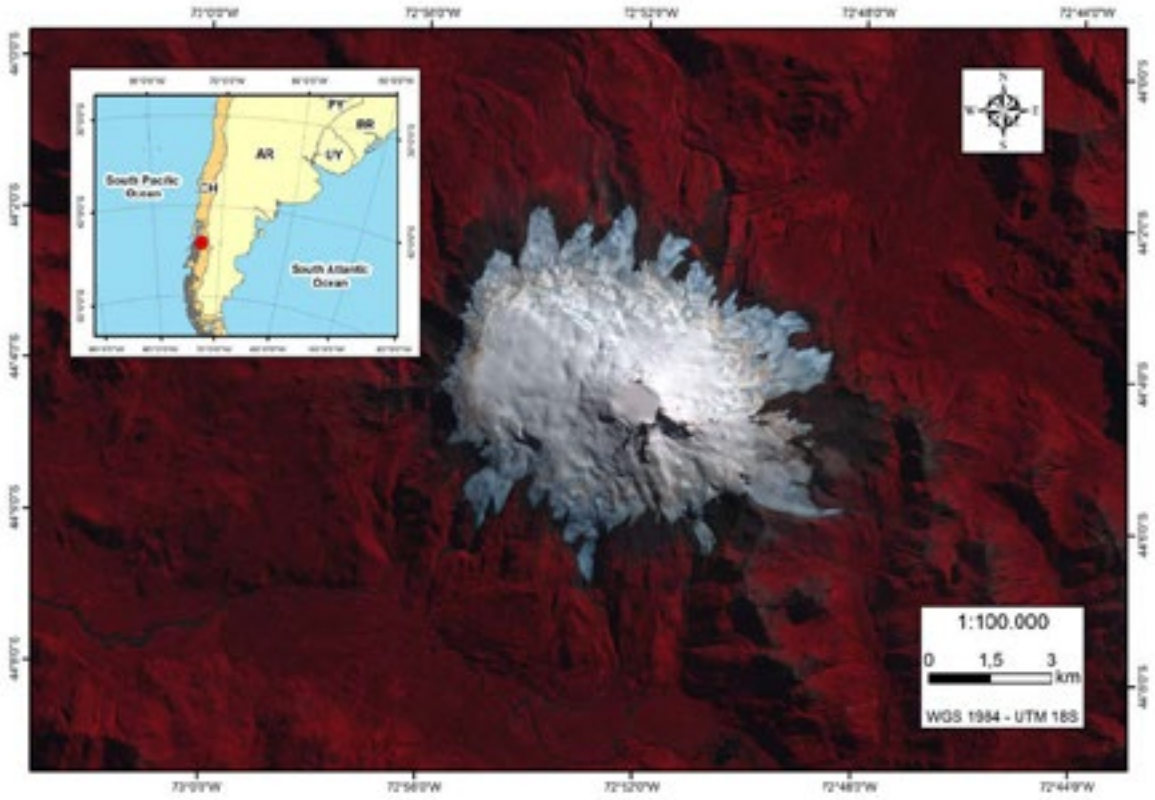


Figura 1. Localização do Monte Melimoyu. Imagem do Sentinel-2 com RGB (8-4-3), falsa cor.

Segundo Köppen (1936) o clima da região de Aisén é classificado como Cfc, de regiões oceânicas e marítimas e das regiões costeiras ocidentais do continente, onde o clima é temperado úmido sem estação seca com verão curto e ameno. O centro-sul do Chile (onde se encontra a área de estudo) apresenta um ciclo anual de precipitação com valores máximos no inverno e mínimos no verão, apresentando maior homogeneidade ao longo do ano na parte mais austral (Reboita *et al.,* 2010).

2. Materiais e métodos

Para a execução da metodologia foram utilizados o MDE ASTER-GDEM v.2 (2011), uma cena do Sentinel 2 – MSI, LC1 (17/03/2017), dados de área das geleiras em formato

shapefile do Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS, 2015), para os anos de 1970, 1986 e 2000, e de Idalino et al. (2018) para 2017. Foi escolhido o sistema de projeção UTM, fuso 18S – Datum WGS 1984 como padrão para os dados deste trabalho. A detecção da variação da elevação da linha de frente foi estimada a partir dos valores das cotas de elevação mínima das geleiras, avaliada com o ASTER-GDEM v.2 e os dados de área do GLIMS. Os dados foram processados no software ArcGis, versão 10.3.1 (by ESRI®).

Para as análises meteorológicas, foi utilizada a série de dados de precipitação média anual da região a partir dos dados das estações de La Junta (43°58'S - 72°25' O) e Puerto Aisén Ad. (45°23'S – 72°39'O) entre 1950-2017. As análises das médias anuais de temperatura superficial do ar foram realizadas com os dados de reanálise de Delaware, no período de 1948-2017, realizada com os softwares Matworks® Matlab 2012R e Microsoft® Excel 2013. A comparação entre as médias anuais dos dados de temperatura superficial do ar, e de precipitação com a variação de área total nos períodos de 1970, 1986, 2000 e 2017 foi realizada através da análise das tendências lineares entre os dados e de testes de r^2.

3. Resultados e discussões

A área total coberta por gelo (16 geleiras) do Monte Melimoyu em 1970 era de 80,97 km² e de 52,14 km² em 2017. Em relação ao total de área coberta por gelo em 1970, a geleira 13 mostrou área nos setores representados pelas classes de 175-200 m, 201-400 m, e na classe de 401-600 m, juntamente com as geleiras 6, 7 e 16 (Tabela 1), apresentando alterações em 2017. As geleiras 13 e 16 apresentaram área nos setores representados pelas classes de 601-800 m, enquanto que as geleiras 6 e 7 apresentaram área nos setores representados pelas classes de 801-1000 m. O comportamento de retração apresentado vai ao encontro dos resultados encontrados para outras áreas da Patagônia por Aniya (2007), Möller et al. (2007), Masiokas et al. (2008), Lopez et al. (2010), Garreaud et al. (2013), Schaefer et al. (2013) e Pellicciotti et al. (2014).

As variações das cotas mínimas de elevação são produto do processo de retração frontal experimentado por todas as geleiras entre 1970–2017, apresentado por Idalino *et al.* (2018), o que resultou na perda de área total nestas classes, não restando mais áreas de geleiras nas classes de elevações de 175-200 m, 201-400 m e 401-600 m em 2017 (Tabela 1).

Geleira	Mínima em 1970	Mínima em 2017
1	639	737
2	1149	1295
3	763	891
4	702	962
5	610	802
6	449	854
7	521	998
8	599	987
9	846	1168
10	642	1387
11	805	1375
12	676	1144
13	175	700
14	1002	1180
15	802	1080
16	427	670

Tabela 1. Variação da elevação da linha de frente das geleiras.

Os dados de reanálise de Delaware mostraram uma temperatura média de 9,87ºC para o período de 1948-2017, e uma tendência de aumento da temperatura (Figura 2). A média entre 1948 e 1960 foi de 8,25ºC, subindo para 8,88ºC entre 1960 e 1970 (Figura 2). A média das temperaturas teve um aumento de 1,49ºC entre 1970 e 1986, subindo para 10,37ºC (Figura 2), seguido de um aumento de 0,16ºC na média entre 1986 e 2000, de 10,53ºC, e de 0,04ºC entre 2000 e 2017, alcançando a marca de 10,57ºC na temperatura média deste período (Figura 2).

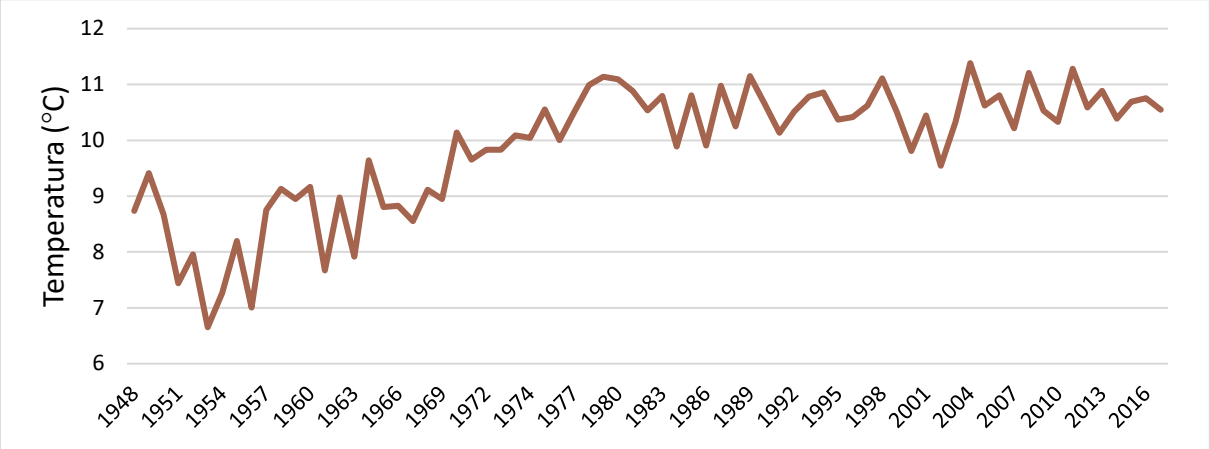


Figura 2. Gráfico de médias anuais da temperatura superficial do ar, a partir dos dados de reanálise de Delaware. Disponível em: http://climate.geog.udel.edu/. Acesso em 13/12/2018

A série temporal apresenta uma precipitação média de 2359 mm, e uma tendência linear decrescente, com uma diminuição da precipitação de -18 mm por ano entre 1950 e 2017, (Figura 3). A média entre 1950 e 1960 foi de 3196 mm, diminuindo para 3135 mm entre 1960 e 1970 (Figura 3). Os valores de média da precipitação diminuíram em cerca 630 mm, comparados ao período anterior, chegando a 2505 mm entre 1970 e 1986 (Figura 3), registrando a maior diferença entre os dados, continuando com a tendência negativa, alcançando 2294 mm entre 1986 e 2000, e 2105 mm entre 2000 e 2017 (Figura 3).

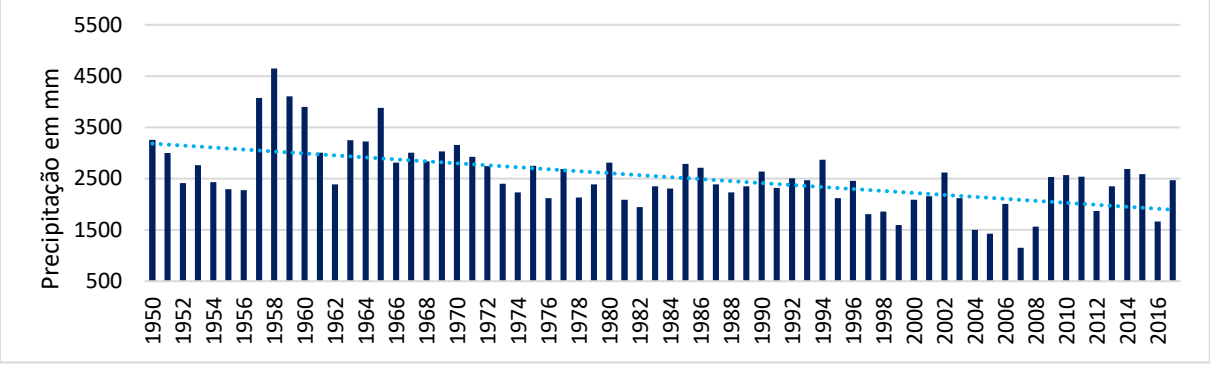


Figura 3. Gráfico da precipitação média anual das estações meteorológicas de La Junta e Puerto Aisén Ad. Fonte: Explorador Climático (CR)² - http://explorador.cr2.cl. Acesso em 05/04/2018

A análise da variabilidade meteorológica destas décadas inicias do período de estudo é relevante, pois o processo de retração foi mais acentuado no período de 1970-1986 (Tabela 2), o que responde diretamente ao comportamento da atmosfera nas décadas anteriores.

A partir da verificação dessas tendências, as análises estatísticas aplicadas mostram altos valores de r^2 entre os dados de variação de área total com a variação da temperatura média, de 0,9 e com a variação de precipitação média, de 0,92 nos períodos de 1970-1986, 1986-2000 e 2000-2017.

Período	Área
1970	80,98
1986	62,33
2000	58,39
2017	52,14

Tabela 2. Área total por período de análise. Fonte: GLIMS, 2015 e Idalino et al. (2019).

Apesar das pequenas séries de dados e suas visíveis tendências dos dados apresentados, os resultados evidenciam a relação entre a variabilidade dos dados meteorológicos e a variação de área experimentada pelas geleiras do Monte Melimoyu entre 1970 a 2017. O comportamento de retração das geleiras pode estar relacionado à tendência dos dados de precipitação e temperatura dos anos e décadas anteriores a esta, entre outros aspectos.

Em termos de declividade, as classes que continham maior número de área total em 1970 foram as de 8-20º e 20-45º, com 36,78 km² e 32,34 km², totalizando 45,42% e 39,93% da área total glacial de 80,97 km² (Idalino et al., 2018) (Figura 5). Em 2017, as áreas das classes de 8-20º e de 20-45º somam 27,61 km² e 19,16 km², totalizando 52,95% e 36,75% da área total glacial de 52,14 km² (Idalino et al., 2019), continuando como sendo as classes de maior área total para o período (Figura 5).

Em 1970 as classes de 45-70º e >70º de declividade apresentavam os menores valores de área, com 3,20 km² e 0,014 km² de área total (Figura 5). Em 2017, a classe de 45-70º apresenta 0,28 km² (0,55%) de área total, e nenhuma geleira apresentou valores de área na classe de >70º no ano de 2017 (Figura 5).

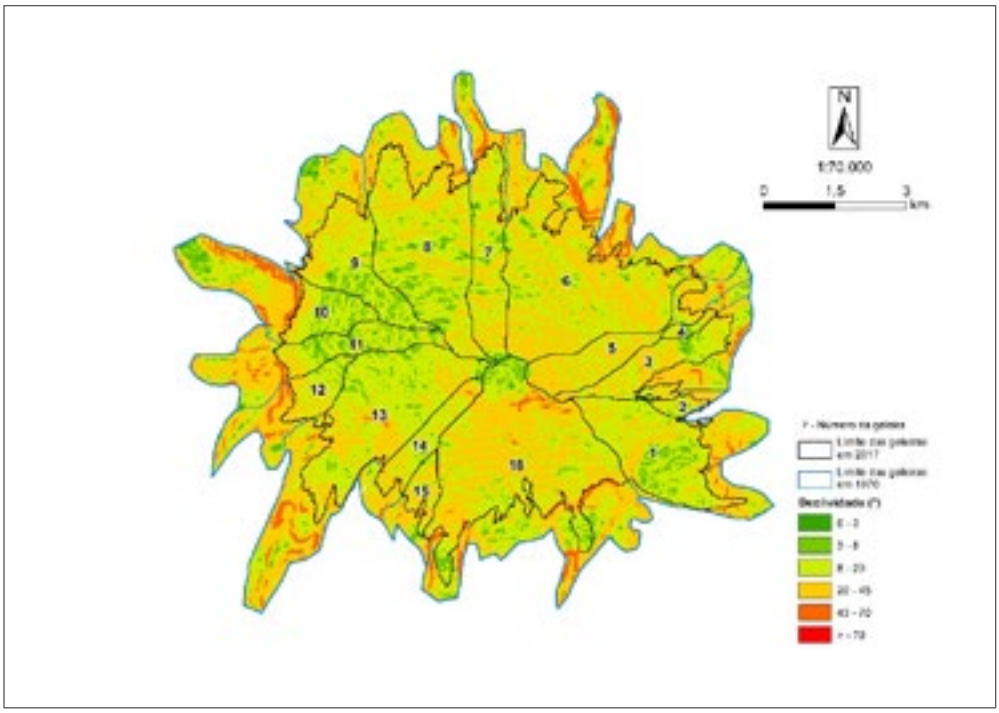


Figura 6. Declividade das geleiras no Monte Melimoyu em 1970 e 2017. Imagem do Sentinel-2 com RGB 432 cor-verdadeira.

Evidencia-se que a magnitude da resposta de cada geleira na área de estudo às forçantes pode ser modulada pelos fatores topográficos, como a declividade, a qual pode estar relacionada à declividade da topografia basal. A declividade proglacial obtida neste estudo, correspondente a área que se tornou livre de gelo entre 1970 a 2017, pode relevar as características desta topografia basal no setor próximo à frente da geleira (*snout*). Aniya & Enomoto (1986) ressaltam a relevância de entender a tipologia e topografia da zona de ablação no estudo dos diferentes comportamentos das geleiras na Patagônia Norte.

Avalanchas são especialmente condicionadas a terrenos íngremes. Este processo é responsável pelo transporte de camadas espessas de neve dessas áreas (Pellicciotti *et al.,* 2014; Kuhn *et al.,* 1999). A presença de área das geleiras em setores com declividade, principalmente as iguais ou maior que 70º, pode ter uma alta influencia no processo de retração experimentado pelas geleiras do Monte Melimoyu. Ainda que o efeito de uma determinada flutuação climática

no balanço de massa da geleira depende da distribuição área-altitude da geleira (Nesje & Dahl, 2000).

A geleira rochosa (destacada na Figura 1), identificada por Ferrando (2017) e Idalino *et al.* (2018), aparentemente se encontra em um processo de isolamento térmico ocasionado pela cobertura de detritos, que deriva de uma geleira branca regenerada (Ferrando, 2017), o que deve estar mantendo a geleira livre das variações apresentadas.

4. Conclusões

Ao analisar as médias dos dados de temperatura e precipitação no período 1970-2017 foram encontradas tendências de aumento nas médias de temperatura superficial anual e diminuição nas médias de precipitação média anual. Os dados de área total das geleiras apresentaram uma tendência contínua de diminuição de área percentual em todo o período. As tendências de condições mais secas e quentes analisadas no período podem estar diretamente relacionadas com o comportamento das geleiras analisadas. Estes resultados vão ao encontro de outros estudos na Patagonia por Masiokas *et al.* (2008), Schaefer *et al.* (2013) e Pellicciotti *et al.* (2014) sobre as variações das geleiras nas últimas décadas na região.

Coincidindo com estes resultados, as geleiras possuíam, no início do período de análise, os mais baixos valores de elevação nos setores frontais, bem como áreas frontais em locais de alta declividade, de maneira que a combinação destes fatores pode explicar os contrastes entre as variações de elevação de linha de frente e de área de geleiras do Monte Melimoyu no período de análise. Desta forma, a intensidade da resposta de cada geleira na área de estudo às forçantes pode ser modulada pelos fatores topográficos, como a declividade, a qual pode estar relacionada à declividade da topografia basal. Os resultados possibilitaram a disponibilização de um banco de dados atualizados em SIG, contendo informações relevantes das características das geleiras do Monte Melimoyu. Os dados podem ser úteis, de forma a colaborar com monitoramentos futuros sobre as mudanças ambientais de geleiras da região.

5. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado acadêmico, fundamental para a realização deste trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelos apoios financeiros para a realização das pesquisas científicas. Ao Centro Polar e Climático (CPC), pelo apoio tecnológico e estrutural e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (POSGEA) – UFRGS.

6. Referências Bibliográficas

ACEITUNO, P. Relacion entre la posicion del anticiclone subtropical y la precipitación en Chile. **Relatório do Projeto no E.551.791 do Departamento de Geofísica da Universidade do Chile**. 14 p. 1980.

ANIYA, M., ENOMOTO, H. Glacier Variations and Their Causes in the Northern Patagonia Icefield, Chile, since 1944. **Arctic and Alpine Research.** v. 18, n. 3 p. 307-316, 1986. https://doi.org/10.1080/00040851.1986.12004092.

ANIYA, M. Glacier variations of Hielo Patagónico Norte, Chile, for 1944/45-2004/05. **Bull. Glaciol. Res.** v. 24. p. 59–70, 2007.

CHRISTOPHERSON, R. W., & G. H. BIEKERLAND. Geossistemas, uma introdução à Geografia Física – 9ª Ed. **Bookman**. Porto Alegre, 656 p. 2017.

FERRANDO, F. Sobre la distribución de Glaciares Rocosos en Chile, análisis de la situación y reconocimiento de nuevas localizaciones. **Investigaciones Geográficas**. V. 54, p. 127–144, 2017.

GARREAUD, R., LOPEZ, P., MINVIELLE, M., ROJAS, M. Large-Scale Control on the Patagonian Climate. **Department of Geophysics**. v. 26, p. 215-230, 2013.

IDALINO, F. D., ROSA, K. K., ACUÑA, F. F., VEETTIL, B. K., SIMÕES, J. C., SOUZA JR, E. Recent glacier variations on Mount Melimoyu (44°50'S-72°51'W), Chilean Patagonia, using Sentinel-2 data. **Geocarto International**. 2018. No prelo.

IPCC. 2013. The physical Science basis – Summary for policymakers. https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Klimate der Erde. **Gotha: Verlag Justus Perthes**. 1928. Wall-map.

KUHN, M; DREISEITL, E; HOFINGER, S; MARKL, G; SPAN, N; KASER, G. Measurements and models of the mass balance of hintereisferner. **Geografiska Annaler**. V. 81, n. 4, p. 659–670, 1999.

LOPEZ, P; NAJIB, K; CARRASCO, J; CASASSA, G. Analysis of meteorological data from NCEP/NCAR reanalysis, radiosonde data and surface stations, and its relation with glacier behaviour in Patagonia during the last 50 years. Proccedings Fourth EGU Alexander von Humboldt Int. **Conf., Santiago, Chile, EGU**. v. 73, 2010.

MASIOKAS, M; VILLALBA, R; LUCKMAN, B; LASCANO, M; DELGADO, S; STEPANEK, P. 20th-century glacier recession and regional hydroclimatic changes in northwestern Patagonia. **Global and Planetary Change**. v. 60, p. 85-100, 2008.

MERNILD, SH., BECKERMAN, AP., Y, DE JC., HANNA, E., MALMROS, JK., WILSON, R., ZEMP, M. Mass loss and imbalance of glaciers along the Andes Cordillera to the Sub-Antarctic islands. **Global and Planetary Change**. v. 133, 109–119. 2015.

MÖLLER, M; SCHNEIDER, C; KILIAN, R. Glacier change and climate forcing in recent decades at Gran Campo Nevado, southernmost Patagonia. **Annal of Glaciology**. v. 46, 136–144, 2007.

NESJE, A; DAHL, S, O. Glaciers and Environmental Change. Key issues in Environmental Change. **Hodder Education.** 203 p. 2000.

PATERSON, W, S, B. The Physics of Glaciers. **Butterworth-Heinemann, third edition.** 1999.

PELLICCIOTTI, F., S. RAGETTLI., M. CARENZO., J. MCPHEE. Changes of Glaciers in the Andes of Chile and Priorities for Future Work. **Science of the Total Environment**. 493: 1197–1210. 2014.

RABATEL, A., B. FRANCOU., A. SORUCO., J. GOMEZ., B. CÁCERES., et al. Current state of glaciers in the tropical Andes: a multi-century perspective on glacier evolution and climate change. **The Cryosphere**. v. 7, p. 81–102. 2013.

REBOITA, M. S., M. A. GAN., R. P. DA ROCHA., AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na américa do sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 25, n. 2. p. 185–204. 2010.

SANCHES, A. M. **Variações na extensão da cobertura de gelo do Nevado Cololo, Bolívia**. Dissertação de Mestrado. UFRGS. 93p. 2013. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/72104>.

XVIII SBGFA
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA
GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA DE FEIRA DE SANTANA (BA) E POSSÍVEIS IMPACTOS NA RECARGA DE AQUÍFEROS POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT®

Lucas Camargo Marquezini [(a)], Amilton de Castro Cardoso[(b)]

[(a)] CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Superintendência de Salvador, lucas.marquezini@cprm.gov.br
[(b)] CPRM – Serviço Geológico do Brasil – Superintendência de Salvador, amilton.cardoso@cprm.gov.br

Eixo: Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

Resumo

As águas subterrâneas são um recurso de importância crescente nas cidades médias. Os aquíferos localizados sob centros urbanos, por sua vez sofrem com interferência antrópica acentuada. Teramoto (et al. 2015), observa a alteração da taxa de recarga de aquiferos pela impermeabilização como um tema importante e pouco conhecido. Foi analisado o caso do município de Feira de Santana, importante centro populacional e logístico do Nordeste. A partir de imagens do projeto Landsat®, procurou-se mensurar a evolução da área urbana, com imagens dos anos 1984, 1993, 2007 e 2016. Os resultados indicam um adensamento e expansão da área impermeabilizada contínua e crescente. A cidade se expande sobre área de afloramento do Grupo Barreiras, cujo aquífero, segundo dados do SIAGAS/CPRM corresponde a 46,5% dos poços cadastrados no município.

Palavras chave: Aquíferos, Feira de Santana, Landsat, Uso da Terra

1. Introdução

A importância das águas subterrâneas no abastecimento de centros urbanos é crescente. Segundo a última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2008), sistemas de abastecimentos por águas subterrâneas estão presentes em pelo menos 3545 municípios brasileiros, quase dois terços do total. Estimativas apresentadas em 2009 pela Agência Nacional de Águas, com base estudo de Rebouças (1988, apud ANA, 2009), indicam um crescimento médio no período de 1958 a 2008 de 10800 poços por ano. Segundo Borguetti (apud ABAS, 2018?) entre os importantes centros urbanos do Brasil que dependem parcial ou totalmente das águas subterrâneas estão: Ribeirão Preto (SP), Mossoró, Natal (RN), Maceió (AL), Região Metropolitana de Recife (PE) e Barreiras (BA). Consequentemente, a preocupação com hiperexploração de aquíferos aumenta.

Além da necessidade de consumo da população, de abastecimento das atividades econômicas, os aquíferos localizados sobre centros urbanos sofrem com a redução da área de recarga pela impermeabilização. Teramoto et al. (2015) avalia que a redução da taxa de recarga em áreas urbanas em aquíferos livres e rasos está entre os temas menos compreendidos no entendimento do fluxo de águas subterrâneas. Tendo em vista a complexidade deste meio e a importância de conhecê-lo, torna-se necessário a implantação de métodos de análise indiretos, com vistas à elaboração de estimativas que venham subsidiar estudos mais detalhados sobre o tema, e mesmo políticas públicas de proteção e aproveitamento dos recursos hídricos.

Na análise aqui proposta avaliaremos especificamente a impermeabilização do solo por meio da urbanização. Para isso selecionamos quatro cenários distintos, com intervalos de tempo de aproximadamente uma década. A evolução do crescimento da área edificada, avaliada por instruementos de Sensoriamento Remoto é um elemento para avaliação da vulnerabilidade dos aquíferos na cidade de Feira de Santana (BA).

2. Área de estudo: Feira de Santana

Com população estimada pelo IBGE em mais de 609 mil habitantes (2018), Feira de Santana é o segundo maior aglomerado urbano da Bahia e o maior entroncamento rodoviário do Norte-Nordeste do Brasil. A cidade está situada entre à margem direita do Rio Jacuípe, que compõe a bacia do Rio Paraguaçu. Segundo o INEMA, 67% da área da bacia do Rio Paraguaçu está em área de clima semiárido, com clima Subúmido em sua parte superior e Subúmido a Úmido na parte inferior. Ao sul da cidade de Feira de Santana, o Rio Paraguaçu é represado no município de Cachoeira e forma a Barragem Pedra do Cavalo.

Desde o século XIX o local se consolidou como principal base comercial do interior da Bahia. Santo (2003) destaca que de 1833 até a década de 1970 a cidade cresceu como uma cidade simples do interior do Nordeste, quando a implantação do Centro Industrial de Subaé, deu à cidade as ruas largas e modernidade que a caracteriza até hoje.

Até 1968 não houve um plano para urbanização da cidade, sendo que a ocupação do município sempre foi desordenada, com proporções ainda maiores a partir da década de 1970. A disponibilidade de água subterrânea foi um dos fatores de ocupação no início da cidade de Feira de Santana. (SANTO, 2003)

Dados levantado a partir do SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas, desenvolvido pela CPRM – Serviço Geológico do Brasil) endossam a importância desse recurso para a cidade. São 254 poços, excluindo aqueles declarados como parados ou inviáveis de exploração. A atividade agropecuária demanda parte desses recursos, mas a grande maioria atende o abastecimento urbano e industrial, conforme o gráfico abaixo:

Figura 1 - Uso da água dos poços cadastrados no SIAGAS (CPRM) em Feira de Santana

Cabe destacar que quantificar a exploração de água subterrânea em um território é sempre uma tarefa imprecisa. Apesar de a legislação impor o cadastro das captações informando os índices de vazão e captação, a estrutura de fiscalização ainda é insipiente.

2.1 Aquíferos de Feira de Santana

A CPRM (2005) classificou três tipos de domínios hidrogeológicos para o município de Feira de Santana:

- Formações Superficiais Cenozoicas: Localmente correspondem principalmente à rochas do Terciário do Grupo Barreiras. Segundo a CPRM, "em termos hidrogeológicos, têm um comportamento de 'aquífero granular', caracterizado por possuir uma porosidade primária, e nos terrenos arenosos uma elevada permeabilidade, o que lhe confere, no geral, excelentes condições de armazenamento e fornecimento d'água." Por serem pacotes de rochas de superfície, sobrepostas às rochas mais antigas, são as formações aquíferas mais vulneráveis às alterações de cobertura do solo.
- Metassedimentos/Metavulcanitos: Formações formadas por rochas vulcânicas ou sedimentares submetidas a metamorfismo regional, sem porosidade primária. O armazenamento de água nessas rochas depende da existência porosidades secundárias, correspondentes a fraturas ou fissuras, com armazenamento de água em fendas descontínuas, em geral de pequena extensão. A esse tipo de formação se dá o nome de "aquífero fissural"
- Cristalino: rochas vulcânicas de idade pré-cambriana, que também possuem um comportamento de "aquífero fissural", ou seja, com potencial para abastecimento de água em pequenas quantidades.

As características dos três domínios sugerem que as Formações Superficiais Cenozoicas, correspondentes ao Grupo Barreiras, são a de maior potencial hidrogeológico para a cidade. É também sobre área de afloramento do Grupo Barreiras que está mais da metade da ocupação urbana do município, tendo como base o Atlas Hidrogeológico da CPRM (2005).

Dos 254 poços encontrados para o município no SIAGAS/CPRM, 47 estão cadastrados tendo como "tipo de formação" o "Grupo Barreiras". Um número que certamente é maior, pois, atualmente, 145 poços não tem essa informação cadastrada banco de dados do SIAGAS, dos quais, 101 estão sobre área e afloramento do Grupo Barreiras. É relevante destacar, ainda que dos 109 poços cadastrados com essa informação, 47 extraem água do Grupo Barreiras, um total de 46,5% do total.

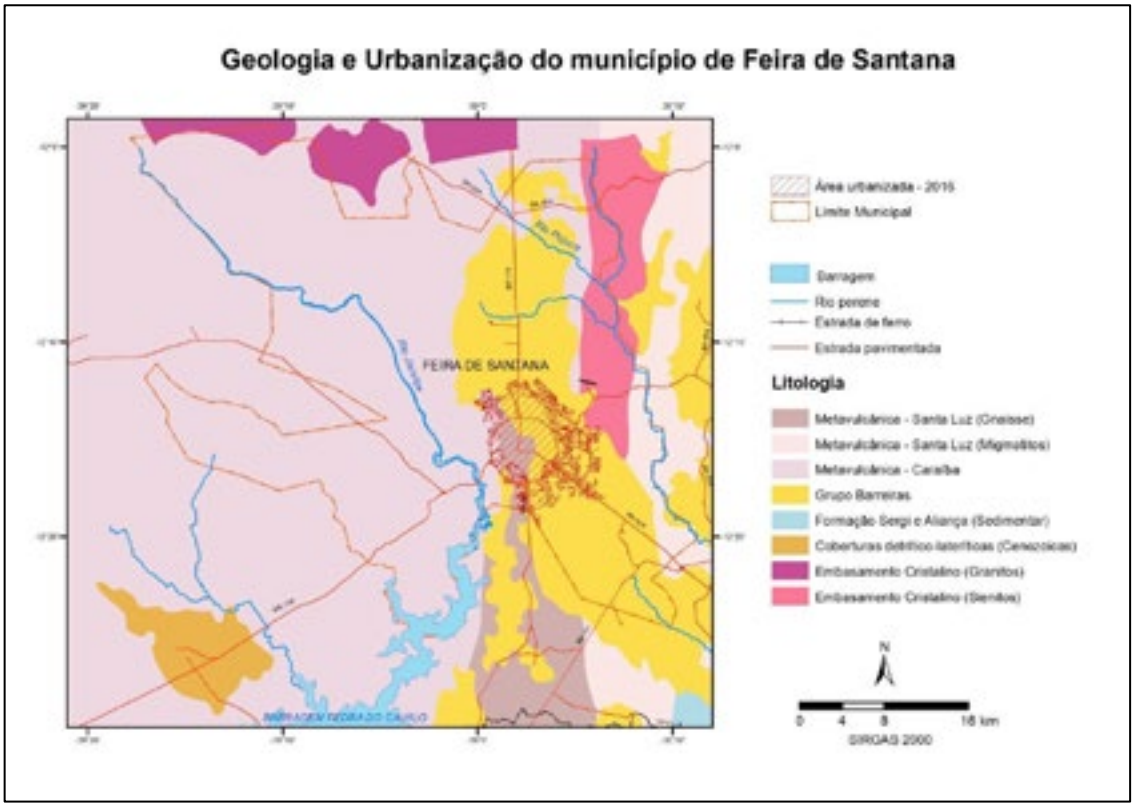


Figura 2: Litologia da área do município de Feira de Santana e localização da área urbanizada do município (2016) (Fonte: Litologia: CPRM, IBGE, elaborado pelo autor)

3. Sensoriamento Remoto: Imagens Landsat®

Buscando contemplar o maior intervalo temporal possível, com dados livres, utilizamos imagens fornecidas pelo projeto Landsat®, sendo imagens do satélite Landsat 5 para os cenários de 1984, 1993 e 2007 e Landsat 8 para o cenário de 2016. O intervalo de quase 30 anos de imagens coletadas busca analisar a urbanização de Feira de Santana pós-1970.

Segundo o INPE, o satélite Landsat 5 possuem bandas de espectrais que refletem Intervalos das cores RGB, Infravermelho Próximo e Infravermelho Médio, com resolução

espacial máxima de 30 metros. O satélite Landsat 8, com cenários disponíveis a partir de 2013 fornece ainda imagens pancromáticas com resolução de até 15m.

Há considerável bibliografia de aplicações de imagens Landsat 5 no estudo de fenômenos urbanos. Teramoto et al (2015) alerta para as limitações dos produtos Landsat® para a detecção de alvos urbanos, tendo em vista que grande parte dos alvos dentro da área urbana são menores do que a resolução máxima de um pixel que esse instrumento fornece. Conforme Maktav (2006), as técnicas de mapeamento de áreas urbanas através de imagens por satélite não são homogêneas, mas complementares, podendo variar conforme a escala e os objetivos de um trabalho.

A área ocupada pela urbanização em Feira de Santana foi individualizada por meio de fotointerpretação da composição colorida das bandas 2 (associada ao azul), 4 (infravermelho próximo, associada à vegetação) e 7 (associado ao vermelho), uma vez que essa foi a melhor combinação entre outras testadas. É a mesma composição utilizada nas imagens do Mosaico *Geocover,* amplamente utilizado em análises de cobertura da terra. A imagem Landsat 08 apresentou um resultado melhor com a composição de imagens com cores reais, com a composição das bandas 2, 3, e 4. A delimitação da área urbanizada foi elaborada de forma não-automática.

Satélite	**Instrumento**	**Data da coleta**
Landsat 05	(TM) Thematic Mapper, bandas 2, 4 e 7	11/08/1984
Landsat 05	(TM) Thematic Mapper, bandas 2, 4 e 7	10/12/1993
Landsat 05	(TM) Thematic Mapper, bandas 2, 4 e 7	15/01/2007
Landsat 08	OLI (Operational Land Imager), bandas 2, 3 e 4	18/07/2016

Tabela 1: Imagens usadas para delimitação da área urbana nos diferentes períodos.

Para uma análise da expansão e adensamento da área impermeabilizada foi utilizado o software ArcMap 10.6 e a ferramenta de classificação não supervisionada *Isso Cluster Unsupervised Classification*. Por meio dela, buscou-se diferenciar dentro da área urbana de Feira de Santana áreas construídas das ocupadas por vegetação ou corpos d'água.

Figura 3: Fluxograma de realização do mapeamento de áreas urbanas, por imagens orbitais Landsat®

4. Resultados

As classificações geradas, apesar das limitações impostas pela resolução espacial e pela cobertura de nuvens, apresentaram cenários similares e contínuos em demonstrar um avanço da urbanização em Feira de Santana. Através da ferramenta *Caclculate Geometry* do programa ArcGIS 10.6, foi possível calcular, em quilômetros quadrados, a área dos diferentes cenários mapeados.

No cenário de 1984, foi calculada uma área pouco superior a 30 km² de edificações para a cidade de Feira de Santana. Para a imagem de 1993 esse índice alcançou 35 km². Embora o mapa indique um imperceptível avanço da expansão urbana, a classificação automática sugere um adensamento da área construída no período.

O terceiro cenário obtido, para o ano de 2007 resultou em uma área construída de 45 km². Considerando o período maior de intervalo em relação ao intervalo entre as imagens anteriores, houve uma pequena intensificação no crescimento na área impermeabilizada: no período anterior o crescimento médio foi de 0,55 km²/ano e no segundo intervalo houve um aumento médio de 0,71 km²/ano.

O cenário de 2016 indicou um número consideravelmente superior: 67 km² de área edificada para a cidade de Feira de Santana. Neste período a média anual calculada chega a 2,44 km²/ano.

Observa-se nos mapas obtidos uma continuidade crescente do adensamento e da expansão da área edificada e, portanto impermeabilizada do município de Feira de Santana. De 1984 para 1993, observa-se um adensamento da urbanização em uma área que pouco se expandiu. Nos cenários de 2007 e 2016 é notável uma expansão da área ocupada por edificações, destacadamente ao nordeste da cidade, conforme observamos na figura 5.

A expansão da urbanização no último período avaliado é visível, todavia, a intensificação dos números podem representar uma questão metodológica, devido ao uso de imagens do satélite Landsat 8. Isso não descarta, todavia, uma real intensificação do processo.

Tomando os dados como reais, observaremos um crescimento da área edificada de 123,33% da área edificada, a uma taxa média de 3,85% ao ano, mas com uma aceleração na década final, conforme o gráfico da figura 4.

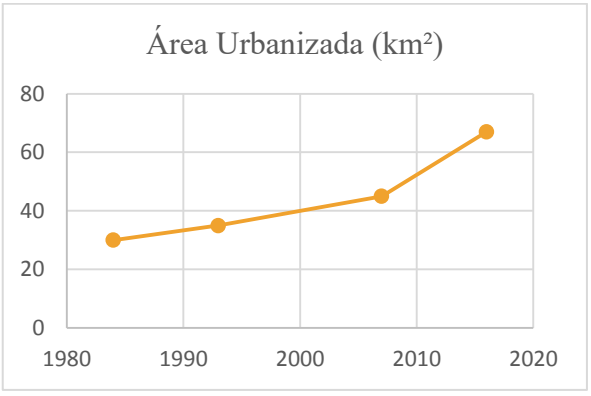


Figura 4: Evolução da área urbanizada em Feira de Santana

Comparando a expansão urbana com a base de poços cadastrada no SIAGAS/CPRM, observamos que a maior concentração de poços está inserida na área urbanizada no município. A área de concentração de poços cadastrados obedece a área de concentração urbana, havendo uma coincidência com as áreas onde aflora o Grupo Barreiras. Considerando o último cenário através das imagens, para o ano de 2016, 93 dos 254 poços cadastrados no SIAGAS estão dentro da área urbanizada ou em até 500m de distância da área mapeada,

totalizando 36,6% do total. Desses 93 poços, 78 estão localizados em área de afloramento do aquifero Barreiras.

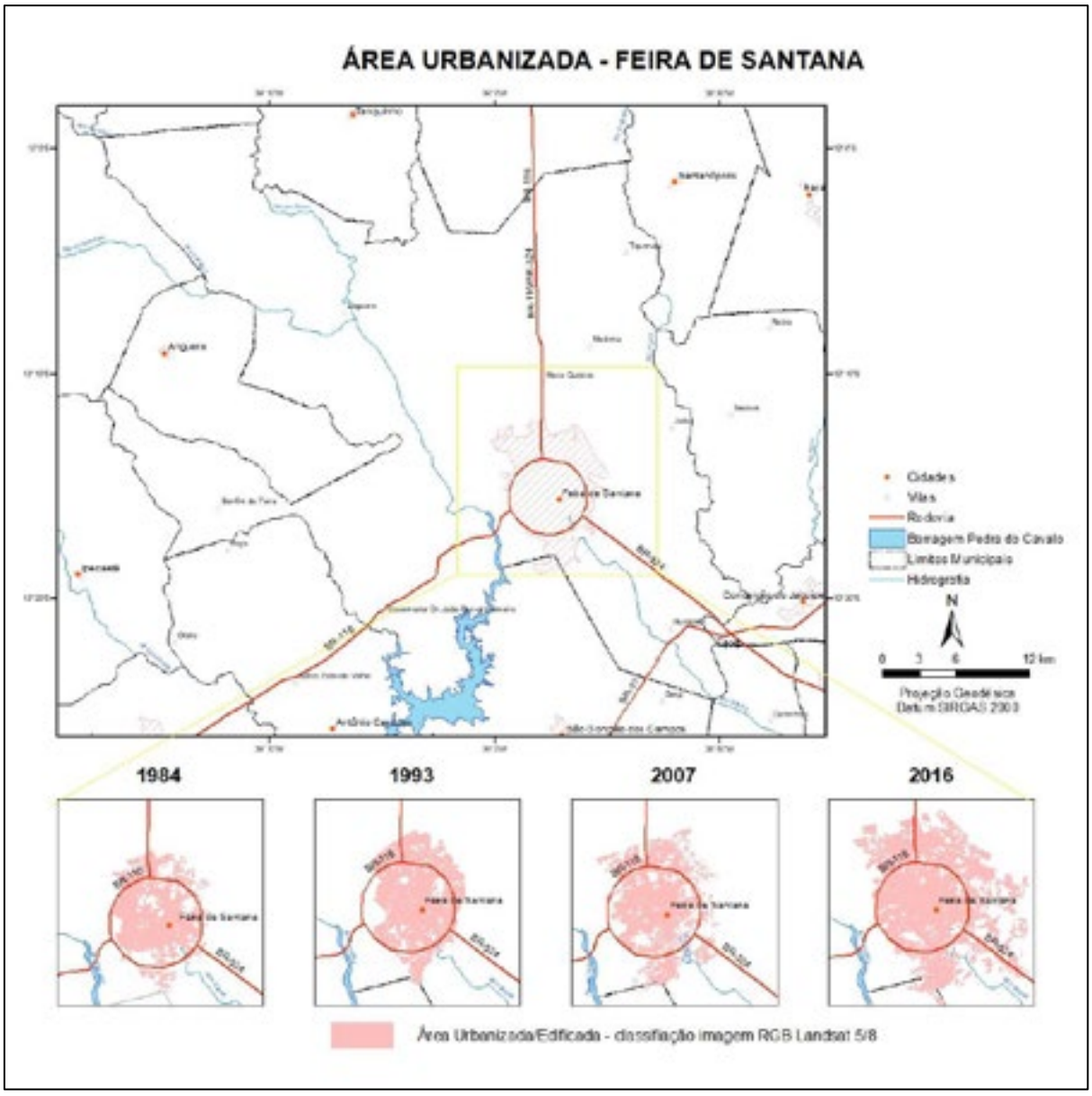


Figura 5: Resultado do levantamento de área urbanizada em Feira de Santana, nos anos avaliados

Através da ferramental *Kernel Interpolation* da plataforma ArcGIS foi possível elaborar isolinhas de distribuição de poços dentro do município de Feira de Santana, com base nos dados coletados no SIAGAS. O mapa obtido ilustra a concentração de poços em área urbana, ou periférica a ela, sendo, em sua maioria, poços sobre o Grupo Barreiras, conforme a figura 7.

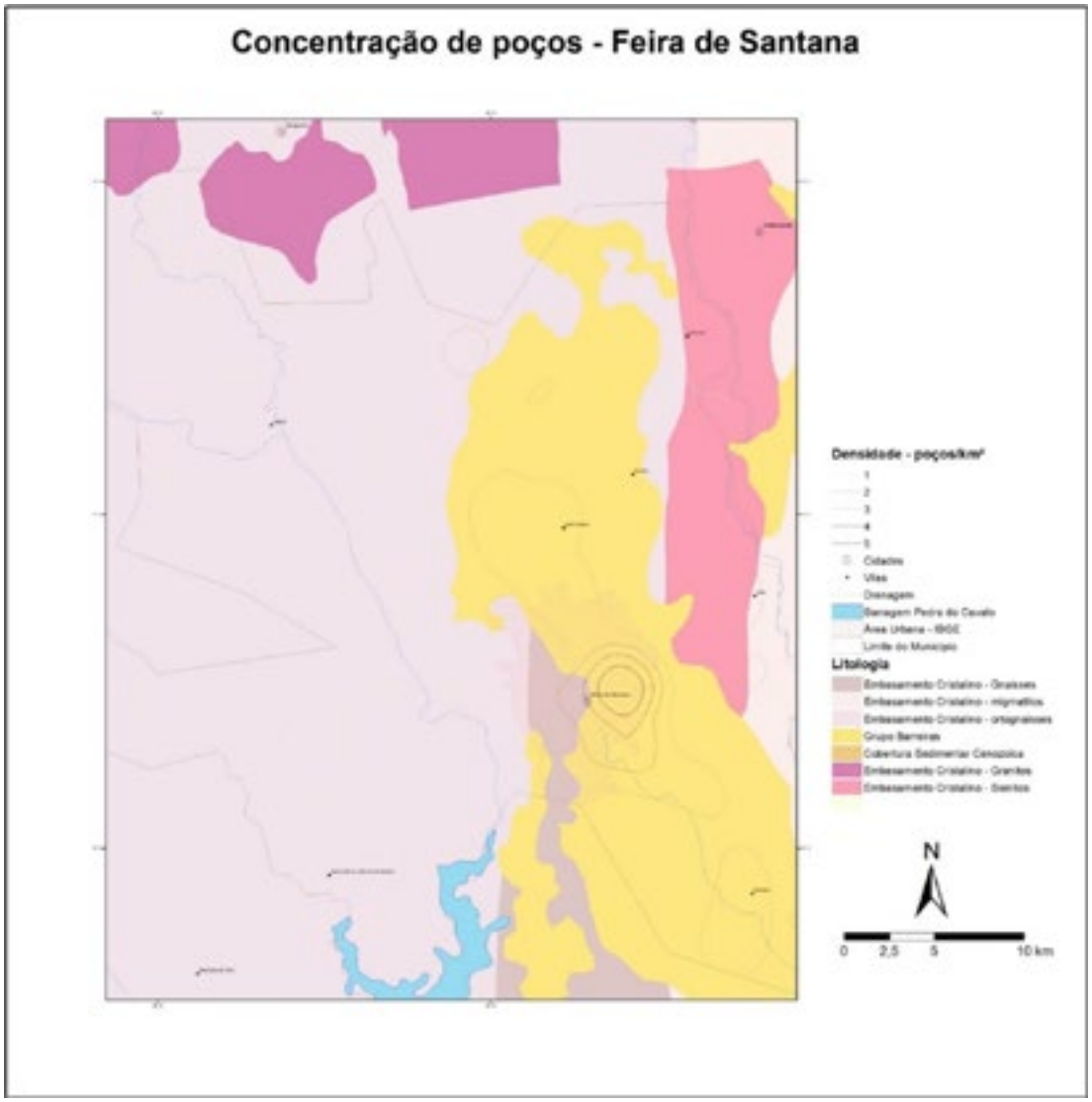


Figura 6: Isolinhas de concentração de poços por quilômetro quadrado na área do município de Feira de Santana.

5. Considerações

A urbanização é um processo que segue se acentuando na área em estudo. Assim sendo, a área impermeabilizada do município de Feira de Santana vem sofrendo uma expansão e adensamento contínuos nas últimas décadas. A avaliação de imagens orbitais do projeto Landsat ajudam a estabelecer parâmetros de comparação que ratificam esse fenômeno observável pela expansão da economia e da população no período.

No que se refere à captação de águas subterrâneas, é significativa a participação de empreendimentos urbano-industriais se avaliarmos a distribuição geográfica de poços cadastrados no SIAGAS/CPRM.

A cidade está situada principalmente sobre áreas de ocorrência do Grupo Barreiras, principal reserva aquifera da região pelo seu potencial de aramazenamento, e a que possui maior demanda, pela localização das principais ativiades econômicas do município. Os fatores aqui citados corroboram a importância de estudos futuros detalhados, para preservação das reservas hídricas no município, e a urbanização como um elemento fundamental nesta análise.

6. Referências Bibliográficas

ABAS. **Águas Subterrâneas: o que são?** (retirado do livro "O Aqüífero Guarani" de autoria de Nádia Rita Boscardin Borguetti, José Roberto Borghetti e Ernani Francisco da Rosa Filho). Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. Disponível em: http://www.abas.org/educacao.php. Acesso em 28/12/2018.

ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. Brasilia: Agência Nacional de Águas, 2009. 203p.

CPRM. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea: Estado da Bahia**. Diagnóstico do Município de Feira de Santana. Salvador: CPRM, 2005. 25 p.

IBGE. **IBGE Cidades**. Disponível em http://cidades.ibge.gov.br. Acesso em 27 de Dezembro de 2018.

INEMA. **CBH Paraguaçu**. Bahia. Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-paraguacu/. Acesso em 27 de Dezembro de 2018.

INPE. **Landsat**. Divisão de Geração de Imagens – Coordenação-geral de Observação da Terra. Disponível em: http://www.dgi.inpe.br/documentacao/ satelites/landsat. Acesso em 27 de Dezembro de 2018.

MAKTAV, D.; ERBEK, F.S. & JÜRGENS, C. Remote sensing of urban areas. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n. 4, p. 655-659, 2005.

SANTO, S. M. O Desenvolvimento Urbano em Feira de Santana (BA). **Sitientibus:** Revista da Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, v. n.28, p. 09-20, 2003.

TERAMOTO, E.H. (et al). Correções empíricas para o aprimoramento da classificação de coberturas impermeáveis empregando imagens de satélite de média resolução. In: **Águas Subterrâneas**, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, v. 29, n.1, p. 72-86, 2015.