



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ÉRIKA GOMES BRITO DA SILVA

**DEGRADAÇÃO DAS TERRAS SECAS NOS SERTÕES DE SANTA QUITÉRIA E
INDEPENDÊNCIA – CEARÁ: CONTRIBUIÇÕES AO MONITORAMENTO
AMBIENTAL**

FORTALEZA

2018

ÉRIKA GOMES BRITO DA SILVA

DEGRADAÇÃO DAS TERRAS SECAS NOS SERTÕES DE SANTA QUITÉRIA E
INDEPENDÊNCIA – CEARÁ: CONTRIBUIÇÕES AO MONITORAMENTO AMBIENTAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

Coorientadora: Profa. Elena María Abraham

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S584d Silva, Érika Gomes Brito da.

Degradação das Terras Secas nos Sertões de Santa Quitéria e Independência – Ceará: Contribuições ao Monitoramento Ambiental / Érika Gomes Brito da Silva. – 2018.
180 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

Coorientação: Profa. Dra. Elena Maria Abraham.

1. Desertificação. 2. Indicadores. 3. Semiárido. I. Título.

CDD 910

ÉRIKA GOMES BRITO DA SILVA

DEGRADAÇÃO DAS TERRAS SECAS NOS SERTÕES DE SANTA QUITÉRIA E
INDEPENDÊNCIA – CEARÁ: CONTRIBUIÇÕES AO MONITORAMENTO AMBIENTAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Geografia. Área de concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Paulo Roberto Lopes Thiers
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Ernane Cortez Lima
Universidade Estadual do Vale do Acaraú (UEVA)

Prof. Dr. Frederico Holanda Bastos
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Aos meus pilares Marcus Vinícius e Vinícius,
por serem minha fortaleza e refúgio.

AGRADECIMENTOS

À Deus e à Virgem Mãe Santíssima por guiar meus passos, iluminando as estradas nunca antes trilhadas na busca do conhecimento científico, capacitação profissional e do crescimento pessoal.

À CAPES, pelo apoio institucional e fomento no aprimoramento científico e da pesquisa acadêmica em âmbito internacional, como bolsista do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE).

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, coordenação e secretária pelo apoio institucional e operacional enquanto centro de excelência em pesquisa científica em geografia.

À Prof.a Dra. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira, por sua amizade sincera e querida, pela confiança, orientação e ensinamentos adquiridos com sua vasta experiência profissional e incentivo em mais de quinze anos de convívio e aprendizado.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Marcos Nogueira, inspiração de professor desde aluna do curso de graduação em geografia, da Universidade Estadual do Ceará (UECE); ao Prof. Dr. Paulo Thiers, por seus ensinamentos valiosos no geoprocessamento; ao Prof. Dr. Ernane Cortez e Prof. Dr. Frederico Holanda, meus pares na UECE, por suas contribuições a esta pesquisa, no sentido de enriquecimento técnico-profissional e acadêmico.

Ao Laboratório de Pedologia, Análise Ambiental e Desertificação (LAPED), o meu agradecimento à Ana Karolina, Losângela, Éder, Diego, Ana Cristina, Sávio, Lucas, Lucas Barreto, Ricardo Costa, Cristina Bianchi; Tasso Ivo, pelas aulas de espanhol e aos amigos de toda hora Lícia e Raul.

À Prof.a Elena Abraham, por sua coorientação nesta pesquisa e estágio doutoral; seus ensinamentos sobre terras áridas e semiáridas, profissionalismo, paciência, acolhida carinhosa e amizade em terras mendocinas.

Ao Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas (IADIZA/CONICET-Mendoza) /Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina; e aos pesquisadores do Laboratorio de desertificación y Ordenamiento Territorial (LADyOT), Cecília Rubio, Clara Rubio, Ana Paz, Andrea Magnano, Fabián Díaz, Romina Sales e Vicky, pelo apoio científico na realização do estágio doutoral, no crescimento pessoal e cultural, e amizade na Argentina.

À Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos e ao corpo docente do curso de Licenciatura em Geografia, da Universidade Estadual do Ceará, pelo apoio institucional à minha formação e qualificação profissional.

Ao Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva e aos graduandos Mariana Magalhães e Anderson Vieira do Laboratório de Observação Orbital da Terra (EOOLAB), do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), da Universidade Federal do Ceará, pelo suporte técnico nas expedições de campo e geoprocessamento.

Ao meu amor maior, Marcus Vinícius, por seu companheirismo, que me fez forte ao longo destes anos de pesquisa. Foi fortaleza e inspiração, foi pai e mãe do nosso filho, profissional, explorador de terras áridas. Transformou todas as minhas dúvidas, lágrimas, alegrias e euforia para que esta tese se efetivasse no dia de hoje.

À Vinícius Brito, meu pequeno ajudante de campo, que cedeu espaço nas suas brincadeiras para fazer coletas de solo nos sertões de Santa Quitéria, ao lado de sua mãe.

Aos meus pais, Antônio Rubileu e Tereza Neuma, por seu amor, valores e ensinamentos e ajuda para lutar pelos meus sonhos, com dedicação e respeito ao próximo.

Aos meus sogros, Manoel Neto e Glória Silva, pela ajuda, apoio e momentos de acolhida e alegria.

Estendo meus agradecimentos aos meus irmãos, Rafaela e Diego Brito, aos cunhados André Castro, Estefânia Vieira, Manoel Victor (*in memoriam*), Marcelo José, Maria Aparecida (Cida), e aos sobrinhos, Luís Victor, Manoela e Luara.

Aos meus amigos, Micheline, Emerson, Djenane, Daniel, Fábio Beserra e Maysa, Paulo, Hellen, Aristides e Natália pela ajuda, companhia e descontração.

As minhas amigas Leonor, Luzianny, Adriana, Zilvanir e Glória pelos momentos de alegrias e sorrisos nos dias difíceis.

RESUMO

A desertificação tem avançado sobre porções do semiárido do Ceará, assumindo intensidade variável, que ameaça a sustentabilidade dos sistemas ambientais. Diante deste cenário, há uma necessidade de avaliação e monitoramento ambiental da desertificação. Como avaliar e monitorar as áreas já atingidas, ou propensas a desertificação no Ceará? Dentre as propostas metodológicas, o uso de indicadores tem sido adotado para a identificação de áreas vulneráveis, com o apoio de ferramentas do geoprocessamento. As áreas escolhidas para estudo foram dois municípios situados nos sertões semiáridos: Santa Quitéria, com extensão aproximada de 4.261 km², no sertão Centro-Norte; e Independência, localizado no sertão de Crateús, com área de 3.219 km². O objetivo deste estudo foi avaliar a desertificação e a degradação das terras secas dos sertões de Santa Quitéria e Independência por meio de indicadores biofísicos e socioeconômicos, com o suporte de geotecnologias em contribuição ao monitoramento ambiental. A pesquisa foi estruturada em três etapas principais: levantamento e coleta de dados e informações cartográficas e tabulares; trabalhos de campo; e tratamento e análise das informações em Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para a construção de um banco de dados geográficos das áreas de estudo foram utilizados dados cartográficos de instituições como Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Departamento Estadual de Rodovias (DER-CE); malha fundiária municipal, do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará (IDACE); informações altimétricas como curvas de nível, sombreamento do relevo e criação de Modelo Digital de Elevação (MDE), em imagens de radar *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), com resolução de 90m. As feições geomorfológicas e o padrão fisionômico da cobertura vegetal, e classes de uso da terra foram obtidos a partir da interpretação visual e digital em imagens do satélite CBERS4, na escala de 1:100.000. A análise espacial foi executada em software ArcGIS 10.4., que permitiu o armazenamento e manipulação de dados para geração dos mapas temáticos, em escala de 1:200.000. A partir uma abordagem sistêmica, a caracterização integrada dos componentes abióticos, bióticos e antrópicos possibilitou a identificação de 16 sistemas e subsistemas ambientais nos municípios de estudo. Em fase posterior, os sistemas ambientais foram avaliados por meio da aplicação de dois grupos de indicadores de desertificação: geobiofísicos e socioeconômicos. Os indicadores geobiofísicos foram: permoporosidade; declividade; erosão hídrica; espessura; cobertura e estrato da vegetação; aridez e vulnerabilidade às secas. O grupo de indicadores socioeconômicos analisou: captação de água; extrativismo vegetal; produção agrícola temporária; pecuária e estrutura

fundiária. Cada indicador foi composto por cinco classes, escalonados em valores de um a cinco. O maior valor atribuído correspondeu a melhores condições de conservação dos recursos naturais. A composição dos índices geobiofísicos de desertificação (IGBD) foi resultante da média aritmética obtida da soma de valores atribuídos a cada indicador, dividida pela quantidade total de indicadores. A análise dos indicadores socioeconômicos (ISED) evidenciou as causas diretas de pressão sobre os recursos naturais dos processos de desertificação nos sertões de Santa Quitéria e Independência. Como resultado da avaliação, os sistemas ambientais foram classificados em três níveis de suscetibilidade: baixa, moderada e alta, representados nos Mapas de Suscetibilidade à Desertificação. Concluiu-se que a suscetibilidade ambiental dos sistemas ambientais de Santa Quitéria e Independência à desertificação atingiu dois níveis de intensidade: moderado e moderado a alto.

Palavras-chave: Desertificação. Indicadores. Terras Semiáridas. Sensoriamento Remoto. SIG.

ABSTRACT

Desertification has advanced over portions of the semiarid region of Ceará, assuming variable intensity, which threatens the sustainability of environmental systems. In this scenario, there is a need for environmental assessment and monitoring of desertification. How to evaluate and monitor areas already affected, or leaning to desertification in Ceará? Among the methodological proposals, the use of indicators has been adopted for the identification of vulnerable areas, with the support of geoprocessing tools. The areas chosen for study were two municipalities located in the semiarid hinterlands of Ceará: Santa Quitéria, with an approximate extension of 4,261 km², in the Centre-North hinterlands; and Independence, located in the Crateús's hinterlands, with an area of 3,219 km². The objective of this study was to evaluate the desertification and degradation of the drylands of the hinterlands of Santa Quitéria and Independência through biophysical and socioeconomic indicators, with the support of geotechnologies in contribution to the environmental monitoring. The research was structured in three main stages: survey and collection of data and cartographic and tabular information; fieldwork; and treatment and analysis of information in the Geographic Information System (GIS). For the construction of a geographic database of the study areas, they were obtained cartographic data from institutions as the Secretariat of Water Resources (SRH), the Brazilian Institute for Geography and Statistics (IBGE), the State Department of Highways (DER-CE) were used; the municipal mesh, the Institute of Colonization and Agrarian Reform (INCRA) and the Institute for Agrarian Development of Ceará (IDACE); elevation information and creation of a Digital Elevation Model (DEM) in Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), radar images, with 90m of spatial resolution. The geomorphological features and the physiognomic pattern of the vegetation cover and land use classes were obtained from the visual and digital interpretation of satellite images by CBERS4, in the 1: 100,000 scale. The spatial analysis was performed in ArcGIS 10.4 software, which allowed the storage and manipulation of data to generate thematic maps, in a scale of 1: 200,000. From a systemic approach, the integrated characterization of the abiotic, biotic and anthropic components allowed the identification of 16 environmental systems and subsystems in the study municipalities. At a later stage, environmental systems were evaluated through the application of two groups of indicators of desertification: geobiophysical and socioeconomic. The geobiophysical indicators were: permoporosity; slope; water erosion; thickness; cover and vegetation stratum; aridity and vulnerability to droughts. The group of socioeconomic indicators analyzed: water abstraction; vegetable extractivism; temporary agricultural production; livestock and land structure. Each indicator was composed of five classes, dispose in values

from one to five. The highest value attributed corresponded to better conditions for the conservation of natural resources. The geobiophysical indices of desertification (IGBD) were derived from the arithmetic mean obtained from the sum of values assigned to each indicator, divided by the total number of indicators. The analysis of socioeconomic indicators (ISED) evidenced the direct causes of pressure on the natural resources of the desertification processes in the hinterlands of Santa Quitéria and Independência. As a result of the evaluation, the environmental systems were classified into three levels of susceptibility: low, moderate and high, represented in the Susceptibility Maps to Desertification. It was concluded that the environmental susceptibility of the environmental systems of Santa Quitéria and Independence to desertification reached two levels of intensity: moderate and moderate to high.

Keywords: Desertification. Indicators. Semiarid lands. Remote Sensing. GIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Posição Geográfica e Localização das Áreas de Estudo.....	26
Figura 2 – Terras Secas do Mundo.....	31
Figura 3 – Mapa das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil.....	34
Figura 4 – Delimitação do Semiárido Brasileiro.....	36
Figura 5 – Áreas Suscetíveis à Desertificação – Ceará 2010.....	37
Figura 6 – Etapas para obtenção de indicadores de desertificação.....	45
Figura 7 – Sensoriamento Remoto como sistema de aquisição de informações.....	48
Figura 8 – Fluxograma metodológico da pesquisa.....	50
Figura 9 – Imagens CBERS4. A) Independência; B) Santa Quitéria.....	52
Figura 10 – Mosaico de imagens SRTM TOPODATA – Município de Santa Quitéria.....	54
Figura 11 – Relevo sombreado – Município de Santa Quitéria.....	55
Figura 12 – Mosaico de imagens SRTM TOPODATA – Município de Independência.....	56
Figura 13 – Relevo sombreado – Município de Independência.....	57
Figura 14 – Mapa geológico de Santa Quitéria.....	77
Figura 15 – Mapa geológico de Independência.....	78
Figura 16 – Afloramentos rochosos em Independência, distrito-sede.....	81
Figura 17 – Unidades geomorfológicas do Município de Santa Quitéria.....	82
Figura 18 – Unidades geomorfológicas do Município de Independência.....	83
Figura 19 – Modelo Digital de Elevação – Município de Santa Quitéria.....	85
Figura 20 – Modelo Digital de Elevação – Município de Independência.....	86
Figura 21 – Distribuição das precipitações pluviométricas em Santa Quitéria (2001- 2015).....	92
Figura 22 – Distribuição das precipitações pluviométricas em Independência (2001- 2015).....	93

Figura 23 – Açude Jaburu II no vale do Rio Curiú / Independência (Julho/2015).....	98
Figura 24 – Açude Jaburu II no vale do Rio Curiú / Independência (Dezembro/2016).....	98
Figura 25 – Distribuição espacial de poços cadastrados no Programa SIAGAS/CPRM – Santa Quitéria.....	100
Figura 26 – Distribuição espacial de poços cadastrados no Programa SIAGAS/CPRM – Independência.....	101
Figura 27 – Classes de solos – Município de Santa Quitéria.....	104
Figura 28 – Classes de solos – Município de Independência.....	105
Figura 29 – Luvissole Crômico – corte de estrada, margem direita da estrada. Campo de pouso / Independência /Distrito-sede.....	106
Figura 30 – Planossolo. Margem Esquerda da Barragem Fazenda Boa Vista / Santa Quitéria.....	107
Figura 31 – Planície fluvial do Rio Groáíras / Santa Quitéria.....	126
Figura 32 – Inselbergs. CE-176, sentido Santa Quitéria / Sobral.....	127
Figura 33 – Cristas residuais / Assentamento Olho d’ Água – Santa Quitéria.....	128
Figura 34 – Caatinga arbustiva fortemente degradada. CE-257 / Santa Quitéria.....	129
Figura 35 – Caatinga arbustiva aberta degradada com pedregosidade. CE-257 / Santa Quitéria.....	129
Figura 36 – Neossolos Regolíticos, com pecuária. CE-176 /Bom Viver, Santa Quitéria...	130
Figura 37 – Erosão por sulcos, Nordeste do Distrito-sede de Independência.....	131
Figura 38 – Caatinga arbustiva degradada, com cactáceas, Sertão de Independência.....	132
Figura 39 – Pastagem. CE-176, margem esquerda, Independência.....	133
Figura 40 – Distrito de Iapi – Independência, CE-176.....	133
Figura 41 – Caatinga arbustiva aberta, Distrito de Iapi – Independência, CE-176.....	134
Figura 42 – Luvissole Crômico, Distrito de Iapi – Independência, CE-176.....	134
Figura 43 – Caatinga arbustiva-arbórea degradada, Alvação de Cima / Independência.....	135

Figura 44 – Planície fluvial do Riacho Santa Cruz, Distrito-sede /Independência.....	137
Figura 45 – Planície fluvial do Rio Curiú, Independência.....	137
Figura 46 – Planície fluvial fortemente degradada. Distrito de Monte Sinai/Independência.....	138
Figura 47 – Inselberg Pedra Lisa / Independência.....	139
Figura 48 – Crista residual: estação seca e chuvosa. Jandrangoeiras, Independência.....	140
Figura 49 – Mapa de declividade – Independência.....	146
Figura 50 – Mapa de declividade – Santa Quitéria.....	147
Figura 51 – Planossolo. Sistema Sertão do Iapi /Independência.....	149
Figura 52 – Planossolo, sistema ambiental de Independência.....	149
Figura 53 – Erosão hídrica no Sertão do Groaíras, Santa Quitéria.....	150
Figura 54 – Sulcos de erosão em Luvisolos. Sistema Sertão de Independência.....	151
Figura 55 – Caatinga arbustiva degradada, Sertão de Santa Quitéria.....	152
Figura 56 – Caatinga arbustiva aberta. Sistema Sertão de Independência.....	152
Figura 57 – Estrutura Fundiária do Município de Independência.....	163
Figura 58 – Estrutura Fundiária do Município de Santa Quitéria.....	164

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Precipitações Pluviométricas observadas em Santa Quitéria no período de 2001 a 2016.....	95
Gráfico 2	– Precipitações Pluviométricas observadas em Independência no período de 2001 a 2016.....	95
Gráfico 3	– PIB Municipal 2013.....	113
Gráfico 4	– PIB Agropecuária 2013.....	114
Gráfico 5	– Classificação Fundiária 2015.....	114
Gráfico 6	– Área em hectare dos imóveis rurais – 2015.....	115
Gráfico 7	– Produção de Feijão em grãos/Tonelada - Independência (1985 – 2016).....	117
Gráfico 8	– Produção de Feijão em grão/Tonelada – Santa Quitéria (1985 -2016).....	117
Gráfico 9	– Produção de Milho/Tonelada – Independência (1985-2016).....	117
Gráfico 10	– Produção de Milho/Tonelada – Santa Quitéria (1985- 2016).....	118
Gráfico 11	– Rebanho de Bovinos – Independência (1985-2016).....	118
Gráfico 12	– Rebanho de Bovinos – Santa Quitéria (1985-2016).....	119
Gráfico 13	– Rebanho de Caprinos – Independência (1985-2016).....	119
Gráfico 14	– Rebanho de Caprinos – Santa Quitéria (1985-2016).....	120
Gráfico 15	– Rebanho de Ovinos – Independência (1985-2016).....	120
Gráfico 16	– Rebanho de Ovinos – Santa Quitéria (1985-2016).....	120
Gráfico 17	– Produção de Carvão – Independência (1985-2016).....	121
Gráfico 18	– Produção de Carvão – Santa Quitéria (1985-2016).....	121
Gráfico 19	– Produção de Lenha – Independência (1985-2016).....	122
Gráfico 20	– Produção de Lenha – Santa Quitéria (1985-2016).....	122
Gráfico 21	– Precipitação Pluviométrica e Anomalia (2001-2016) – Independência.....	153
Gráfico 22	– Precipitação Pluviométrica e Anomalia (2001-2016) – Santa Quitéria.....	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População, segundo os municípios e seus distritos.....	75
Tabela 2 – Principais açudes e volume das bacias hidrográficas no ano de 2012.....	97
Tabela 3 – Quantidade de poços por Município.....	99
Tabela 4 – Área plantada com culturas permanentes e temporárias – 2000 e 2010.....	116
Tabela 5 – Sistemas Ambientais do Município de Santa Quitéria e valores obtidos nos indicadores geobiofísicos de desertificação.....	142
Tabela 6 – Sistemas Ambientais do Município de Independência e valores obtidos nos indicadores geobiofísicos de desertificação.....	143
Tabela 7 – Indicadores Socioeconômicos de Desertificação – Independência.....	160
Tabela 8 – Indicadores Socioeconômicos de Desertificação – Santa Quitéria.....	161

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	– Índice de Aridez.....	32
Quadro 2	– Cartas Topográficas.....	51
Quadro 3	– Seleção de Imagens CBERS4.....	52
Quadro 4	– Imagens de radar SRTM.....	53
Quadro 5	– Características das Estações Pluviométricas.....	58
Quadro 6	– Chave de Interpretação – Cobertura Vegetal/Uso da Terra.....	59
Quadro 7	– Classes de vegetação mapeadas e seus respectivos fotográficos no município de Santa Quitéria.....	60
Quadro 8	– Trabalhos de campo e procedimentos realizados.....	62
Quadro 9	– Indicadores geobiofísicos de desertificação.....	64
Quadro 10	– Indicadores socioeconômicos de desertificação.....	68
Quadro 11	– Classificação dos imóveis rurais.....	70
Quadro 12	– Esboço cronolitoestratigráfico de Santa Quitéria e Independência.....	79
Quadro 13	– Precipitações pluviométricas médias (2001-2016).....	91
Quadro 14	– Correlação taxonômica de classes de solos.....	102
Quadro 15	– Lista de espécies vegetais identificadas nos municípios de Santa Quitéria e Independência.....	109
Quadro 16	– Classes mapeadas.....	110
Quadro 17	– Classificação fundiária para os municípios de Santa Quitéria e Independência, quanto ao MF.....	115
Quadro 18	– Índice Geobiofísico de Desertificação – Santa Quitéria.....	154
Quadro 19	– Índice Geobiofísico de Desertificação – Santa Quitéria.....	155
Quadro 20	– Índice Geobiofísico de Desertificação – Independência.....	155
Quadro 21	– Índice Geobiofísico de Desertificação – Independência.....	156

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	– Mapa Básico do Município de Santa Quitéria.....	73
Mapa 2	– Mapa Básico do Município de Independência.....	74
Mapa 3	– Cobertura Vegetal/Uso da Terra – Santa Quitéria.....	111
Mapa 4	– Cobertura Vegetal/Uso da Terra – Independência.....	112
Mapa 5	– Sistemas Ambientais do Município de Santa Quitéria.....	124
Mapa 6	– Sistemas Ambientais do Município de Independência.....	125
Mapa 7	– Mapa de Suscetibilidade à Desertificação – Santa Quitéria.....	158
Mapa 8	– Mapa de Suscetibilidade à Desertificação – Independência.....	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADENE	Agência de Desenvolvimento do Nordeste
ANA	Agência Nacional de Águas
ASD	Áreas Susceptíveis à Desertificação
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite
CCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
COGERH	Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos
DESERTLinks	Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakehold
DISMED	Desertification Information System to the Mediterranean Region
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
DSG	Divisão de Serviço Geográfico
EM	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
ENOS	El Niño - Oscilação Sul
ET	Evapotranspiração Potencial
ESA	Agência Espacial Europeia
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCO	Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
FNO	Fundo Constitucional de Financiamento do Norte

FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GEF	Global Environment Facility ou Fundo Mundial para o Meio Ambiente
GLADIS	Global Land Degradation Information System
GLASOD	Global Assessment of Soil Degradation
GPS	Global Positioning System ou Sistema de Posicionamento Global
HIDROWEB	Sistema de Informações Hidrológicas
IA	Índice de Aridez
IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICID	International Conference on Impacts of Climate Variation and Sustainable Development in Semi-arid Regions
IDACE	Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará
IDEF	Instituto do Desenvolvimento da Agricultura Familiar
IDW	Inverse Distance Weighting
IGBD	Indicador Geobiofísico de Desertificação
IICA	Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura
INCRA	Instituto de Colonização e Reforma Agrária
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
ISED	Indicador Socioeconômico de Desertificação
IVDP	Índice de Vulnerabilidade à Desertificação pela Pecuária
LADA	Land Degradation Assessments in Drylands
LANDSAT	Land Satellite
LUCINDA	Land Care in Desertification Affected Areas

LUS	Land Use System
MEDALUS	Medalus project - Mediterranean desertification and land use
MDE	Modelo Digital de Elevação
MF	Módulo Fiscal
MI	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MUXCAM	Multispectral Camera
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Precipitação
PAE-CE	Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Ceará
PAM	Produção Agrícola Municipal
PAN-Brasil	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca do Brasil
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PEVS	Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura
PIB	Produto Interno Bruto
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
SAP	Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação
SDA	Secretaria do Desenvolvimento Agrário do Ceará
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UAR	Unidades Ambientais de Referência
UG	Unidades Geoambientais
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
VCAN	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
WAVES	Projeto Water availability and vulnerability of ecosystems and society in the Semiarid Northeast of Brazil
WOCAT	Overview on Conservation approaches and technologies
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
ZEE	Zoneamento Ecológico Econômico
ZCS	Zona de Cisalhamento Sobral Pedro II
ZCSP	Zona de Cisalhamento Senador Pompeu

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	24
2	FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS.....	28
2.1	Desertificação: antecedentes.....	28
2.2	Geografia e a Análise Sistêmica da Desertificação.....	38
2.3	A Avaliação e o Monitoramento da Desertificação	41
2.3.1	<i>Metodologia de Indicadores de Desertificação.....</i>	42
2.4	Procedimentos Técnico-Operacionais.....	49
3	DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS DE SANTA QUITÉRIA E INDEPENDÊNCIA.....	72
3.1	Contexto Geoambiental dos Municípios de Santa Quitéria e Independência	75
3.1.1	<i>Condições geológicas e geomorfológicas.....</i>	75
3.1.2	<i>Aspectos hidroclimáticos.....</i>	89
3.1.3	<i>Solos e formações vegetais.....</i>	102
3.1.4	<i>Aspectos de uso da terra.....</i>	113
3.2	Sistemas Ambientais dos Municípios de Santa Quitéria e Independência ..	122
3.2.1	<i>Sistemas Ambientais dos Municípios de Santa Quitéria</i>	126
3.2.2	<i>Sistemas Ambientais dos Municípios de Independência.....</i>	130
4	AVALIAÇÃO DA DESERTIFICAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DE SANTA QUITÉRIA E INDEPENDÊNCIA	141
4.1	Indicadores Geobiofísicos de Desertificação.....	141
4.2	Indicadores Socioeconômicos de Desertificação.....	160
5	CONCLUSÕES.....	167
	REFERÊNCIAS	170

1 INTRODUÇÃO

A degradação das terras secas (áridas, semiáridas e sub-úmidas secas) é um dos graves problemas ambientais destacados nos principais fóruns internacionais sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Estima-se que as perdas anuais decorrentes do processo chegam aos seis milhões de hectares de terras produtivas, afetando, em média de mais de dois bilhões de pessoas no mundo (EM, 2005).

A desertificação é o estado mais preocupante da degradação das terras secas devido ao caráter de ruptura e irreversibilidade do estado de resiliência dos sistemas ambientais. Sob estes aspectos são diversos os prejuízos socioambientais, especialmente, decorridos do uso da terra e ocupações inadequadas pelas populações afetadas.

A desertificação é definida como sendo a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as atividades humanas e as variações climáticas (UNCCD, 1994). Assim, entende-se por degradação da terra, a degradação da vegetação, dos solos, dos recursos hídricos, e consequente degradação da qualidade de vida das populações afetadas, ou seja, a degradação generalizada do ambiente.

Segundo o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e de Efeitos das Secas (PAN-Brasil), os espaços semiáridos e sub-úmidos secos do Nordeste brasileiro foram reconhecidos como as Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD). O Nordeste semiárido é uma região naturalmente propensa aos processos de degradação da terra, sobretudo dos seus solos, vegetação e águas, em decorrência do seu histórico de uso e ocupação empregando práticas produtoras primárias, rudimentares e sem rezer pela sustentabilidade dos recursos naturais (BRASIL, 2004).

A degradação da terra se agrava pela ocorrência e efeitos das secas periódicas, inerentes às características climáticas e hidrológicas regionais, e ao antropismo como causas para os processos de desertificação, sendo necessária a compreensão das mesmas no que se refere à dinâmica ambiental das paisagens e da condição de vida das populações afetadas (Oliveira, 2006; Souza; Oliveira, 2002).

Na atualidade, o Nordeste brasileiro semiárido enfrenta o quinto ano consecutivo de secas, com ciclo iniciado desde o ano de 2012, constatado pelo monitoramento oficial da Fundação Cearense de meteorologia e Recursos Hídricos do Ceará (FUNCEME) e Agência Nacional de Águas (ANA) (ANA, 2017).

Entre os Estados da Região Nordeste, o Ceará detém mais de 86% de seu território constituído por terras secas semiáridas, onde se estima uma população residente de 4.724.000

peessoas, aproximadamente (MEDEIROS *et al.*, 2012). Nessas terras, a desertificação se estende por 26.432,7 km² de área, em parte de 12 municípios, situados nas porções centro-norte, sudeste e sudoeste do Estado do Ceará. Segundo o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação de Efeitos das Secas (PAE-CE), estes municípios constituem as ASD do Ceará: Irauçuba-Centro-Norte, Inhamuns e Médio Jaguaribe, os quais apresentam a desertificação em estado grave e muito grave (CEARÁ, 2010).

Partindo do pressuposto de que a desertificação avança sobre o semiárido do Ceará, atingindo diversas porções do território com intensidades variáveis, e consequente reconhecimento das ASD estaduais pelo PAE, considerou-se o seguinte questionamento: como avaliar e monitorar a desertificação em municípios inseridos nas ASD do Ceará? Ao pensar nesta questão buscou-se a avaliação da desertificação nas terras semiáridas cearense à luz da abordagem sistêmica da paisagem (SOUZA; OLIVEIRA, 2011) e uso de indicadores biofísicos e socioeconômicos, conforme Oliveira, Semedo e Oliveira (2014), Oliveira (2012, 2011), e Abraham e Salomón (2006), em combinação com a aplicação de técnicas de análise espacial com fins do monitoramento ambiental.

Desta maneira, para a realização desta pesquisa foram escolhidos dois municípios representativos das ASD Irauçuba/Centro-Norte e Inhamuns: Santa Quitéria, situado nos sertões centro-norte do Estado, limítrofe com o núcleo Irauçuba; e Independência, localizado nos sertões de Crateús, limítrofe com o núcleo Tauá (FIGURA 1). Esses municípios possuem um vasto território que carece de estudos científicos para compreender parte da sua dinâmica paisagística e dos problemas decorrentes dos usos e ocupações sem práticas de manejo dos recursos naturais, que agravam o cenário ambiental e de pobreza nesses municípios.

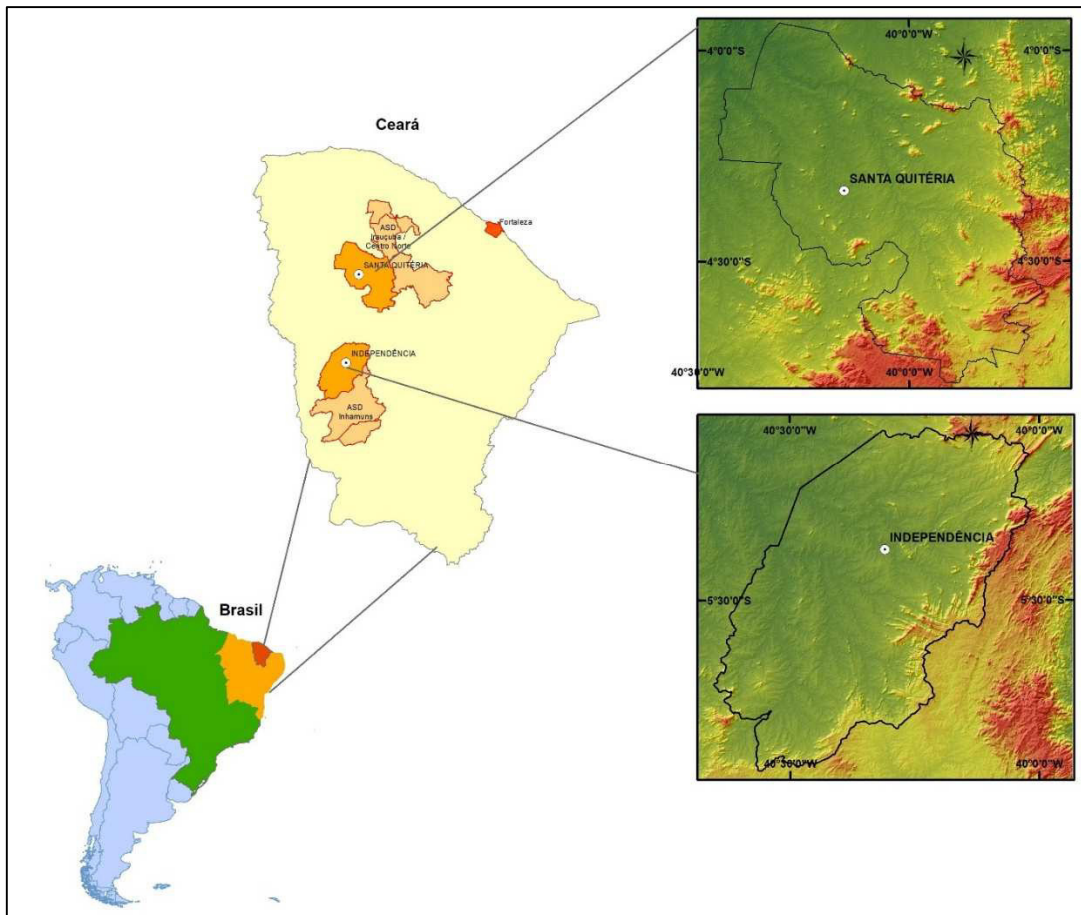
Nesta perspectiva o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a degradação das terras secas nos municípios de Santa Quitéria e Independência com uso de indicadores de desertificação e de geotecnologias para suporte ao monitoramento ambiental de Áreas Susceptíveis à Desertificação.

Foram objetivos específicos:

- Delimitar e caracterizar os sistemas e subsistemas ambientais nos municípios de estudo com fins de diagnóstico ambiental;
- Identificar as áreas desertificadas e áreas degradadas com vulnerabilidade à desertificação;
- Aplicar indicadores biofísicos e socioeconômicos de desertificação aos sistemas e subsistemas ambientais;

- Criar um banco de dados geográficos das ASD em ambiente SIG para o monitoramento das áreas degradadas e planejamento ambiental.
- Propor novos dados e informações, bem como técnicas para o monitoramento ambiental dos Sertões de Independência e Santa Quitéria.

Figura 1 – Posição Geográfica e Localização das Áreas de Estudo.



Fonte: Silva (2018).

Diante da vasta bibliografia produzida sobre a desertificação e a identificação de áreas suscetíveis no Estado do Ceará, a partir da década de 1990, merecem destaque as obras de Soares *et al.* (1992), Leite *et al.* (1993), Soares *et al.* (1995), Leite *et al.* (2005), Ceará (2010), FUNCEME (2015a; 2015b) e, mais recente, CGEE (2016).

Com base nestes trabalhos foram identificadas as áreas propensas à desertificação no Ceará. As principais causas da desertificação foram associadas ao manejo inadequado dos recursos naturais por atividades agropastoris, extrativismo desenfreado, práticas de desmatamento e queimadas.

O panorama da desertificação nos municípios cearenses foi examinado por pesquisadores como Oliveira (1990), Souza (2000; 2005), Oliveira e Printz (2000), Oliveira *et al.* (2003), Sales (2003), Sales e Oliveira (2006; 2015), Soares *et al.* (2003), Nascimento (2006; 2013), Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009), Oliveira (2006; 2011; 2012), e Oliveira, Semedo e Oliveira (2014).

As contribuições destes autores se fazem no enriquecimento teórico-metodológico e empírico da desertificação, sobressaindo as abordagens sistêmicas, uso de indicadores de desertificação, identificação de áreas propensas por métodos de observação por imagens orbitais e uso de sistemas de informação geográfica.

O uso de produtos do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica são amplamente empregados nos mais diversos estudos avaliativos da desertificação em todas as escalas: global, regional ou local (FAO, 2007). Deste modo, o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento combinadas aos levantamentos de campos e uso de indicadores deram o suporte técnico-operacional na análise ambiental e na avaliação das áreas desertificadas, bem como daquelas que estão degradadas.

Neste sentido, o estudo proposto assume um status estratégico para o monitoramento ambiental de áreas degradadas, como também para a avaliação geoambiental baseada na combinação da análise de imagens orbitais associada com a aplicação de indicadores biofísicos e socioeconômicos de desertificação. Avançando sobre as limitações de dados secundários e a necessidade de dados primários para um monitoramento ambiental das áreas com suscetibilidade à desertificação, à luz de uma abordagem sistêmica e integrativa.

Após este aporte introdutório, o estudo foi organizado em mais quatro tópicos. No segundo tópico foram apresentados o estado da arte sobre a desertificação, o enfoque sistêmico sobre os espaços semiáridos e a desertificação, bem como a revisão de obras sobre a metodologia de indicadores. Ainda neste momento foi exposto a importância operacional das geotecnologias no suporte à análise espacial da desertificação.

Em tópico posterior, a delimitação de sistemas e subsistemas ambientais dos municípios de Santa Quitéria e Independência expressou a síntese do diagnóstico ambiental, a partir da caracterização dos componentes geoambientais e de uso da terra, à luz da análise integrada da paisagem. A partir da definição dos sistemas e subsistemas ambientais, o estado atual de degradação da base de recursos naturais foi analisado sob o emprego de indicadores biofísicos e socioeconômicos. Os indicadores utilizados nesta investigação foram escolhidos para uma melhor representação da qualidade ambiental dos sistemas e de pressão sobre os recursos naturais das terras semiáridas.

2 FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

2.1. Desertificação: antecedentes

Desde a década de 1970, a desertificação é um problema ambiental presente nos fóruns e conferências internacionais de debate sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Ganhou notoriedade a partir das discussões sobre a Seca e seus efeitos ocorridos no Oeste Americano, nos anos 30, e Continente Africano, na região do Sahel, no início da década de 1970.

Dregne (1987) já destacava a desertificação como um problema antigo para as populações situadas em regiões secas no mundo, onde as relações de aproveitamento de recursos naturais são conflituosas. O termo desertificação foi referido pela primeira vez pelo pesquisador francês Louis Lavauden em 1927, mas foi popularizado por André Aubreville nos anos 40, depois de uma década de experiências relacionadas com a degradação da terra na Grande Planície Americana, na década de 1930 (MATALLO JÚNIOR, 2009; RÊGO, 2012).

Durante a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, em Nairóbi, Quênia, em 1977, a desertificação foi reconhecida como um problema ambiental de alcance global pela cúpula política e comunidade de pesquisadores de países-membro da Organização das Nações Unidas (ONU) e representantes de áreas afetadas (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978; FERREIRA *et al.*, 1994; RODRIGUES *et al.*, 1995).

A Convenção das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no ano de 1992, no Rio de Janeiro, também conhecida como ECO-92, tornou-se um marco dentre os principais eventos sobre Desertificação. Nessa conferência houve avanços no estabelecimento do conceito de desertificação e a criação da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos efeitos das Secas (CCD), consolidada no ano de 1994.

Os antecedentes históricos das conferências, seminários e simpósios relacionados ao combate à desertificação em âmbito mundial e com a participação do Brasil podem ser encontrados nas obras de Sales (2003), no Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANBRASIL) (BRASIL, 2004), em Nascimento (2006; 2013) e Matallo Júnior (2009).

Dentre as questões mais pertinentes nos estudos sobre desertificação, destaca-se o seu debate conceitual presente em diversas obras (VERDUM *et al.*, 2001; NASCIMENTO, 2006; 2013; RÊGO, 2012). Mais de uma centena de conceitos e marcos apresentados pela comunidade tecno-científico. Esses comumente criam ambivalências com a desertização, arenização e degradação ambiental (SUERTEGARAY, 1995; LOPÉZ BERMÚDEZ, 1995).

Dentre as discussões conceituais já mencionadas que envolvem a desertificação, também há diferenciação desta e a degradação ambiental em si. Segundo o Vocabulário de Meio Ambiente, a degradação ambiental é o termo usado para qualificar os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou a capacidade produtiva dos recursos ambientais (MOREIRA, 1992).

Miller (2007) explana que ao se exceder a taxa de reposição de um recurso natural renovável, diminuindo suas provisões, desencadeia-se o processo conhecido por degradação ambiental. Já na perspectiva de abordagem e diferenciação dos fenômenos, Rodrigues (1987) procurou definir a desertificação como sendo a degradação que conduz ao empobrecimento generalizado dos ecossistemas, podendo culminar, particularmente áreas de climas áridos, semiáridos e subúmidos secos (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978; SOARES *et al.*, 1992; LEITE *et al.*, 1993; SOARES *et al.*, 1995).

Ao abordar a problemática da desertificação e savanização no Brasil Intertropical, Ab'Sáber (1977) define que os processos parciais de desertificação são todos aqueles fatos isolados ou areolares capazes de criar degradações irreversíveis da paisagem e dos tecidos ecológicos naturais.

Vasconcelos Sobrinho (1978) reconhece a dificuldade de uma definição precisa sobre desertificação em razão das distintas causas que a condicionam. Contudo, deixa certo que estas são devidas à fragilidade dos ecossistemas das terras secas em geral, em decorrência da pressão excessiva exercida pelas populações humanas, ou às vezes pela fauna autóctone, perdem sua produtividade e a capacidade de recuperar-se.

Ferreira *et al.* (1994) e Valdemar Rodrigues *et al.* (1995) direcionaram que a desertificação deve ser entendida como um fenômeno integrador de processos econômicos, sociais e naturais e/ou induzidos que destroem o equilíbrio do solo, da vegetação, do ar e da água, bem como a qualidade de vida humana, nas áreas sujeitas a uma aridez edáfica e/ou do climática.

Araújo, Almeida e Guerra (2005) definem a degradação ambiental com sendo a degradação das terras envolvendo a redução dos recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra. Tal redução levaria ao abandono ou “desertificação” da terra.

Os autores também entendem que a degradação ambiental pode ter causas naturais, ou induzidas pelo homem. No caso da primeira, esse tipo de degradação já se mostrou reversível em poucos anos após o retorno das chuvas e do isolamento da área, frente à ocupação animal e humana, o que não seria o caso da segunda, haja vista que a reversibilidade pode não se estender a toda biodiversidade existente.

Nascimento (2006; 2013) adotou a denominação de degradação ambiental/desertificação, ao entender que o termo desertificação foi concebido para designar os processos de degradação de terras induzidos pelo homem.

Mais recente, Abraham, Corso e Maccagno (2011) reforçam a emergência ao referir-se à desertificação como sendo a degradação irreversível das terras secas.

Concorda-se com Oliveira (2006) que a adoção do termo desertificação envolve um conjunto complexo de fatores inter-relacionados que se manifesta em diferentes níveis de resolução tanto espaciais como temporais. Além de um problema de escala, a noção e o uso inadequado completam a imprecisão do termo. Isto é, no espectro de discussões, as consequências são a insegurança e precariedade do próprio conceito de desertificação, adotado pela CCD (RÊGO, 2012).

Contudo, o artigo 1º da CCD ainda é o mais aceito, internacionalmente, e também adotado no âmbito deste estudo. A desertificação é definida como sendo a degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as atividades humanas e as variações climáticas (UNCCD, 1994; MATALLO JÚNIOR, 2009; OLIVEIRA; SEMEDO; OLIVEIRA, 2014).

Seguindo a mesma tônica de discussões, o conceito de degradação de terra nas áreas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas também sofreu alterações, principalmente com o entendimento de outras instituições como a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), parceira da CCD no combate à desertificação.

No início da década de 1980, o grupo de trabalho interdepartamental em Planejamento do uso da terra da FAO definiu a degradação de terra como sendo a deterioração ou perda total da capacidade dos solos para uso presente e futuro. Tais perdas ocorreriam principalmente por causa das principais formas de erosão (pelo vento e pela água) e das deteriorações química e física. Essa tipologia foi adotada pelo Projeto Avaliação Global da Degradação dos Solos, ou “*Global Assessment of Soil Degradation*” (GLASOD) (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005).

Esta definição generaliza a degradação da terra à erosão, que é uma das tipologias de degradação, podendo ter causas naturais ou não, e quando acentuadas por atividades inadequadas de uso da terra, desencadeiam processos de desertificação.

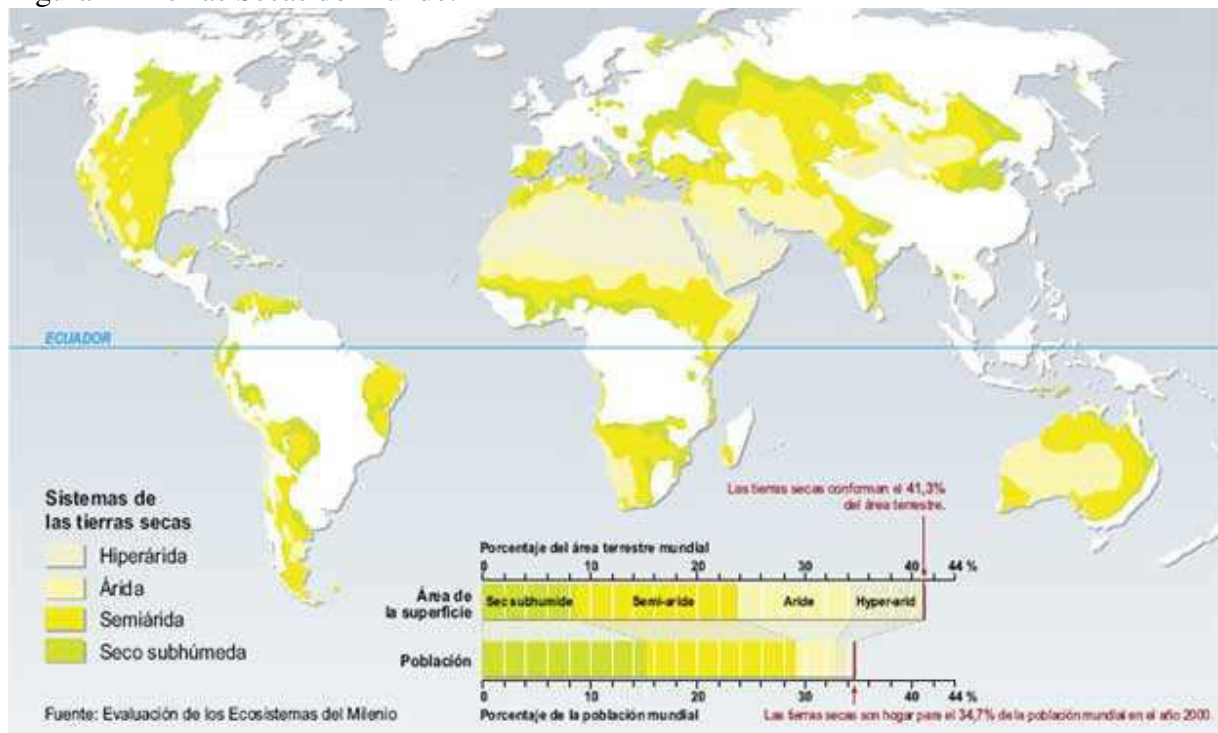
A CCD definiu em seu artigo 1º. a degradação da terra como sendo a redução ou perda da produtividade biológica ou econômica, bem como da complexidade das terras agrícolas irrigadas ou não, das pastagens, bosques e terras com vegetação nativa, em zonas áridas, semiáridas e sub-úmidas secas (MATALLO JÚNIOR, 2009).

No entendimento da CCD, a degradação da terra/desertificação é causada pelos sistemas de utilização da terra, ou por um processo ou uma combinação de processos, incluídos os resultantes de atividades humanas e padrões de habitação, tais como:

- Erosão dos solos causada por ventos ou água;
- Degradação das propriedades físicas, químicas, biológica ou econômicas dos solos e;
- Perdas de longo prazo da vegetação nativa.

A degradação da terra ocorre em todos os lugares, mas é definida como desertificação quando ocorre em terras secas do mundo. Entende-se por *Terras Secas* as áreas áridas, semiáridas e sub-úmidas, exceto os desertos, quando usada no contexto de desenvolvimento sustentável (FAO, 2008; CGEE, 2011; UNCCD, 2015) (FIGURA 2).

Figura 2 – Terras Secas do Mundo.



Fonte: EM (2005). Disponível em: <https://www.greenfacts.org/es/desertificacion/index.htm>.

As terras secas são caracterizadas por apresentarem precipitação baixa, pouco frequente, irregular e imprevisível; grandes variações entre temperaturas diurnas e noturnas; o solo contém pouca matéria orgânica e uma falta de água; e as plantas e animais adaptados a variáveis climáticas (resistentes à seca, tolerantes à salinidade, e capazes de lidar com a falta de água e resistentes ao calor) (UNCCD, 2012).

Com base na Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (EM, 2005), aproximadamente 10 a 20% destas terras encontram-se degradadas e a desertificação atinge mais de 110 países, onde a cada ano perde-se cerca de seis milhões de hectares de terra produtiva (ABRAHAM; CORSO; MACCAGNO, 2011, tradução nossa).

Em dados atualizados da CCD, estima-se que a extensão de terras secas susceptíveis à degradação de terras e desertificação corresponda a 41% da superfície terrestre, afetando adversamente as condições de vida de um bilhão de pessoas (CGEE, 2011). As terras secas incluem todas as regiões da superfície terrestre onde a produção de cultivos, forragem, madeira e outros serviços do ecossistema estão limitados pela água (ABRAHAM; CORSO; MACCAGNO, 2011).

Para a classificação destas áreas, a CCD adotou o critério de aridez climática por meio do índice de aridez (IA), desenvolvido por Thornthwaite (1941). O índice é definido pela razão entre a precipitação anual e evapotranspiração potencial (P / ET). As terras secas são caracterizadas por um P / ET entre 0,05 e 0,65 (QUADRO 1).

Quadro 1 - Índice de Aridez.

CLIMA	ÍNDICE (P/ET_p)
Hiperárido	< 0,05
Árido	0,05 - 0,20
Semiárido	0,21 - 0,50
Subúmido Seco	0,51 - 0,65
Subúmido Úmido, Úmido	> 0,65

Fonte: Adaptado de Brasil (2004); Oliveira (2006).

A partir da Conferência das Nações Unidas em Nairóbi no ano 1977, o termo *terras secas* foi adotado em menção à ocorrência da desertificação em regiões áridas, semiáridas e sub-úmidas no mundo. Vasconcelos Sobrinho (1978) fez menção aos ambientes susceptíveis à desertificação como sendo as terras secas os ecossistemas naturais submetidos aos climas árido, semiárido e subúmido, devendo-se diagnosticar e observar a desertificação em toda a gama dos processos físicos, biológicos e sociais e os usos da terra.

Quando se refere às terras secas no Brasil, estas correspondem aos espaços semiáridos e sub-úmidos secos do Nordeste e Norte do Estado de Minas Gerais. Esses espaços foram denominados de Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD), por apresentarem os condicionantes para o desenvolvimento de processos de desertificação (BRASIL, 2004).

Na obra de Sales (2003) foram elencadas as primeiras contribuições na identificação de áreas susceptíveis à desertificação em território brasileiro. Em escala regional foram destacadas as abordagens metodológicas de Vasconcelos Sobrinho (1978), Rodrigues *et al.* (1995), Ferreira *et al.* (1994), Nimer (1988), Ab'Sáber (1977) e Conti (1995).

A temática passou a ser vastamente discutidas na sociedade, especialmente, no meio acadêmico dado ao risco potencial de agravamento do panorama de desenvolvimento socioeconômico frágil da região Nordeste. Adicionalmente, havia uma preocupação da desertificação expandir para setores além do polígono das secas.

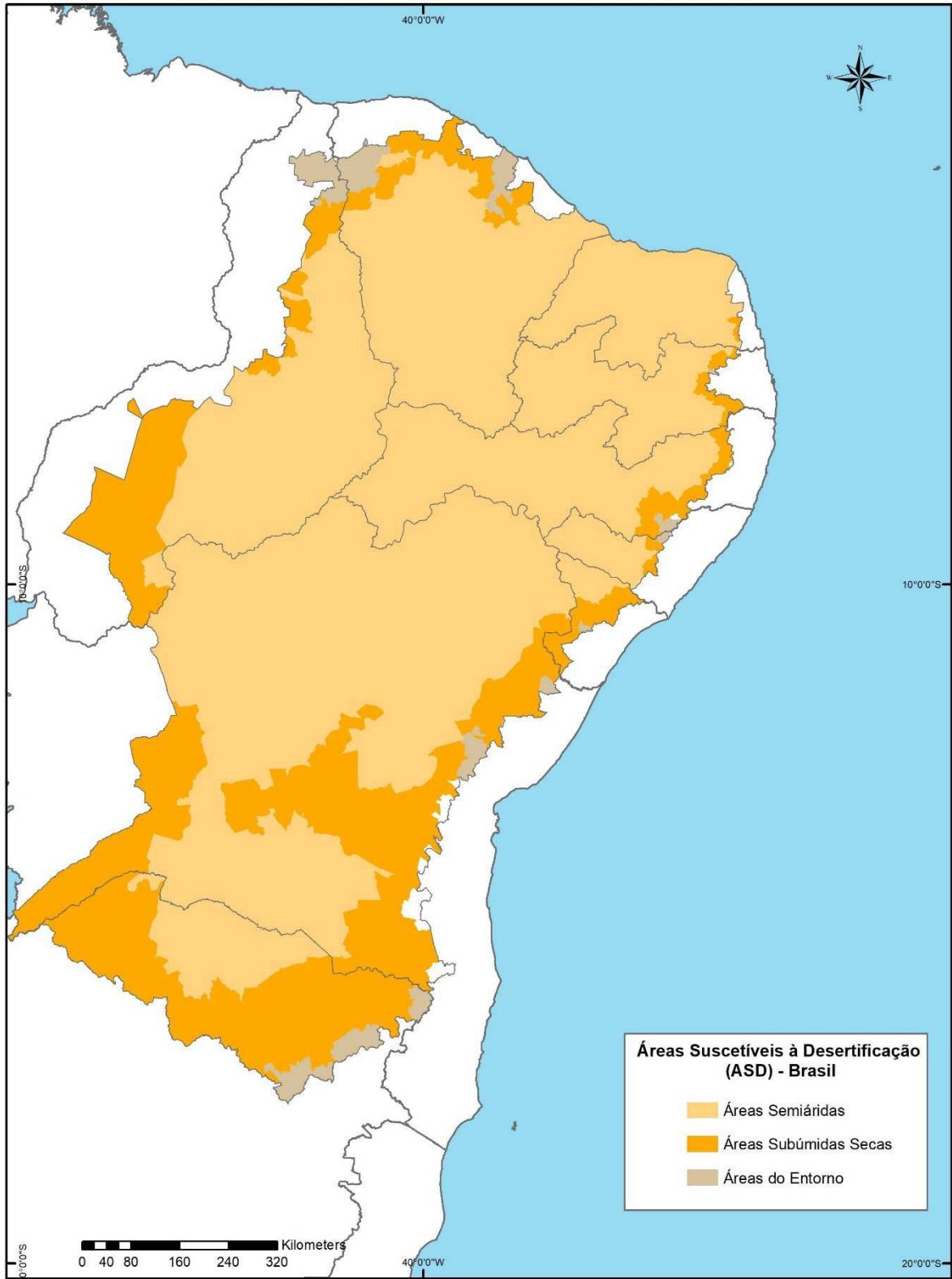
Para institucionalização do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PANBRASIL), no ano de 2004, as ASD foram delimitadas em quatro classes: núcleos de desertificação, áreas semiáridas e sub-úmidas secas, áreas de entorno, e por fim, novas áreas sujeitas a processos de desertificação. Atualmente, são núcleos de desertificação reconhecidos, e amplamente estudados: Gilbués, Irauçuba, Seridó e Cabrobó.

Posterior ao lançamento do PANBRASIL, as ASD foram apresentadas no Atlas das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil como sendo as áreas semiáridas, sub-úmidas secas e espaços adjacentes do Nordeste Brasileiro (FIGURA 3), ocupando uma área de 1.340.863 km², com um contingente aproximado de 30 milhões de pessoas (BRASIL, 2007).

Considerou-se como Áreas Susceptíveis à Desertificação as áreas semiáridas, caracterizadas pelo desequilíbrio entre oferta e demanda de recursos naturais, vis-à-vis as necessidades básicas das populações que nelas habitam (BRASIL, 2004).

O Semiárido Brasileiro é a região naturalmente susceptível à desertificação pela severidade da escassez e má distribuição das precipitações que regulam a dinâmica natural das paisagens. Associa-se à dinâmica natural frágil ao exaustivo uso da terra por meio de práticas inadequadas à capacidade de suporte ambiental como o desmatamento, o extrativismo, a pecuária e a agricultura de subsistência (SOUZA; OLIVEIRA, 2002).

Figura 3 – Mapa das Áreas Susceptíveis à Desertificação no Brasil.



Fonte: Adaptado de INSA (2013).

Convém ressaltar que, embora as áreas semiáridas correspondam aos espaços semiáridos, a delimitação do semiárido brasileiro esteve condicionada à área de atuação de instituições governamentais voltadas para o desenvolvimento do Nordeste como a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) / Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE), admitindo o território compreendido no Polígono das Secas (BRASIL, 2004).

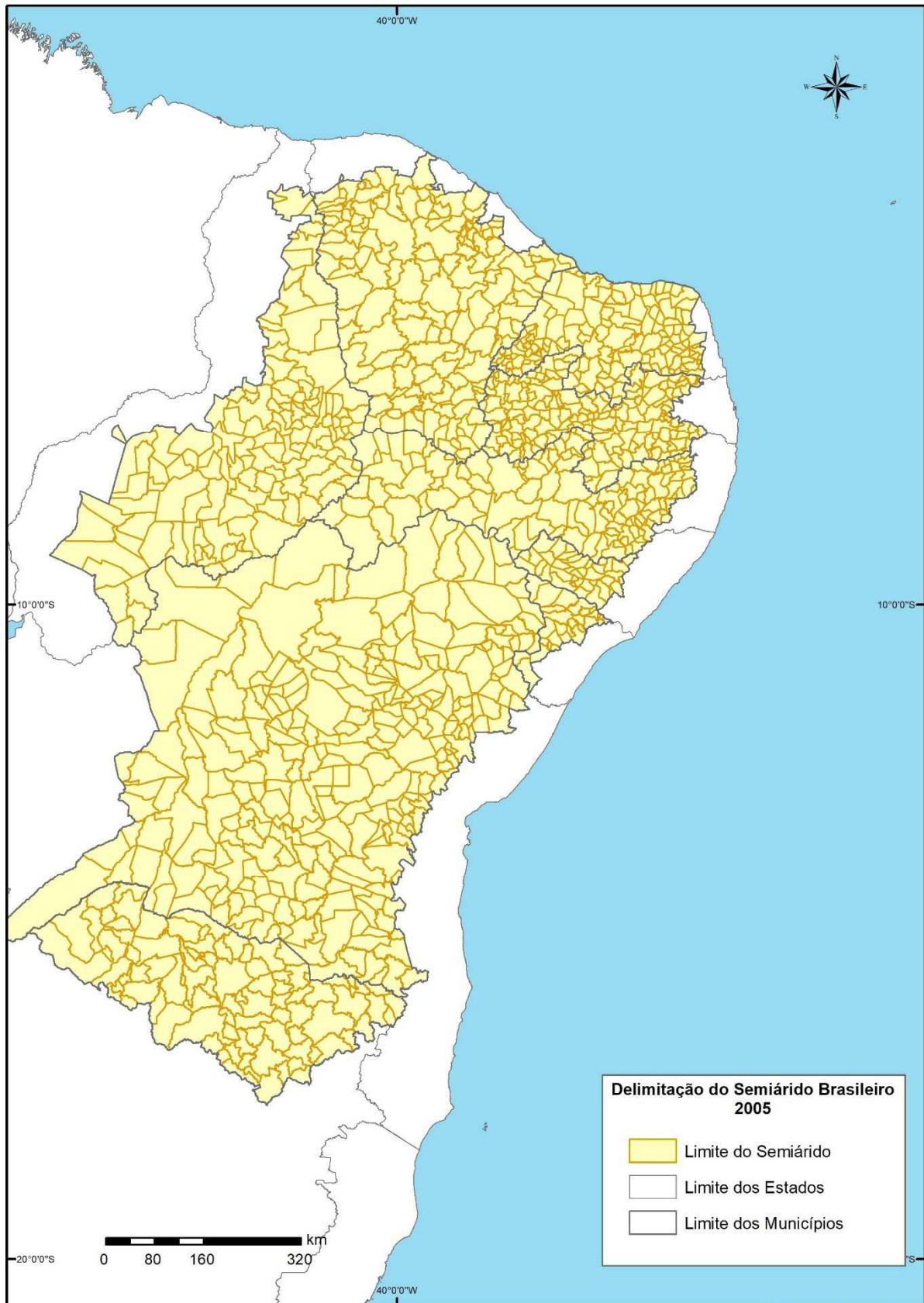
A delimitação oficial do semiárido brasileiro foi instituída pela Lei n 7.827, de 27 de dezembro de 1989, que criou e estabeleceu as condições de aplicação dos recursos dos Fundos Constitucionais de Financiamento do Norte (FNO), do Nordeste (FNE) e do Centro-Oeste (FCO), onde o critério climático (região com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm) prevaleceu para definição (MI, 2005; BRASIL, 2007).

Atualmente, a Região Semiárida do Brasil tem uma extensão total de 980.133, 079 km² de terras compreendidas pelos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e norte de Minas Gerais (FIGURA 4) (MI, 2005). São 1.135 municípios que concentram uma população de mais de 22.598.318 de habitantes, ou seja, representando 42,57% da população nordestina (MEDEIROS *et al.*, 2012; IBGE, 2010).

Com base em dados oficiais, a região Semiárida do Ceará se estende por 150 municípios, o que corresponde a 81,56% de sua área territorial. Aproximadamente, mais de 4.724.000 de pessoas residem no semiárido cearense, configurando-se como Áreas Susceptíveis à Desertificação no Estado (MI, 2005; IBGE, 2010; MEDEIROS *et al.*, 2012).

Os primeiros esforços na identificação de áreas susceptíveis à desertificação no Estado do Ceará foram realizados por Soares *et al.* (1992), em representação de estudo especial elaborado pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), apresentado durante a 1ª. Conferência Internacional do Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas, ou *International Conference on Impacts of Climate Variation and Sustainable Development in Semi-arid Regions* (ICID), no ano de 1992.

Figura 4 – Delimitação do Semiárido Brasileiro.

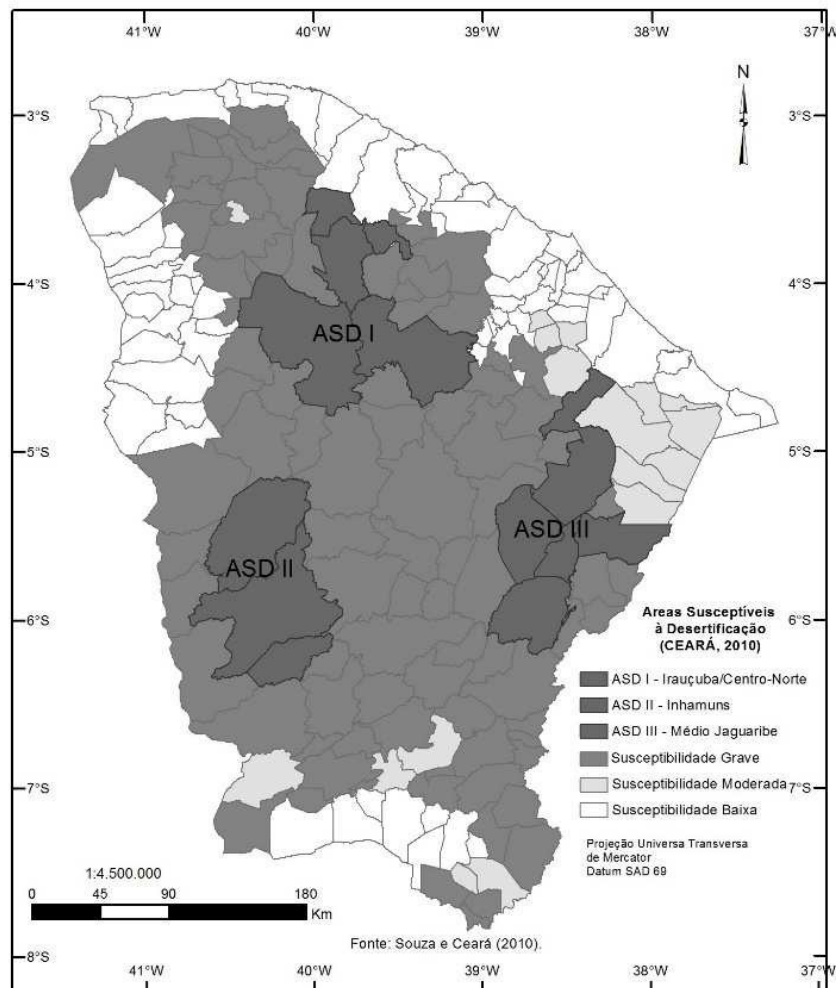


Fonte: Adaptado de INSA (2014).

Souza (2005) traçou um panorama da desertificação no Estado do Ceará, identificando áreas susceptíveis, a partir do levantamento das pesquisas acadêmicas e projetos institucionais, desde a década de 1990 até o ano de 2005. A partir desse panorama, as ASD do Ceará foram oficializadas no Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE) (CEARÁ, 2010), durante a 2ª. Conferência Internacional do Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas (ICID 2010), ou ICID+18.

As ASD do Ceará correspondem aos núcleos Irauçuba – Centro Norte (Irauçuba, Canindé, Santa Quitéria, Miraima e Itapajé); Inhamuns (Tauá, Independência e Arneiroz), e ainda, Médio Jaguaribe (Jaguaribe, Jaguaratama e Jaguaribara). Esses núcleos apresentaram processos de desertificação em estágios muito grave a grave. Os demais municípios semiáridos apresentaram terras degradadas, com susceptibilidade moderada e baixa à desertificação (CEARÁ, 2010). Na figura 5 são apresentadas as áreas susceptíveis à desertificação no Estado do Ceará, segundo os núcleos e níveis de suscetibilidade.

Figura 5 – Áreas Suscetíveis à Desertificação - Ceará 2010.



Fonte: Adaptado de Ceará (2010).

2.2 Geografia e a Análise Sistêmica da Desertificação

As pesquisas sobre a desertificação, suas características e dinâmica de processos devem ser apreendidas a partir de uma abordagem sistêmica e integrativa dos componentes (biofísicos e socioeconômicos) por meio de suas conexões (fluxos de matéria e energia), haja vista a complexidade entre as suas relações de causa e efeito nos sistemas ambientais (OLIVEIRA, 2012; RÊGO, 2012; ABRAHAM; BEEKMAN, 2006; DREW, 1998; HARE *et al.*, 1992; VASCONCELOS SOBRINHO, 1978; TRICART, 1977).

Quando nos referimos ao contexto da avaliação e do monitoramento da desertificação, a abordagem sistêmica está embutida no próprio entendimento conceitual do que é Terra para a CCD e a FAO. A CCD entende a Terra como sendo o sistema bioproductivo terrestre, que compreende o solo, a vegetação, outros componentes da biota e os processos ecológicos e hidrológicos que se desenvolvem dentro do sistema (FAO, 2007; MATALLO JÚNIOR, 2009).

Esta perspectiva também é adotada pela FAO após releitura dos conceitos de terra, equacionada como solo e recursos ambientais (FAO, 1995), o que demonstrou os avanços na delimitação espacial de terra, ou seja, uma “unidade de terra”, ou “paisagem” (FAO, 2007; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2005):

[*Terra* é uma área delineável da superfície sólida da Terra, cujas características incluem todos os atributos da biosfera, verticalmente acima ou abaixo dessa superfície, incluindo aquelas da atmosfera mais baixa (bacia aérea), o solo e a geologia, a hidrologia (inclusive lagos, rios, pântanos e mangues), a população vegetal e animal, o modelo de assentamento humano e os resultados físicos da atividade humana do passado e de presente (terraceamento, armazenamento de água ou estruturas de drenagem, estradas etc.) ARAÚJO, ALMEIDA e GUERRA, 2005, p.17; FAO, 2007, p.17].

O ponto de partida para avaliação da degradação de terras é a análise de unidades de paisagem. Abraham, Montaña e Torres (2006) reconhecem a compatibilidade metodológica entre as concepções de avaliação da degradação de terras e desertificação por meio da adoção de Unidades Ambientais de Referência (UAR), ou unidades de análise ambiental, ou de paisagem para a realização de diagnósticos ambientais e, conseqüente criação de um Sistema de Avaliação e Monitoramento da Desertificação baseado em indicadores.

O PANBRASIL (BRASIL, 2004) reconheceu o ZEE como instrumento fundamental ao conhecimento e à gestão ambiental nas ASD, ao permitir a identificação e monitoramento dos processos de desertificação, pressões, estados e respostas das ações de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca, por meio de uma base de indicadores, seja para abordagem em escala nacional, ou local.

Nesta perspectiva, a avaliação da degradação da terra e desertificação tem sido realizada por meio de diagnósticos ambientais integrados e Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) de Áreas susceptíveis à Desertificação, metodologias reconhecidas pela FAO (2007), também subsidiadas pelo uso de imagens orbitais e integração a Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Dentre as funções de um diagnóstico integrado, Souza e Oliveira (2011) destacam que o principal enfoque é o sistêmico, pois este viabiliza a análise das inter-relações de causa e efeito para definir a sensibilidade e a resistência do ambiente em face das ações antrópicas.

As contribuições da abordagem sistêmica na Geografia Física (BERTRAND, 1972; SOTCHAVA, 1977), balizadas pelos princípios da Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973), se consolidaram pela maior eficiência enquanto instrumento metodológico nos estudos integrados da paisagem e das questões ambientais (SOUZA, 2000; NASCIMENTO; SAMPAIO, 2005; SOUZA; OLIVEIRA, 2011).

A aplicação da abordagem sistêmica por meio de caracterizações e diagnósticos geoambientais está entre as concepções teórico-metodológicas dos principais estudos sobre desertificação e degradação das terras no Nordeste semiárido do Brasil e, Estado do Ceará, referenciais para contextualização regional e local das áreas-objeto deste estudo.

Ab'Sáber (1977) apresentou as principais feições indicativas dos processos de desertificação: altos pelados, vales e encostas secas, salões, lajedos, campos de inselbergs, chãos pedregosos e marcas de erosão.

Sá, Riché e Fotius (2004) avaliaram os processos de degradação do semiárido brasileiro, seguindo como metodologia o diagnóstico do meio natural e agrossocioeconômico, com base em Unidades Geoambientais, delimitadas pelos critérios de vegetação natural, relevo e as classes de solos. Esse diagnóstico tomou por base o Zoneamento Agroecológico do Nordeste (ZANE) (SILVA *et al.*, 1994).

Em escala local, a FUNCEME apresentou o Estudo Especial “Áreas Degradadas Susceptíveis aos Processos de Desertificação no Ceará”, em parceria com as Universidades Federais do Ceará e Piauí, por ocasião da ICID 1992 (SOARES *et al.*, 1992; LEITE *et al.*, 1993; SOARES *et al.*, 1995), posteriormente consolidado como projeto institucional permanente do seu Departamento de Recursos Ambientais, intitulado *Estudos de Áreas Degradadas Susceptíveis aos Processos de Desertificação no Ceará*, onde foram realizados diagnósticos e zoneamentos geoambientais (SOARES *et al.*, 2013; LEITE *et al.*, 2005; SOARES *et al.*, 2003;).

Os trabalhos de Souza (2000, 2005, 2006) são referenciais no trato da desertificação no Estado do Ceará. Em Souza (2000), a degradação do ambiente foi apresentada a partir de

uma visão sistêmica de conjunto, adaptada de Tricart (1977), partindo da degradação da vegetação e dos solos pela atividade humana desordenada em face ao uso exaustivo dos recursos naturais renováveis.

As obras de Souza (2005) remontam ao Grupo de Pesquisa “Análise Geoambiental no Estudo da Desertificação”, em parceria entre a Universidade Estadual do Ceará e Universidade Federal do Ceará, no início dos anos de 1990o XX (SOUZA, 2005).

Destaca-se também o trabalho realizado pelo grupo de pesquisa Ecologia de Paisagens, da Universidade Federal do Ceará por meio do Projeto WAVES (*Water availability and vulnerability of ecosystems and society in the Semiarid Northeast of Brazil*) (OLIVEIRA *et al.*, 2003; OLIVEIRA; PRINTZ, 2000; PRINTZ *et al.*, 2000), tendo como áreas de estudo a região de Picos, no Estado do Piauí e Tauá, nos sertões dos Inhamuns (TRIGUEIRO; OLIVEIRA; BEZERRA, 2009; SOUZA, 2005).

O panorama da desertificação no Estado do Ceará (SOUZA, 2005) foi basilar para as diretrizes do PAE-CE (CEARÁ, 2010), e ainda, na proposta de monitoramento ambiental na bacia hidrográfica do rio Santa Luzia, no município de Independência, na ASD dos Inhamuns. Na contextualização geoambiental do estado do estado Ceará, Souza (2006) ratificou as áreas mais suscetíveis à degradação da terra e desertificação, apresentando cenários tendenciais e desejados para trato da temática. O PAE-CE hoje é a referência para a seleção de estudos de degradação da terra e desertificação do Ceará, considerando as áreas núcleos: I – Irauçuba/Centro-Norte; II- Inhamuns, e III – Médio Jaguaribe (CEARÁ, 2010).

Sucedendo aos estudos de degradação da terra e a desertificação no Ceará, apresentados pelo PAE-CE, a FUNCEME (2015a, 2015b), em parceria com o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS publicou o Zoneamento Ecológico-Econômico das Áreas Susceptíveis à Desertificação no estado do Ceará, em dois volumes, referente ao Núcleo I – Irauçuba e Centro-Norte e o Núcleo II – Inhamuns.

Considerando a escala de análise deste estudo, as caracterizações e diagnósticos geoambientais dos municípios de Santa Quitéria e Independência foram balizadas em trabalhos de Nascimento (2006), Oliveira (2006), Gonçalves Júnior (2012), Ceará (2010), Ceará (2013), Soares *et al.* (2013) e FUNCEME (2015a, 2015b).

Entre as metodologias mais utilizadas nessas obras, combinadas ou não, destacam-se a análise geoambiental; a avaliação da degradação com uso de indicadores de desertificação; apoio da interpretação de imagens orbitais e a criação de SIG.

2.3 A Avaliação e o Monitoramento da Desertificação

No reconhecimento da desertificação como problema ambiental global e complexo, deve-se considerar que a compreensão de sua dinâmica não é tão elementar. Neste sentido, a proposição de medidas de combate e luta contra a desertificação pela CCD é enfrentada como um desafio internacional e os esforços já alcançados ainda se confrontam com o avanço da degradação de terras (ABRAHAM; BEEKMAN, 2006).

No contexto das estratégias de combate à desertificação, os Programas de Ação Nacionais e Regionais são apontados como instrumentos importantes, não só pela própria implementação da CCD (ROSÁRIO, 2004b), como também são tomados como ponto de partida para identificação e caracterização de áreas susceptíveis. Nesse sentido, é necessário o estabelecimento de sistemas integrados de informações que auxiliem a avaliação e o monitoramento da degradação das terras e desertificação.

Quando tratamos de metodologias de avaliação da desertificação, não há como apontar uma metodologia unificada. Segundo Rêgo (2012), as definições conflitantes sobre a desertificação originaram metodologias conflitantes de estimativas e avaliação.

Contudo, desde 1976, a FAO tem acompanhado a avaliação da degradação da terra e o estabelecimento de estimativas não somente por uma metodologia específica, mas uma série de metodologias por vezes combinadas entre si, tais como: levantamento de solos e rendimento das culturas interpretações; zoneamento agro-ecológico; combinação de avaliação de terras e dos sistemas agrícolas; sistemas de avaliação de terra computadorizados e sistemas de informação geográfica; avaliação de terras usando o Sensoriamento Remoto (FAO, 2007).

No contexto da Convenção de Combate à Desertificação, a avaliação e o monitoramento da degradação das terras e desertificação têm contado com os esforços internacionais contextualizados em programas de ação e projetos que adotam como marco teórico-conceitual e metodológico, o uso de indicadores de desertificação, combinados à aplicação de técnicas de observação da terra por meio da interpretação de produtos do sensoriamento remoto e integração aos sistemas de informação geográfica.

2.3.1 Metodologia de Indicadores de Desertificação

Desde a década de 70, a metodologia de indicadores de desertificação vem sendo empregada por especialistas na avaliação e monitoramento da degradação das terras e desertificação. Vasconcelos Sobrinho (1978) chamou a atenção para o uso do termo “indicador”, onde o caráter técnico denota um dado estatístico, que deva possuir um valor informativo específico. Porém, ao passo que foi utilizado no âmbito do seminário preparatório para a Conferência de Nairóbi, o termo ganhou um sentido mais geral, abrangendo dados tanto qualitativos quanto quantitativos (VASCONCELOS SOBRINHO, 1978).

No contexto da CCD, *indicador* é uma ferramenta para identificar, medir e comparar mudanças ocorridas em uma situação particular ou em um objeto particular para um período de tempo definido (MATALLO JÚNIOR, 2009). O autor expõe que as dificuldades encontradas para o estabelecimento de um conjunto básico de indicadores, aceito universalmente, tem uma de suas razões atribuídas à natureza multidisciplinar do conceito de desertificação.

Não há um consenso sobre a metodologia mais adequada para a compreensão da desertificação. Contudo, o uso de indicadores ainda são instrumentos que possibilitam a identificação de fatores e processos que contribuem para ruptura da resiliência dos sistemas ambientais naturais e, conseqüente instalação da desertificação.

Há um número considerado de projetos internacionais de Sistemas de Avaliação da Desertificação, que têm como metodologia a utilização de indicadores básicos e comparáveis, organizados em Sistemas de Informação internacionais para avaliação e monitoramento da desertificação em terras secas, exemplificados a seguir:

- Programa Regional de Combate à Desertificação da América do Sul e Projeto de Avaliação da Degradação da Terra em Zonas Secas (LADA), ou *Land Degradation Assessments in Drylands* (LADA, 2011a; 2011b; 2013; LINIGER *et al.*, 2008, 2013);
- Sistema de Informação em Desertificação no Mediterrâneo (*Desertification Information System to the Mediterranean Region – DISMED*) e DISMED Português (ROSÁRIO, 2004a; 2004b);
- Projeto MEDALUS (*Mediterranean Desertification and Land Use*) (KOSMAS; KIRKBY; GEESON, 1999);
- DESERTLINKS (*Combating Desertification in Mediterranean Europe: Linking Science with Stakehold*) (www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks);
- Projeto LUCINDA (*Land Care in Desertification Affected Areas*) (ICNF, 2015);

- Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação (SAP) (INPE, 2016).

Para medir a efetividade das políticas, programas ou projetos relacionados com a avaliação da degradação da terra e manejo sustentável dos recursos naturais, outro termo que assume importância no contexto da CCD é o de linha de base, ou *baseline*. Uma linha de base está relacionada com um conjunto básico de dados vinculados a uma situação ou ano, que podem ser usados como ponto de partida para medir a efetividade das políticas, programas ou projetos voltados para o manejo sustentável da terra (MATALLO JÚNIOR, 2009).

Por meio das linhas de base é feito o financiamento de projetos de Avaliação da Degradação da Terra e Desertificação por meio do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF). Além do GEF, são instituições parceiras: FAO, o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), o Instituto Interamericano de Cooperação para Agricultura (IICA), entre outros.

Dentre os sistemas de avaliação supracitados, o Projeto LADA é referência nos estudos sobre degradação das terras secas na América do Sul, e também no Brasil, embasado nas ações e experiências alcançadas na Argentina. Com início no ano de 2006, o Projeto LADA foi criado com o propósito de criar bases para orientação de políticas públicas e tomada de decisão frente à degradação da terra e desertificação nas terras secas (áridas, semiáridas e sub-úmidas secas), em seis países: Argentina, China, Cuba, Senegal, África do Sul e Tunísia (www.fao.org/nr/lada/).

A proposta metodológica de avaliação da desertificação associa o uso de indicadores biofísicos e socioeconômicos, organizados por meio do marco conceitual “Força condutora ou motriz, Pressão, Estado/Impacto/Resposta (DPSIR)”, introduzido pela Agência Espacial Europeia (ESA). Abraham, Montaña e Torres (2006) definem os indicadores:

- Força motriz: representam as atividades humanas, macroprocessos e padrões que têm impacto sobre a desertificação.
- Indicadores de pressão: incluem os indicadores que respondem às causas do fenômeno.
- Indicadores de estado: aqueles indicadores que descrevem o estado de desertificação num dado momento de tempo.
- Indicadores de impacto: incluem-se aqueles indicadores que apontam as consequências da degradação das terras.
- Indicadores de resposta: indicam a resposta da sociedade e/ou medidas políticas frente ao problema da desertificação.

Atualmente, este é o método adotado pela CCD para os atuais sistemas de monitoramento de desertificação (ABRAHAM; MONTAÑA; TORRES, 2006). Além do uso de indicadores, as ferramentas do sensoriamento remoto e de geoprocessamento são combinadas à referida metodologia.

Neste aspecto, o levantamento dos recursos do solo e amostragem da vegetação foram mapeados a partir dos Sistemas de Uso da Terra (*Land Use System - LUS*), executados pelo WOCAT (*Overview on Conservation approaches and technologies*) (WOCAT, 2014; LADA, 2011a; 2011b; 2013). Os dados e informações obtidos foram estruturados e disponibilizados em SIG, o GLADIS (*Global Land Degradation Information System*) (NACHTERGALE *et al.*, 2011).

Com base nas experiências alcançadas pelo Projeto LADA na Argentina, as contribuições de Abraham, Montaña e Torres (2006), em Abraham e Beekman (2006) são relevantes para a avaliação da degradação das terras secas e desertificação por meio da metodologia de indicadores na América do Sul.

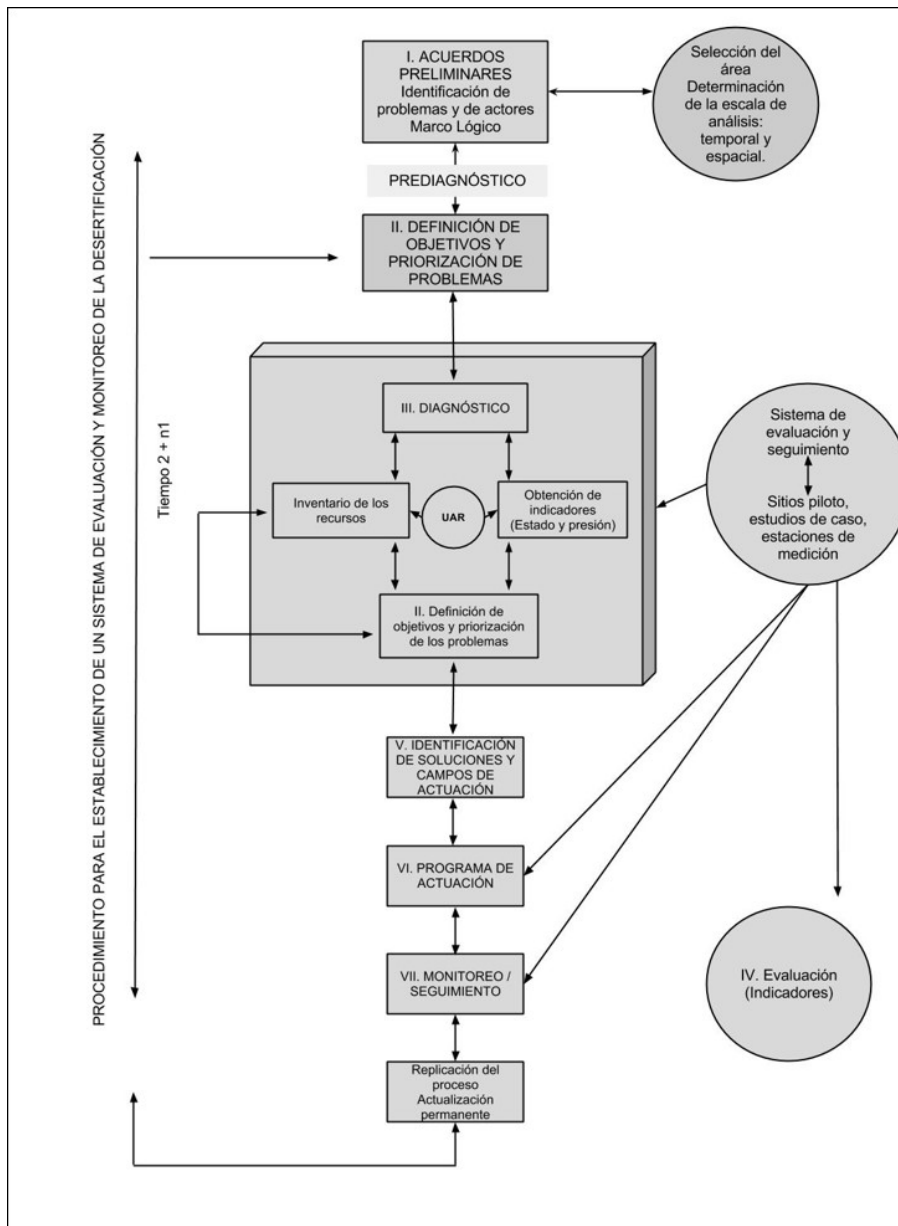
Levando em consideração o entendimento da desertificação como sendo “um problema complexo, de natureza sistêmica”, a seleção de indicadores de desertificação é feita a partir de diagnóstico ambiental, onde são identificados os fatores e processos da degradação das terras, ou seja, o estado atual dos recursos naturais.

Para efeito de uma análise integrada e holística do sistema ambiental, os autores reconhecem a coincidência metodológica ao fazer recomendação da determinação de Unidades Ambientais, ou unidades de paisagem, ou ainda unidades de terra para caracterização da estrutura, funcionamento do ambiente e de processos atuantes no estado atual. Posteriormente, é possível obter um, ou um conjunto de indicadores que apontem para a dinâmica e tendências em escalas temporal e espacial.

A proposição de indicadores é definida a partir seleção da área de estudo, escala de abordagem do fenômeno (global, nacional e local) e de representação cartográfica (macro, media e microescala), dos objetivos da avaliação, os quais devem ser passíveis de monitoramento em função da escala temporal.

Na figura 6 estão expostas as principais etapas propostas para a definição dos indicadores de desertificação com fins à avaliação e ao monitoramento ambiental.

Figura 6 – Etapas para definição de indicadores de desertificação.



Fonte: Abraham, Montaña; Torres (2006).

A metodologia de indicadores de desertificação no território brasileiro, ou seja, aplicados para o Nordeste semiárido, também foi a tônica nos estudos pioneiros de Vasconcelos Sobrinho (1978), para uma avaliação quantitativa da desertificação por meio de indicadores biofísicos em estudos de comparação controlada.

Ferreira *et al.* (1994) e Rodrigues *et al.* (1992) utilizaram indicadores biofísicos e socioeconômicos aplicados às microrregiões geográficas da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estas e outras obras foram discutidas por Sales (2003), numa revisão dos principais trabalhos sobre desertificação no Nordeste brasileiro.

Numa perspectiva histórica no uso de indicadores de desertificação, Matallo Júnior (2001) propôs uma lista de indicadores básicos, incluindo parâmetros econômicos da desertificação, baseada em resultados de estudos preliminares, publicados pela *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO).

Em 2003, o autor supracitado apresentou uma proposta de um sistema básico de indicadores para identificação e monitoramento dos processos de desertificação na América Latina e Caribe. A proposta de indicadores básicos também foi indicada pelo PANBRASIL (BRASIL, 2004) para aplicação aos Zoneamentos Econômico-Ecológicos (ZEE) das Áreas Suscetíveis à Desertificação.

No Ceará, a utilização dos indicadores de desertificação foi proposta por Oliveira e Printz (2000) e Oliveira *et al.* (2003), à luz da abordagem sistêmica para avaliação da desertificação na região dos Inhamuns, e mais específico, ao município de Tauá por meio do Projeto WAVES.

Em etapa precedente a aplicação propriamente dita de indicadores de desertificação, é imperativo a realização de um diagnóstico geoambiental, em abordagem sistêmica. A análise integrada dos componentes da paisagem (potencial ecológico e exploração biológica) e informações de uso e ocupação humana expressam as relações mútuas de interação e interdependência entre os mesmos, a partir de unidades espaciais com certa homogeneidade fisionômica, chamadas de geossistemas.

Para tanto, foi incorporado o conceito de paisagem natural de Bertrand (1972) e definição de meios ecodinâmicos de Tricart (1977), em função das potencialidades e limitações naturais ao uso e ocupação e problemas ambientais atuais.

A avaliação da desertificação foi realizada por meio de indicadores biofísicos aplicados a cada geossistema, no intuito de estabelecer a maior ou menor susceptibilidade dos mesmos à desertificação. Os indicadores utilizados estiveram associados aos temas: vegetação, geomorfologia, erosão hídrica, risco atual à erosão e características do solo.

As atualizações metodológicas mais recentes de seus trabalhos seguiram em publicações de Oliveira, Semedo e Oliveira (2014); Oliveira (2011; 2012); Sousa (2016), Barreto (2015); Costa (2014) e, Trigueiro, Oliveira e Bezerra (2009), com base na proposta de Abraham e Beekman (2006).

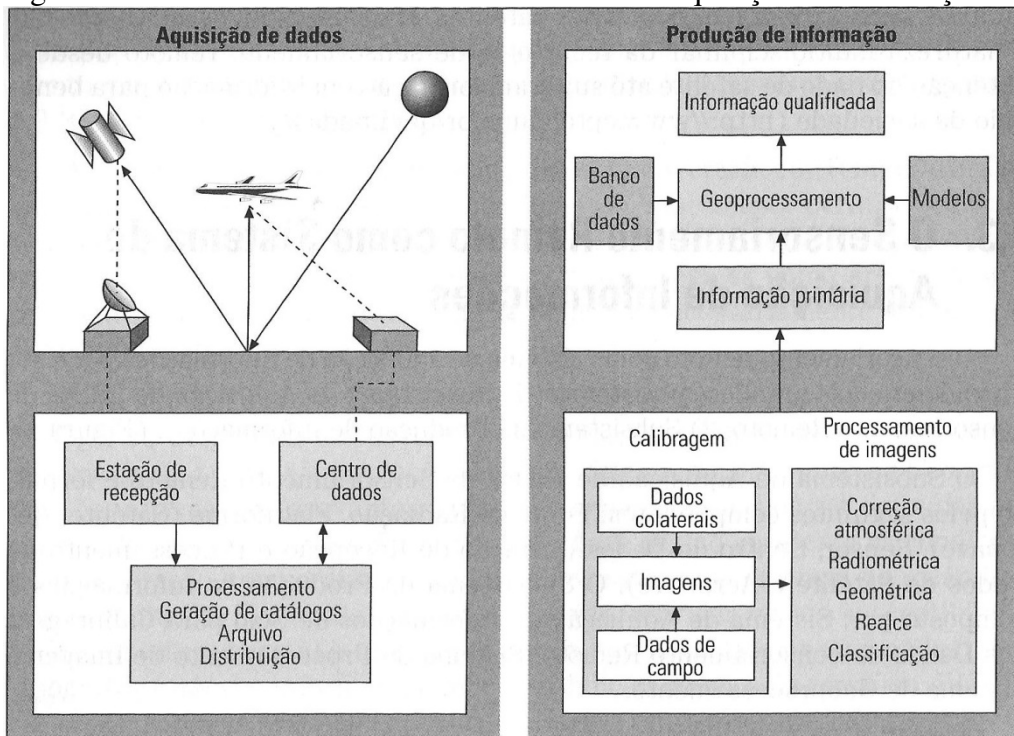
Dada às indefinições quanto a uma metodologia específica para avaliação e monitoramento da desertificação, a integração entre metodologias é reconhecida pela CCD e FAO (2007). O uso de imagens do satélite LANDSAT (*Land Satellite*) foi pioneiro e disseminado nos estudos sobre desertificação em virtude de sua cobertura de mais de 85% das terras secas e os custos de aquisição também foram considerados mais baixos (HARE *et al.*, 1992). Na mesma época, já fazia referência à integração dos dados orbitais e de outras fontes a um banco de dados geográficos no intuito de criação de um sistema integrado de informação.

Partindo das definições mais gerais, o sensoriamento remoto é entendido como sendo a forma de se obter informações de um objeto ou alvo na superfície terrestre, sem que haja contato físico com o mesmo (NOVO, 1992; LUCHIARI; KAWAKUBO; MORATO, 2005; ROSA, 2005; FITZ, 2008a; 2008b).

Na busca por definições mais específicas, Novo (2010) define o sensoriamento remoto como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície da Terra, a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem, em suas mais diversas manifestações.

Ao considerar o sensoriamento remoto como sistema de aquisição de informação (NOVO, 2010), é no Subsistema de Produção de Informações (FIGURA 7), que se encontra a integração entre a informação obtida do sensoriamento remoto (informação primária) e o geoprocessamento, partindo para a informação qualificada, agregada de valores espaciais aos dados digitais orbitais.

Figura 7 – Sensoriamento Remoto como sistema de aquisição de informações.



Fonte: Novo (2010).

Já o termo geoprocessamento deve ser entendido como sendo a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, tendo os *sistemas de informação geográfica (GIS) como ferramentas computacionais* que, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados (CÂMARA; MEDEIROS, 1998; CÂMARA; DAVIS, 2001).

O sensoriamento remoto e o geoprocessamento são ferramentas cada vez mais empregadas aos estudos ambientais, por possibilitarem uma visão mais integradora e holística das paisagens ao adotar a tecnologia de softwares capazes de associar a maior quantidade de dados e informações, de diversas fontes em um banco de dados geográficos.

As principais contribuições da integração destas metodologias são atribuídas à geração e gerenciamento da informação para conhecimento do fenômeno, fatores e processos que subsidiem a avaliação e o monitoramento da degradação da terra em áreas propensas à desertificação.

A integração do sensoriamento remoto e SIG à metodologia de indicadores de degradação da terra também foi reconhecida e aplicada aos estudos de áreas susceptíveis à desertificação no Nordeste semiárido do Brasil.

Destacam-se as publicações de Vasconcelos Sobrinho (1978), ao sugerir o uso de imagens de satélite enquanto técnica para quantificação da degradação da terra; Ferreira *et al.* (1994) e Rodrigues *et al.* (1995) para elaboração do “Mapa de ocorrência de processos de desertificação no Nordeste do Brasil”; elaboração do “Mapa das Áreas Susceptíveis à Desertificação-ASD” (BRASIL, 2004); Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil (BRASIL, 2007); CGEE (2016).

No Ceará, a combinação entre a metodologia de indicadores apoiadas nas geotecnologias são exemplificadas em trabalhos pioneiros e atuais (LEITE *et al.*, 1993; LEITE *et al.*, 2005; SOARES *et al.*, 1992; 1995; 2003; 2013; OLIVEIRA; PRINTZ, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2003; BRITO, 2005; SOUZA, 2005; CEARÁ, 2010; FUNCEME, 2015a; 2015b; CGEE, 2016).

2.4 Procedimentos Técnico-Operacionais

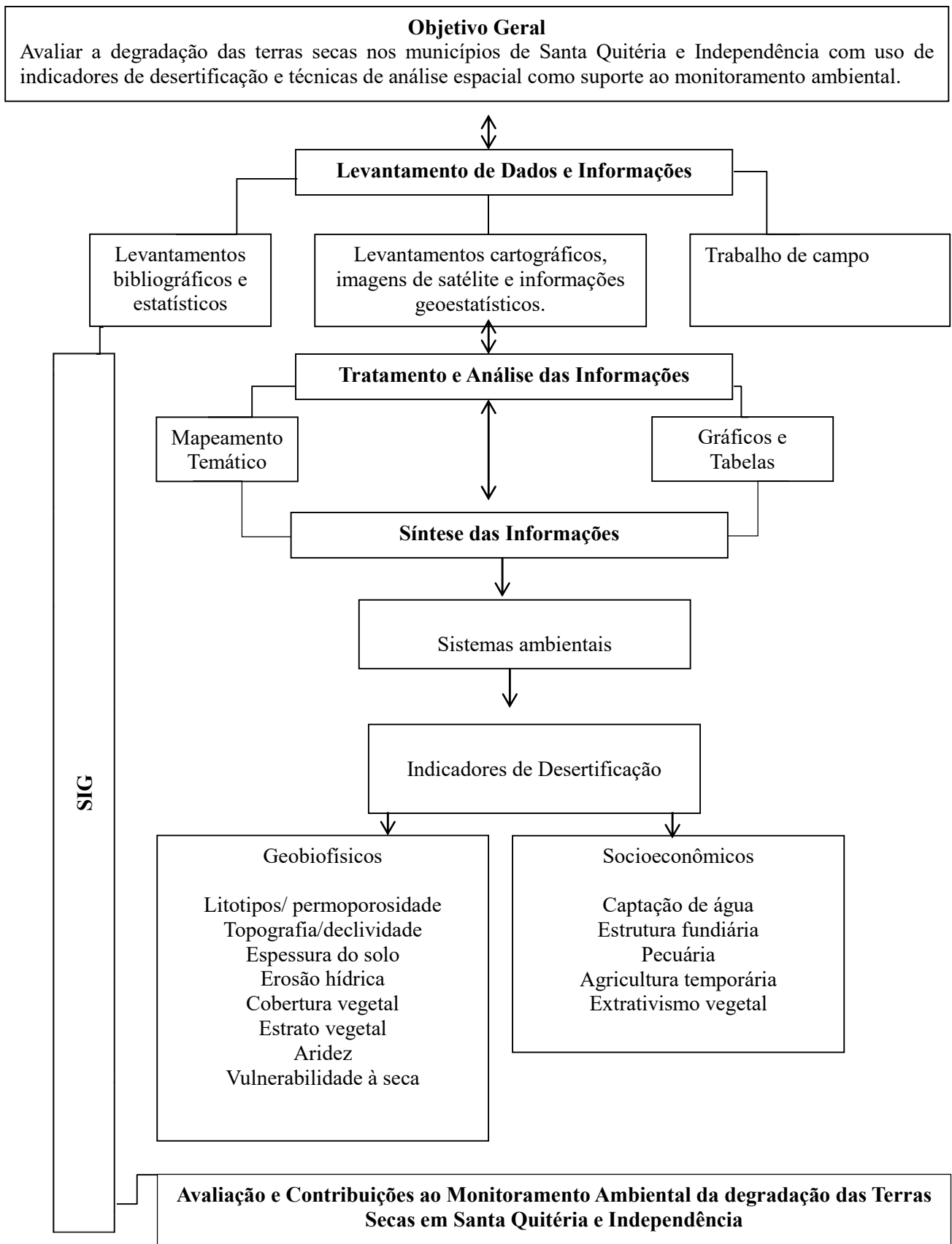
A concepção teórico-metodológica adotada direcionou os procedimentos técnico-operacionais deste trabalho, dispostos em etapas e sintetizados em fluxograma (FIGURA 8). A descrição das etapas seguiu a ordem: levantamento e coleta de dados e informações; tratamento das informações: análise e integração das informações; e aplicabilidade.

Levantamento e Coleta de Dados

O levantamento bibliográfico foi um procedimento permanente durante todo o desenvolvimento da pesquisa. A seleção de literatura atendeu ao arcabouço teórico-metodológico sobre a degradação de terras secas em escala nacional, regional e local. A caracterização geoambiental das áreas objeto de estudo foi baseada nas informações e dados espaciais coletados mais diversas publicações de pesquisadores e documentos oficiais publicados por órgãos como a CCD, FAO, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Nacional do Semiárido (INSA), entre outros.

A coleta e seleção de dados socioeconômicos seguiu a disponibilidade da informação, segundo a escala de análise: município e distrito, conforme a disponibilidade de diversas fontes consultadas. Desse modo, os dados e informações ambientais e socioeconômicas foram coletadas em publicações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Estado do Ceará (IPECE); FUNCEME; Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), entre outros.

Figura 8 - Fluxograma metodológico da pesquisa.



Fonte: Silva (2018).

Materiais Utilizados

Base Cartográfica

As informações espaciais para a constituição dos mapas de base foram: planimétricas (limites, rodovias e estradas, hidrografia, toponímia) e altimétricas (curvas de nível e pontos cotados).

As curvas de nível e pontos cotados foram extraídas a partir das cartas topográficas, do Ministério do Exército / Divisão de Serviço Geográfico (DSG) e Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), na escala 1:100.000. Essas cartas foram digitalizadas pela Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (QUADRO 2).

Quadro 2 – Cartas Topográficas utilizadas.

Município	Folha	Nome da Folha
Santa Quitéria	SB-24-Y-D-IV	Sobral
Santa Quitéria	SB-24-V-B-I	Santa Quitéria
Santa Quitéria	SB-24-V-B-II	Taparuaba
Santa Quitéria	SB-24-V-B-IV	Tamboril
Santa Quitéria	SB-24-V-B-V	Itatira
Independência	SB-24-V-C-III	Crateús
Independência	SB-24-V-C-VI	Novo Oriente
Independência	SB-24-V-D-I	Independência
Independência	SB-24-V-D-IV	Várzea do Boi

Fonte: SUDENE/DSG.

As estradas e rodovias foram atualizadas a partir do Mapa Rodoviário do Estado do Ceará 2011, disponibilizado pelo Departamento Estadual de Rodovias (DER). O mapa foi convertido em imagem, seguido de georreferenciamento das informações.

Os limites estaduais, municipais e distritais utilizados correspondem à malha do Censo 2010, em formato shapefile (.shp), disponível por meio de *download* do site do IBGE.

A partir do Atlas de Recursos Hídricos, da Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH) foram utilizadas as bases de corpos de água e drenagem.

As atualizações das bases cartográficas foram executadas mediante a interpretação visual dos alvos nas imagens de satélite, na escala de 1:100.000, com projeção e *Datum* Sirgas 2000 UTM 24S.

Imagens Orbitais

Para atualização da base cartográfica e levantamento dos recursos naturais dos municípios de Santa Quitéria e Independência optou-se pela utilização de imagens digitais do satélite sino-brasileiro CBERS 4, sensor imageador de média resolução, a MUXCAM, com bandas multiespectrais de resolução espacial de 20m, disponíveis para download no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2017a), conforme especificações descritas no quadro 3.

Quadro 3 – Seleção de imagens CBERS 4.

Município	Órbita Ponto	Data
Independência	152106	11/08/2016
	152107	09/06/2016
	153106	11/22/2015
Santa Quitéria	152105	11/08/2016
	153105	01/10/2015
	153105	27/10/2015

Fonte: INPE (2017a).

As imagens CBERS passaram por composição em falsa-cor, nos canais 5R (red) /6G (green) /7B (blue), por oferecer melhor realce na interpretação dos alvos (FIGURA 9), em comparação com a resolução recomendada (7R/6G/5B)

Figura 9 – Imagens CBERS 4. A) Independência; B) Santa Quitéria.



Fonte: INPE (2017a).

Tratamento e Análise dos dados

O SIG foi ferramenta de suporte à análise espacial para definição dos sistemas ambientais e na avaliação dos indicadores de desertificação nos municípios de Independência e Santa Quitéria. O software ArcGIS 10.4, licenciado para o Programa de Pós-graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, foi utilizado para o tratamento, análise e geração dos mapas temáticos na escala de 1:200.000.

Aspectos Geológicos

Os mapas geológicos dos municípios de Santa Quitéria e Independência foram recortados a partir do Mapa Geológico do Estado do Ceará, escala 1:500.000, do ano de 2003 (CAVALCANTE *et al.*, 2003), produzido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em parceria com a Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará (SRH).

Aspectos Geomorfológicos

Os mapas geomorfológicos dos municípios de Santa Quitéria e Independência foram elaborados com base na interpretação visual a partir das imagens CBERS 4, na escala de 1:100.000. Foram identificadas as seguintes morfoesculturas: Depressão Sertaneja, Maciços e cristas residuais e Planícies Fluviais, segundo o critério observado dos níveis de erosão e dissecação do relevo.

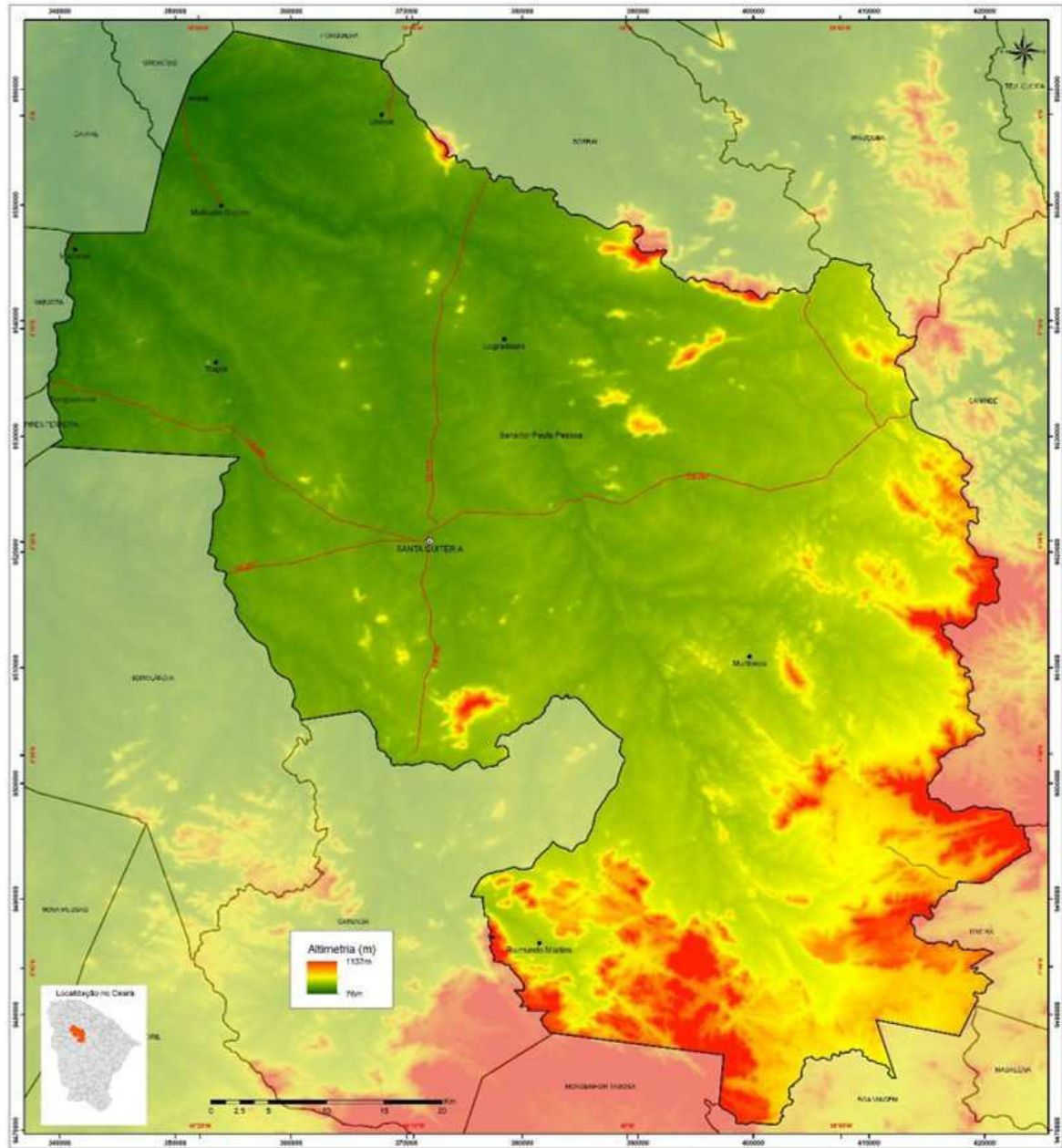
Para a criação do Modelo Digital de Elevação (MDE) e da Declividade do relevo foram geradas curvas de 40m, em software ArcGIS 10.4, através da ferramenta *3D analyst*, a partir de imagens de radar SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), resolução de 90 metros, com reamostras para 30m pelo Projeto TOPODATA (INPE, 2017b) (QUADRO 4). A partir destas imagens extraiu-se a declividade e o relevo sombreado para os municípios de Santa Quitéria e Independência (FIGURAS 10, 11, 12 e 13).

Quadro 4 – Imagens de radar SRTM.

MUNICÍPIO	FOLHA	PRODUTO
Santa Quitéria	03_405ZN	Altitude
	04_405ZN	
Independência	05_405ZN	Altitude
	05S42_ZN	

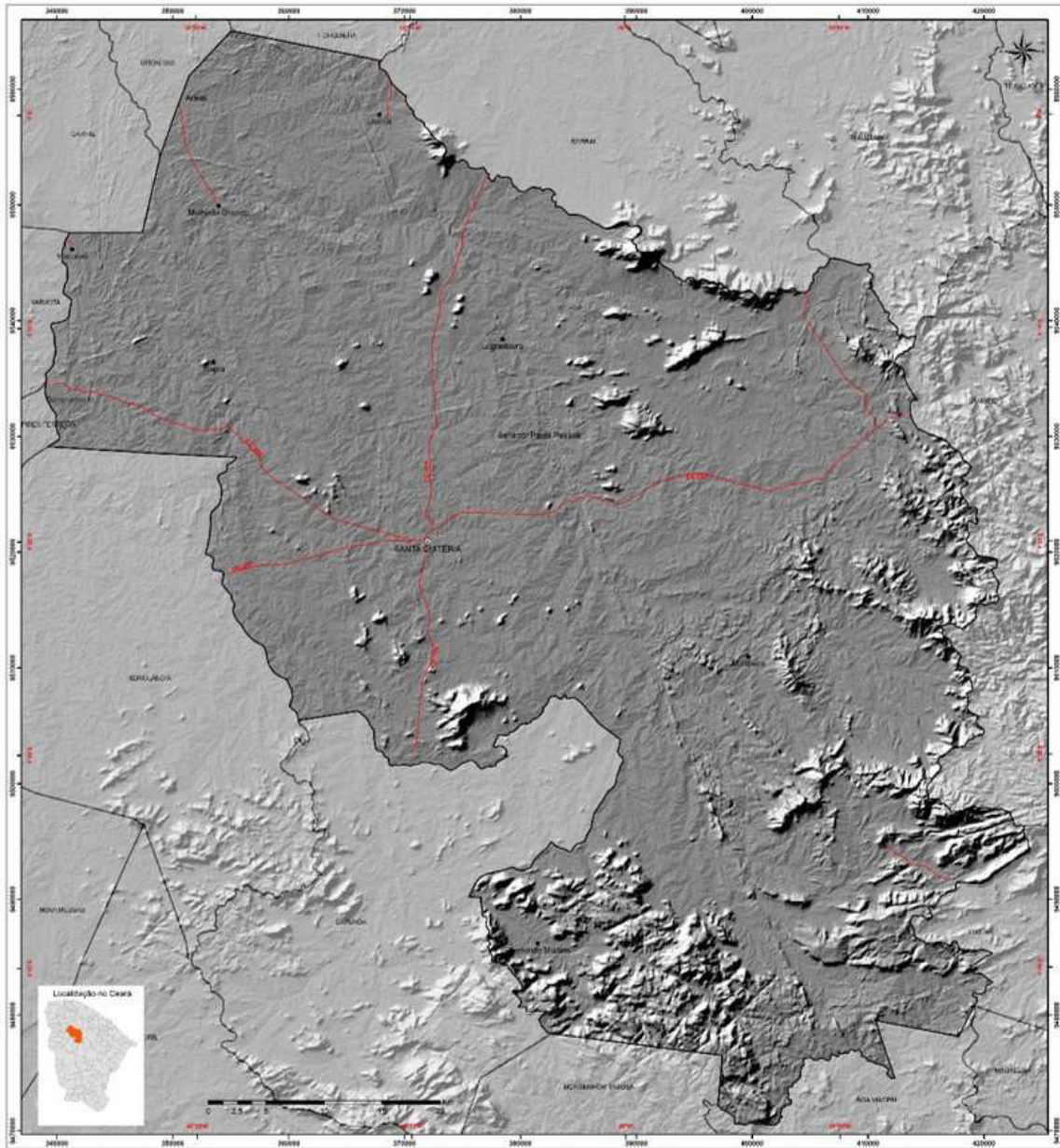
Fonte: INPE (2017b).

Figura 10 – Mosaico de imagem SRTM TOPODATA - Município de Santa Quitéria.



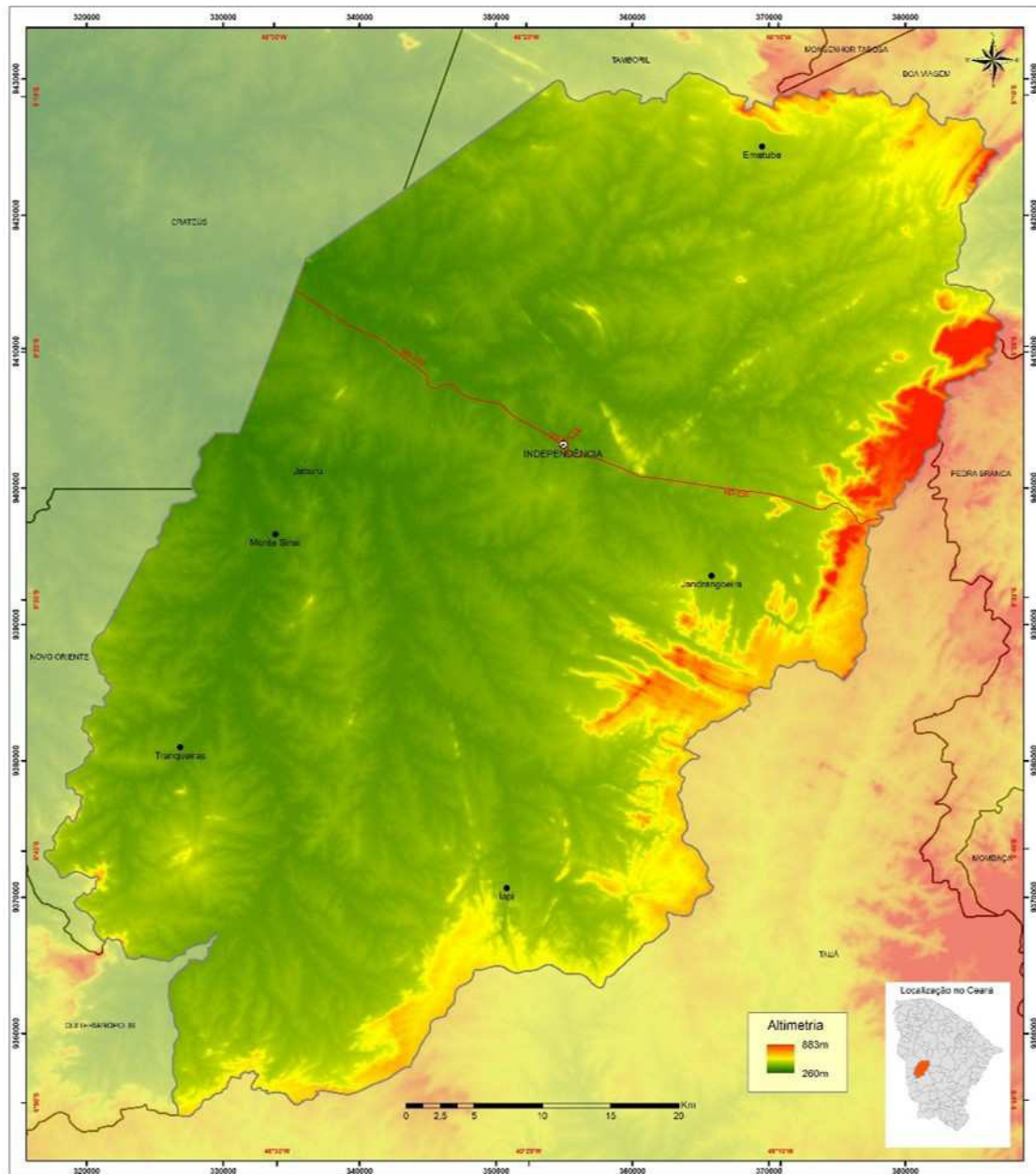
Fonte: Adaptado de INPE (2017b).

Figura 11 – Relevo sombreado - Município de Santa Quitéria.



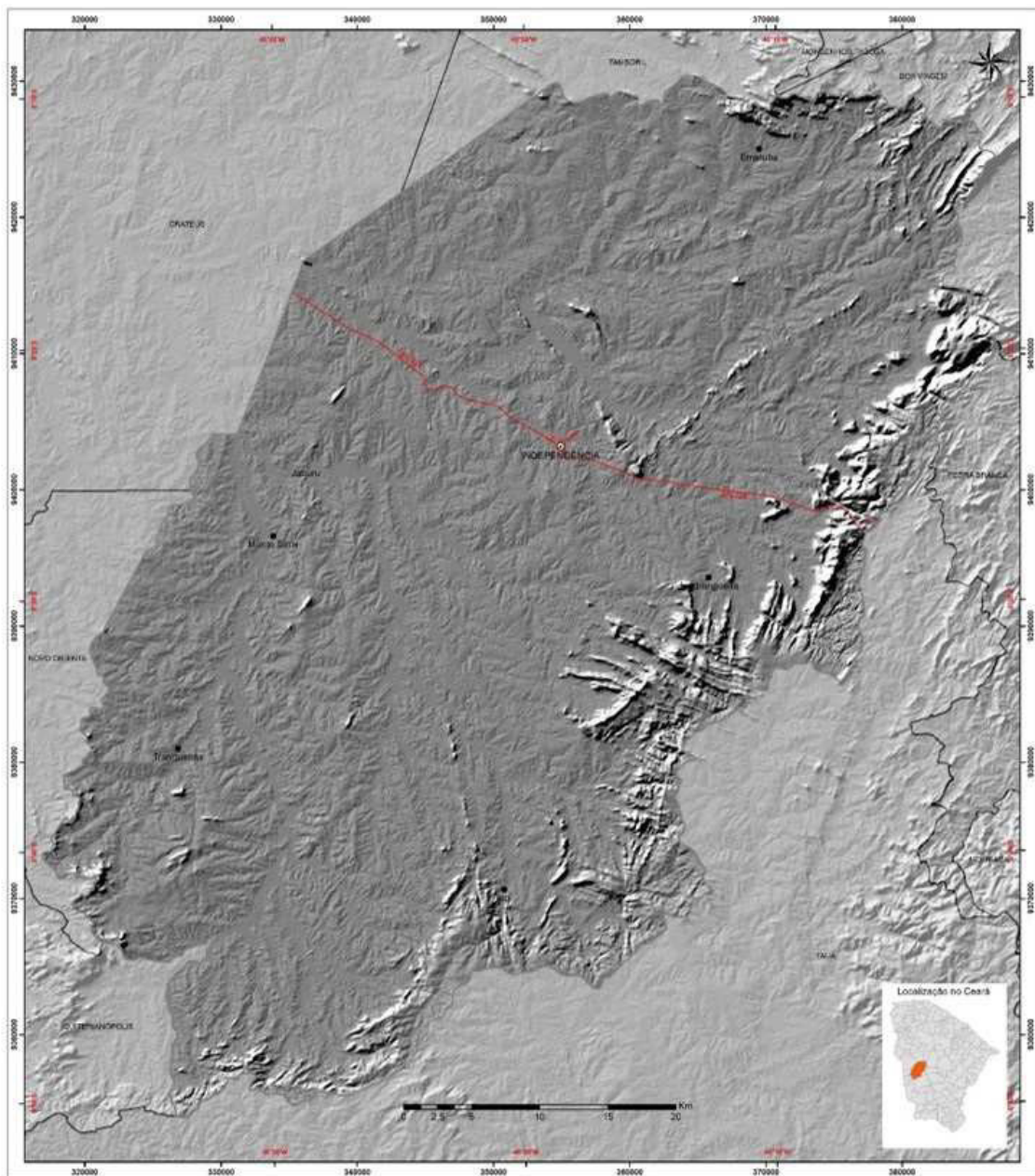
Fonte Adaptado de INPE (2017b).

Figura 12– Mosaico de imagens SRTM TOPODATA - Município de Independência.



Fonte: Adaptado de INPE (2017b).

Figura 13 – Relevo sombreado - Município de Independência.



Fonte: Adaptado de INPE (2017b).

Precipitações Pluviométricas

A análise das precipitações foi realizada a partir de seleção de dados de registros em 11 estações pluviométricas nos dois municípios de estudo (QUADRO 5). Os dados foram obtidos a partir do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB), da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017).

Quadro 5 – Características das Estações Pluviométricas.

ESTAÇÃO	MUNICÍPIO	OPERAÇÃO	S	WGr	ALTITUDE
Independência	Independência	FUNCEME	-5° 23' 37"	-40° 18' 46"	341,2
Desejo	Independência	FUNCEME	-5° 29' 04"	-40° 25' 58"	339,8
Ematuba	Independência	FUNCEME	-5° 12' 06"	-40° 10' 40"	392,5
Iapi	Independência	FUNCEME	-5° 41' 36"	-40° 20' 55"	372,0
Jandrangoeiras	Independência	FUNCEME	-5° 29' 06"	-40° 12' 42"	381,4
Recife	Independência	FUNCEME	-5° 15' 02"	-40° 15' 50"	350,4
Santa Quitéria	Santa Quitéria	FUNCEME	-4° 20' 00"	-40° 09' 00"	196,4
Santa Rita dos Galdinos	Santa Quitéria	FUNCEME	-4° 19' 00"	-39° 49' 00"	313,2
Fazenda Paraná	Santa Quitéria	CPRM/ANA	-4° 05' 00"	-40° 07' 35"	158,4
Trapiá	Santa Quitéria	FUNCEME	-4° 11' 00"	-40° 19' 00"	148,4
Raimundo Martins	Santa Quitéria	FUNCEME	-4° 38' 00"	-40° 04' 00"	322,9

Fonte: Adaptado de ANA (2017)

A série histórica analisada correspondeu ao registro da precipitação de um período de 15 anos, entre os anos de 2001 a 2016, para garantia de maior homogeneidade dos dados (ZAVATTINI; BOIN, 2013). Para cada estação, os totais anuais das precipitações foram obtidos por meio da soma dos valores médios mensais.

A informação altimétrica das estações foi correlacionada ao modelo digital do relevo por meio de imagens SRTM, com a ferramenta *3D analyst*. As médias históricas de precipitação foram agregadas aos atributos a esta informação. A distribuição espacial das precipitações foi estimada a partir do algoritmo de interpolação por ponderação do inverso da distância *Inverse Distance Weighting* (IDW) (SILVA; OLIVEIRA, 2017), com definição de isoietas de 25 mm.

Classes de Solos

Dada a ausência de levantamento de solos de detalhe, ou semi-detalhe, a representação das classes de solos dos municípios de Santa Quitéria e Independência foi tomada a partir do Mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, na escala 1:600.000 (JACOMINE; ALMEIDA; MEDEIROS, 1973). A taxonomia das principais classes de solos e suas associações foram atualizadas segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS; SANTOS *et al.*, 2013).

Cobertura Vegetal / Uso da Terra

O mapeamento da cobertura vegetal/uso da terra foi feito por meio de Classificação Digital das imagens CBERS4 no ambiente ArcGIS, com a ferramenta *Image Analyst*. Elegeu-se como técnica a classificação não supervisionada em função da abrangência espacial das áreas de estudo. Com base no critério de reflectância dos alvos, inicialmente, foram identificadas cinco classes mapeadas automaticamente. Os alvos que não foram diferenciados pelo processo automático foram agregados à classificação, por meio de vetorização das informações checadas nos trabalhos de campo, com a coleta de pontos de amostra georreferenciados, por aparelho GPS (Global Position System).

Ao final foram definidas seis classes de cobertura para composição do mapa temático. As classes foram nomeadas em função da tipologia (Caatinga e Mata Ciliar), estrato (Arbustiva, Arbustiva- Arbórea), e ainda segundo o estado de conservação, ou degradação, em função do tipo de uso atual (QUADRO 6).

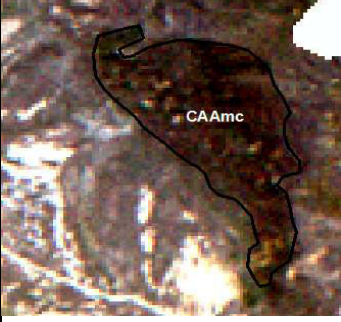

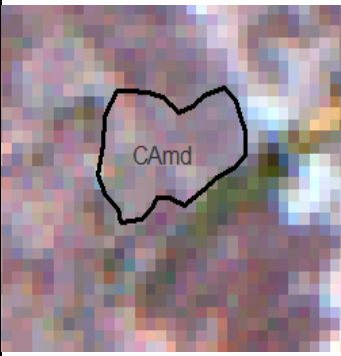

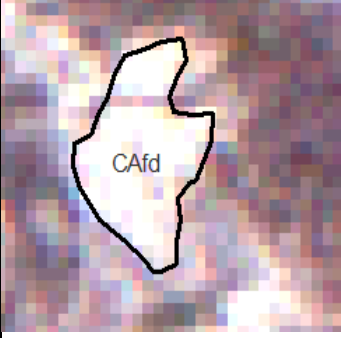



Quadro 6 – Chave de Interpretação – Cobertura Vegetal/Uso da Terra.

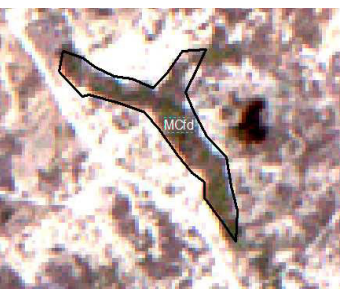

Cobertura Vegetal	Uso da Terra
Caatinga Arbustiva-Arbórea moderadamente conservada (CAAmc)	Pousio/ Regeneração (Cmcp)
Caatinga Arbustiva-Arbórea moderadamente degradada (CAAmD)	Silvicultura (Cmds)
Caatinga Arbustiva Moderadamente degradada (CAmd)	Pecuária/ Silvicultura (Cmdps)
Caatinga Arbustiva fortemente degradada (CAfd)	Pecuária (Ape) ou Agropecuária (Cfdca)
Mata Ciliar moderadamente degradada (MCmd)	Agropecuária / Silvicultura (Mcmd)
Mata Ciliar fortemente degradada (MCmd)	Agropecuária / Pecuária / Silvicultura (Mcfda)

Fonte: Adaptado de Viera, Magalhães e Silva (2017).

Para cada classe temática efetivou-se seu registro fotográfico, acrescentando informações qualitativas sobre o estado de conservação, ou de degradação, em função do tipo de uso atual observado *in locus* (QUADRO 7).

Quadro 7 – Classes de vegetação mapeadas e seus respectivos registros fotográficos no município de Santa Quitéria – CE.

Classe	Código	Amostra de classe	Registro fotográfico
Caatinga Arbustiva-Arbórea Moderadamente Conservada	CAAmc		
Caatinga Arbustiva Moderadamente Degradada	CAMD		
Caatinga Arbustiva Fortemente Degradada	CAfd		
Mata Ciliar Moderadamente Conservada	MCmc		

Mata Ciliar Fortemente Degradada	MCfd		
----------------------------------	------	--	---

Fonte: Fonte: Adaptado de Magalhães *et al.* (2017).

Sistemas Ambientais

A elaboração dos Mapas de Sistemas e Subsistemas Ambientais dos municípios de Santa Quitéria e Independência foi feita a partir do critério geomorfológico, definido em mapeamento preliminar de aspectos geomorfológicos de Santa Quitéria e Independência.

Em fase posterior à checagem de mapeamento em campo foi proposto novo mapa com subdivisão na feição Depressão Sertaneja, em superfícies dissecadas e superfícies suavemente aplainadas para fins de delimitação dos Subsistemas Ambientais dos Sertões de Independência.

Trabalho de Campo

Este procedimento foi fundamental para a compilação dos dados sobre caracterização geoambiental dos componentes da paisagem (geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso da terra), sistemas ambientais e indicadores de desertificação. O quadro 8 especifica as atividades realizadas nos trabalhos de campo. Nas visitas para reconhecimento, identificação de classes de mapeamento foi realizado o devido registro fotográfico dos pontos de observação.

Quadro 8 – Trabalhos de campo e procedimentos realizados.

QUANT.	DATA	LOCAL	ATIVIDADES
1	08/07/2015	Santa Quitéria Independência	Reconhecimento de Área;
	09/07/2015		Pontos de Campo / Ficha de Campo
			Registro Fotográfico
2.	20/07/2015	Independência	Reconhecimento de Área;
	21/07/2015		Pontos de Campo / Ficha de Campo
	22/07/2015		Registro Fotográfico
3	15/12/2015	Independência Santa Quitéria	Pontos de Campo / Registro Fotográfico
4	15/07/2016	Santa Quitéria	Checagem de Mapeamento
	16/07/2016		Coleta Chave de Interpretação Cobertura/Uso
5	13/09/2016	Santa Quitéria	Checagem de Mapeamento;
	14/09/2016		Chave de Interpretação Cobertura/Uso
	15/09/2016		
6	26/12/2016	Independência	Coleta de Amostras /Registro Fotográfico
7	04/03/2017	Santa Quitéria	Coleta de Amostras /Registro Fotográfico

Fonte: Silva (2018).

Indicadores de Desertificação

Após a realização do Diagnóstico Ambiental, sintetizado ao estabelecimento de sistemas ambientais nos municípios de Santa Quitéria e Independência, a avaliação e o monitoramento ambiental da desertificação foram realizados por meio da seleção de indicadores qualitativos e quantitativos de desertificação, com base na metodologia revisada de Oliveira, Semedo e Oliveira (2014); Oliveira (2011; 2012); Abraham; Salomón (2006), Oliveira *et al.* (2003), e Oliveira e Printz (2000).

Para este estudo, a proposta de indicadores sofreu adaptações no sentido de aprimorar a metodologia que vem sendo consolidada nos trabalhos de Sousa (2016), Barreto (2015) e Costa (2014), em áreas propensas à desertificação nas regiões do Médio Jaguaribe, Banabuiú e Inhamuns, no Estado do Ceará, e ainda em análise comparativa em regiões semiáridas em Cabo Verde, África.

A seleção dos indicadores obedeceu aos seguintes critérios: 1. Especificidades encontradas no semiárido cearense e, propriamente aos municípios de estudo; 2. Existência e disponibilidade de dados secundários; 3. Levantamento de dados primários em trabalhos de campo; 4. Obtenção de informações por meio de SIG.

Os indicadores selecionados foram divididos em dois grupos: geobiofísicos e socioeconômicos. Os indicadores geobiofísicos (IGBD) escolhidos por expressarem o estado atual dos subsistemas ambientais e seus recursos naturais foram: permoporosidade dos litotipos; declividade; espessura do solo; erosão hídrica; cobertura e estrato da vegetação; aridez e vulnerabilidade às secas.

A avaliação de cada indicador foi executada segundo parâmetro qualitativo, subdividido em cinco classes, escalonadas em valores de referência de 1 a 5. Os valores mais próximos a 5 correspondem às melhores condições de conservação ambiental, enquanto que os valores próximos a 1 apresentam condições de degradação dos recursos naturais (OLIVEIRA; SEMEDO; OLIVEIRA, 2014; OLIVEIRA, 2012; 2011).

No quadro 9, os indicadores geobiofísicos foram organizados em matriz, segundo a temática, parâmetro do indicador e valor de referência do indicador.

Essa avaliação de indicadores biofísicos foi aplicada a cada um dos sistemas ambientais definidos no diagnóstico ambiental. Os indicadores foram analisados por meio de SIG, dados secundários e, aqueles obtidos por meio de trabalhos de campo.

Geologia (Permoporosidade)

Os litotipos e sua permoporosidade são apontados como indicador, uma vez que os mesmos influenciam o escoamento superficial, a disponibilidade de armazenamento de águas superficiais e subterrâneas (OLIVEIRA; SEMEDO; OLIVEIRA, 2014; SOUZA; 2000).

O indicador foi analisado a partir das informações sobre os tipos de litologia e sua gênese, tendo como referência as unidades litoestratigráficas identificadas para as áreas de estudo, a partir do Mapa Geológico do Estado do Ceará, na escala de 1: 500.000 (CAVALCANTE *et al.*, 2003),

Quadro 9 – Indicadores geobiofísicos de Desertificação.

	Tema	Indicador	Parâmetro	Valor
IGBD 1	Geologia	Litotipos/permporosidade		
		Coberturas não coesas		5
		Depósitos sedimentares aluviais/coluviais		4
		Rochas sedimentares		3
		Rochas metamórficas (Níveis distintos)		2
		Rochas Ígneas, granitos e granitos migmatizados		1
IGBD 2	Relevo	Topografia/ Declividade	%	
		Plano a suave plano	0 - 3%	5
		Suave Ondulado a Ondulado	3 - 8%	4
		Fortemente Ondulado	8 - 15%	3
		Moderadamente Escarpado	15 - 45%	2
		Escarpado/Montanhoso	> 45%	1
IGBD 3	Solo	Espessura	Faixa	
		Muito Profundo	> 200 cm	5
		Profundo	100 -200 cm	4
		Moderadamente raso	50 - 100 cm	3
		Raso	25 - 50cm	2
		Muito raso, com afloramentos	sem solo < 25cm	1
IGBD 4	Solo	Erosão Hídrica/Escoamento	Frequência	
		Susceptibilidade baixa		5
		Sulcos		4
		Ravinas		3
		Ravinas/voçorocas		2
		Voçorocas		1
IGBD 5	Vegetação	Cobertura Vegetal	% Ocupação	
		Alta	> 75%	5
		Média-alta	54 - 75%	4
		Média	32 - 53%	3
		Média-baixa	10 - 31%	2
		Baixa	< 10%	1
IGBD 6	Vegetação	Estrato da Vegetação		
		Predominância de estrato arbóreo	> 5m	5
		Estrato arbustivo arbóreo	3 -5 m	4
		Estrato arbustivo	1 - 3 m	3
		Estrato herbáceo (com cactáceas)	0,5 - 1 m	2
		Pastos/cultivos/sem vegetação		1
IGBD 7	Clima	Aridez	Precipitação	
		Sub-úmido a úmido	> 700 mm	5
		Sub-úmido seco	600 - 700 mm	4
		Semiárido	400 - 600 mm	3
		Árido	300 - 400 mm	2
		Hiperárido	< 300mm	1
IGBD 8	Clima	Vulnerabilidade à Seca	Anomalia da Precipitação	
		Muito baixa		5
		Baixa		4
		Moderada		3
		Alta		2
		Muito alta		1

Fonte: Adaptado de Oliveira, Semedo e Oliveira (2014); Abraham e Salomón (2006).

Geomorfologia (Topografia/Declividade)

As vertentes do relevo e sua declividade restringem certas atividades humanas, aspectos a levar em consideração com respeito a formação do solo e os processos de erosão, a influência sobre o escoamento e salinização de água (OLIVEIRA; SEMEDO; OLIVEIRA, 2014). Em conjugação às condições climáticas locais influencia indiretamente as temperaturas e a radiação sobre a superfície (LEPSCH, 2002).

A topografia pode ser classificada em: planas, suave onduladas, onduladas, fortemente onduladas, montanhosas ou escarpadas. A declividade requer atenção especial, sobretudo em determinadas condições de uso da terra. Quanto maior o gradiente de declividade, maior o potencial erosivo em relação à intensidade das chuvas e à situação da exposição dos solos (SOUZA, 2000).

Este indicador foi analisado segundo as feições geomorfológicas identificadas e Modelos de Elevação Digita, e ainda Relevo Sombreado, gerados a partir de imagens SRTM. A topografia foi correlacionada à declividade, medida em porcentagem, em cinco classes: superfície plana a suave ondulada, 0-3%; superfície suave ondulada a ondulada, 3-8%; superfície fortemente ondulada, 8-15%; superfície moderadamente escarpada, 15-45%; superfície montanhosa, ou escarpada, maior que 45%.

Solos (Espessura e Erosão Hídrica)

Os solos representam a interface entre os elementos abióticos e bióticos e o substrato das atividades do homem; determinaram as relações entre todas as formas de vida vegetal, e atuam como fator limitante para certos usos. A profundidade dos solos foi indicador chave para avaliar a suscetibilidade à erosão, e também o estado de uso e ocupação da terra (OLIVEIRA; SEMEDO; OLIVEIRA, 2014).

Além das propriedades morfopedológicas dos solos, o tipo e a frequência de formas erosivas evidenciam os processos de concentração da água das chuvas sobre a superfície por meio do escoamento superficial (BERTONI; LOMBARDI NETTO, 2005).

A profundidade e a erosão hídrica foram analisadas a partir da frequência dos tipos de formas erosivas detectadas nos sistemas ambientais, em observações de campo e registro fotográfico. A espessura foi avaliada por análise comparativa da profundidade teórica esperada para cada classe de solo (JACOMINE; ALMEIDA; MEDEIROS, 1973; LIMA; OLIVEIRA; AQUINO, 2002) e espessura mensurada em perfis de solo nos sistemas ambientais, por ocasião dos trabalhos de campo (situação atual). Erosão hídrica – método indireto por observação de evidências in loco e mediante registro fotográfico (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2004).

Cobertura Vegetal (Cobertura/estrato da vegetação)

O estudo da vegetação assume significativa relevância por constituir a melhor expressão sintética dos dados abióticos do ambiente (SOUZA, 2000). Segundo o autor, as rupturas de equilíbrio nos diferentes sistemas parte da degradação da cobertura vegetal e, conseqüentemente todos os demais componentes são afetados e os solos podem ser fortemente impactados ou destruídos.

A aplicação deste indicador é premissa em todos os estudos sobre desertificação em diferentes escalas de abordagem, seja ela global, nacional, regional ou local, a exemplos de Leite *et al.* (1993) e Soares *et al.* (1995), Oliveira *et al.* (2003), Oliveira e Printz (2000), Ceará (2010), Oliveira, Semedo e Oliveira (2014).

Os aspectos fisionômicos de recobrimento e estratificação da vegetação natural ou introduzida e estratificação representaram indicadores chave para avaliar o estado de uso e pressão das atividades do homem sobre o solo (OLIVEIRA; SEMEDO; OLIVEIRA, 2014).

Para tanto, estes aspectos fisionômicos foram analisados a partir do mapeamento da cobertura vegetal/uso da terra na escala de 1:100.000, e de dados levantados em trabalho de campo e registro fotográfico.

Clima (Aridez e Vulnerabilidade às secas)

Oliveira (2011; 2012) e Oliveira, Semedo e Oliveira (2014) propõem a delimitação de várias faixas bioclimáticas homogêneas que refletem determinadas composições florísticas. Para esta avaliação climática dos indicadores, os parâmetros utilizados foram os registros de precipitação nos postos pluviométricos e a vulnerabilidade de secas.

A aridez foi analisada quanto à precipitação média registrada nos postos pluviométricos que apresentaram dados homogêneos dos últimos 15 anos (2001-2016). A vulnerabilidade às secas foi avaliada quanto à variação da anomalia da precipitação registrada.

Para obtenção da anomalia, a precipitação média registrada na série foi diminuída da normal pluviométrica, ponto de referência da análise. Posteriormente, foi realizada a variação da anomalia em porcentagem.

Segundo o Manual de Indicadores e Índices de Sequia ((SVOBODA; FUCHS, 2016), a anomalia da precipitação é considerada um parâmetro de fácil aplicação pela disponibilidade da informação dos postos pluviométricos.

Índice IGBD e ISED

O Índice Geobiofísico de Desertificação foi obtido a partir da média aritmética dos valores atribuídos a cada indicador. Para o estabelecimento do grau de suscetibilidade à desertificação, os índices foram classificados em: muito baixo, baixo, moderado, alto e muito alto (OLIVEIRA; SEMEDO; OLIVEIRA, 2014).

Em aprimoramento metodológico aos estudos de Oliveira (2012; 2011) e Oliveira, Semedo e Oliveira (2014), Sousa (2016) acrescentou à matriz de indicadores de desertificação, um grupo de 11 indicadores socioeconômicos para a construção de índice socioeconômico de desertificação (ISED).

O ISED foi proposto segundo a mesma composição estatística do IGBD. Cada indicador foi escalonado em cinco classes, onde se atribuiu valores de referência de 1 a 5, onde as melhores condições socioeconômicas da população das áreas estão mais próximas ao valor 5. A obtenção do índice foi feita pelo cálculo da soma das médias para cada indicador, dividida pelo número total de indicadores utilizados.

Na obra de Sousa (2016), os índices geobiofísicos e socioeconômicos de desertificação foram aplicados na busca de um panorama comparativo de bacias hidrográficas semiáridas no Médio Jaguaribe-CE e Ilha de Santiago, em Cabo Verde, África.

Nesta avaliação da desertificação optou-se por utilizar os indicadores ISED, como qualificador ao Índice Geobiofísico de Desertificação (IGBD), em função da carência de dados primários com certa compatibilidade com o recorte espacial dos sistemas ambientais. Desse modo, selecionou-se os seguintes indicadores: captação de água, estrutura fundiária, agricultura temporária, pecuária, extrativismo vegetal e programas assistenciais à população (QUADRO 10).

Seguindo estruturação semelhante de análise dos indicadores biofísicos, cada indicador foi avaliado de acordo com o parâmetro de medição e escala de referência, de valores que variam de 5 a 1. Valor mais próximo a 5, melhores são as condições de uso da terra, recurso hídrico e social.

Quadro 10 – Indicadores Socioeconômicos de desertificação.

	Tema	Indicador	Parâmetro	Valor
ISED1	Acesso à Água	Captação de água	Cobertura %	
		Muito Alta	Maior que 95	5
		Alta	61 – 95	4
		Moderada	36 – 60	3
		Baixa	10 a 35	2
		Insuficiente	Menor que 10	1
ISED2	Posse da Terra	Estrutura Fundiária	No. Propriedades	
		Não Classificado	Menos de 25	5
		Grande Propriedade	25 – 100	4
		Média Propriedade	100-300	3
		Pequena Propriedade	300 – 1000	2
		Minifúndio	Maior que 1000	1
ISED3	Uso da Terra	Agricultura Temporária	Ascensão da produção	
		Alto		5
		Estável		4
		Intermediária		3
		Baixa		2
		Declínio		1
ISED4	Uso da Terra	Pecuária - Rebanho	Ascensão do tamanho do rebanho	
		Alto		5
		Estável		4
		Intermediária		3
		Baixa		2
		Declínio		1
ISED5	Uso da Terra	Extrativismo vegetal	Ascensão da produção	
		Alto		5
		Estável		4
		Moderado		3
		Baixo		2
		Declínio		1

Fonte: Adaptado de Sousa (2016); Abraham; Salomón (2006).

ISED 1 Captação de água

Para o planejamento e o monitoramento ambiental em regiões semiáridas, a disponibilidade e o acesso à água são fatores imprescindíveis pelo caráter estratégico de impacto direto sobre o desenvolvimento regional, no que diz respeito ao desempenho do setor produtivo primário, e ainda, no gerenciamento de recursos hídricos para abastecimento de mananciais e manutenção da atividade agropecuária.

Além do regime pluviométrico característico de semiaridez, a captação de águas de superfície e subterrânea é influenciada indiretamente pelas condições hidrogeológicas de permoporosidade das rochas. A escassez ou mau uso desse recurso pode acirrar as

desigualdades econômicas locais, sobretudo da população rural difusa, que não tem atendimento da rede geral de abastecimento de água.

A análise desse indicador foi a porcentagem de cobertura da captação da água. As informações utilizadas na construção da análise foram: o tamanho da população rural por município e a quantidade de famílias beneficiadas, atendidas por programas de abastecimento de água permanente. Essas informações foram extraídas a partir do Perfil Básico Municipal 2016 - Santa Quitéria e Independência (IPECE, 2017a) e do Perfil das Regiões de Planejamento - Sertão de Crateús 2016 (IPECE, 2017b).

Partiu-se da premissa de que a população urbana residente dos municípios teria os seus domicílios ligados à rede geral de abastecimento, enquanto os domicílios situados em área rural teriam abastecimento de água por outras situações como poços, ou nascentes, e outras fontes. Para cada domicílio por foi estimado uma média aleatória de cinco membros por família beneficiada.

A avaliação do indicador também se baseou na porcentagem de cobertura de pessoas beneficiadas pela captação de água por programas institucionais de abastecimento: São José e Água Doce (SRH, 2008), e ainda, a quantidade de poços perfurados e cadastrados no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) (CPRM, 2016).

ISED 2 Estrutura Fundiária

A estrutura fundiária dos municípios de Santa Quitéria e Independência foi avaliada de acordo com os relatórios do Instituto de Colonização e Reforma Agrária (INCRA, 2015) e Instituto do Desenvolvimento Agrário do Ceará (IDACE, 2017a; IDACE, 2017b), quanto à classificação dos imóveis rurais, segundo o tamanho das propriedades, em função do Módulo Fiscal (MF), definido na Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993.

Segundo Landau *et al.* (2013) e Brasil (2012), o Módulo Fiscal, ou MF é uma unidade de medida agrária que representa a área mínima necessária para as propriedades rurais poderem ser consideradas economicamente viáveis, variável com cada município, onde são considerados: o tipo de exploração predominante; a renda obtida com a exploração predominante; outras explorações existentes que, embora não predominantes, sejam significativas em função da renda da área utilizada, e ainda do conceito de propriedade familiar.

Desse modo, os imóveis rurais são classificados em:

- **Minifúndio:** é o imóvel rural com área inferior a 1 (um) módulo fiscal;
- **Pequena Propriedade:** o imóvel de área compreendida entre 1 (um) e 4 (quatro) módulos fiscais;

- **Média Propriedade:** o imóvel rural de área superior a 4 (quatro) e até 15 (quinze) módulos fiscais;
- **Grande Propriedade:** o imóvel rural de área superior 15 (quinze) módulos fiscais.

Deste modo, no quadro 11 foi apresentada a classificação dos imóveis dos municípios de Santa Quitéria e Independência, onde 1(um) MF equivale a 55 e 80 hectares, respectivamente (INCRA, 2013).

Quadro 11 – Classificação dos imóveis rurais dos municípios de Independência e Santa Quitéria.

Município	Minifúndio (ha)	Pequena Propriedade (ha)	Média Propriedade (ha)	Grande Propriedade (ha)
Independência	0 a 79	80 a 320	321 a 1.200	> 1.200
Santa Quitéria	0 a 54	55 a 220	221 a 825	> 825

Fonte: Silva (2018).

O indicador foi construído a partir da análise espacial da malha de imóveis rurais dos municípios, levando em consideração o quantitativo de propriedades segundo a área territorial, em hectare, classificando-as quanto ao tamanho, segundo o módulo fiscal para as seguintes classes: minifúndio, pequena propriedade, média propriedade e grande propriedade (INCRA, 2016).

Os Mapas de Estrutura Fundiária de Santa Quitéria e Independência foram elaborados a partir da malha de imóveis rurais (INCRA/IDACE) em formato digital (.kmz). Os arquivos foram convertidos para o formato *shapefile*, no qual foi possível calcular a área e a distribuição espacial dos imóveis rurais. Posteriormente, os polígonos correspondentes às propriedades foram classificados segundo o seu tamanho, em hectare (ha), e ao módulo fiscal.

ISED 3 Agricultura temporária

Com base na análise do uso do solo nos ZEEs das ASD Irauçuba e Inhamuns (FUNCEME, 2015a; 2015b), as lavouras permanentes tiveram uma participação muito baixa no setor agropecuário. Deste modo considerou-se como indicador Agricultura a ascensão das lavouras temporárias em dois períodos: 1996-2006; 2006-2016.

A avaliação deste indicador foi feita tomando como informação disponível os dados em série histórica (1996-2016) por meio de publicações da Produção Agrícola Municipal (PAM) (IBGE), ano a ano. Com essas informações, foi possível identificar tendências de ascensão da agricultura temporária. O eventual declínio da produção agrícola expressa as consequências da produtividade da terra, bem como respostas às condições climáticas em anos secos, ou período

prolongado de seca.

ISED 4 Pecuária

Com base em Ceará (2010), Araújo Filho (2013) e (FUNCEME, 2015a; 2015b), a pecuária é uma das atividades que tem contribuído com a degradação das terras semiáridas. Nesta perspectiva avaliou-se o desempenho da pecuária não só enquanto o tamanho dos rebanhos de bovinos, caprinos e ovinos no período de 2007 a 2016, mas também em resultados obtidos por meio do Índice de Vulnerabilidade à Desertificação (IVDP) (RODRIGUES *et al.*, 2013); taxa de crescimento dos rebanhos de 2006 a 2016; capacidade de suporte da caatinga à atividade pecuária.

O IVDP é composto pelas variáveis lotação animal (número de bovinos/áreas com pastagens naturais, plantadas e com forrageiras) + taxa de crescimento do rebanho bovino + taxa de crescimento do rebanho bovino+ taxa de crescimento do rebanho bovino) ao marco de avaliação de 1996 a 2006.

Calculou-se a taxa de crescimento dos rebanhos (bovinos, caprinos e ovinos) com referência ao período de 2006-2016, por meio de publicações da Produção Pecuária Municipal (PPM) (IBGE, 1996-2016), para averiguação de tendência de ascensão ou declínio. A carga animal foi calculada pela razão entre a área do município em hectare pelo número de cabeças do rebanho bovino, adotando por base as medidas de referência a esta unidade em Araújo Filho (2013).

ISED5 Extrativismo Vegetal

As informações sobre a produção de lenha, madeira e carvão são importantes para avaliação da matriz energética nas áreas de estudo. A retirada da cobertura vegetal por meio do extrativismo é condição de favorecimento ao desmatamento e exposição dos solos à erosão. Contudo, a prática é considerada como fonte de renda alternativa à população nos períodos de estiagem nos sertões. O indicador foi avaliado a partir da produção de lenha e carvão dos municípios extraída das publicações Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, Ceará: Independência e Santa Quitéria (IBGE, 1996-2016).

3 DIAGNÓSTICO GEOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS DE SANTA QUITÉRIA E INDEPENDÊNCIA

Em termos geoambientais, os municípios de estudo se inserem aos Sertões Ocidentais dos Pés-de-Serra do Planalto da Ibiapaba (SOUZA, 2000; FUNCEME, 2007). O Domínio do Clima Semiárido Quente é caracterizado pelo regime pluviométrico irregular, com índices entre 550 a 800m, e de temperaturas elevadas, que ditam as condições de morfodinâmica atual dos sistemas ambientais nas Bacias Hidrográficas dos Sertões de Crateús (Alto Poti) e Alto Acaraú (CEARÁ, 2013; COGERH, 2017).

Para uma visão de síntese da paisagem, é necessário o conhecimento das características e dinâmica natural dos componentes abióticos, bióticos e aspectos antrópicos para o entendimento das conexões de modo a constituir sistemas ambientais.

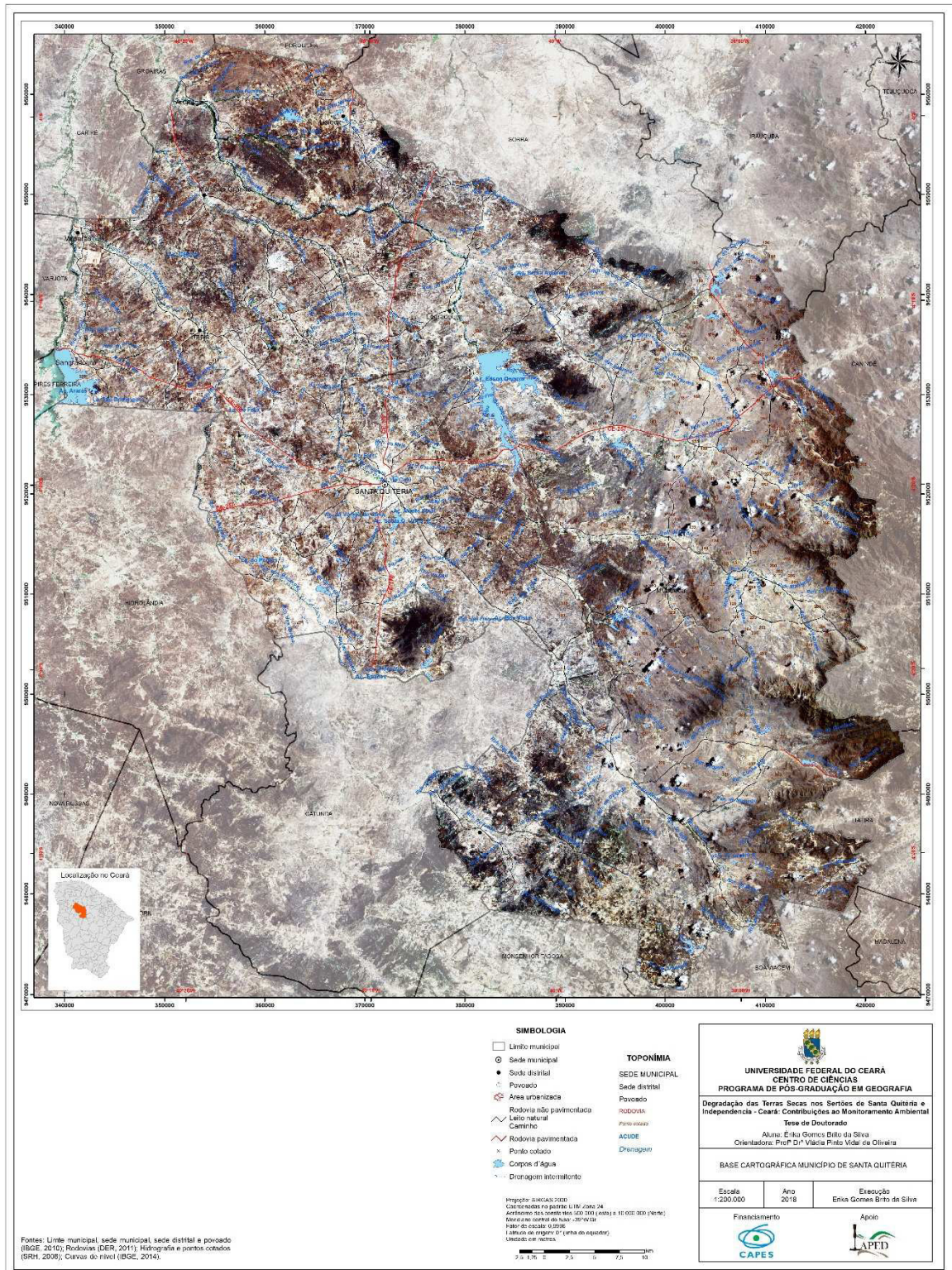
Seguindo esta ótica, a caracterização geoambiental dos municípios de Santa Quitéria e Independência tomou por base os aspectos geológico-geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, bem como dos aspectos pedológicos e da cobertura vegetal, e por fim dos usos tradicionais de uso da terra.

O município de Santa Quitéria está situado na porção centro-oeste do Estado do Ceará, com sede localizada entre as coordenadas 40°12'44" WGr.; 3°27'38" S. Estende-se por uma área de 4.260,5 km², onde vive uma população estimada de 43.359 habitantes (IBGE, 2014; IPECE, 2016) (MAPA 1).

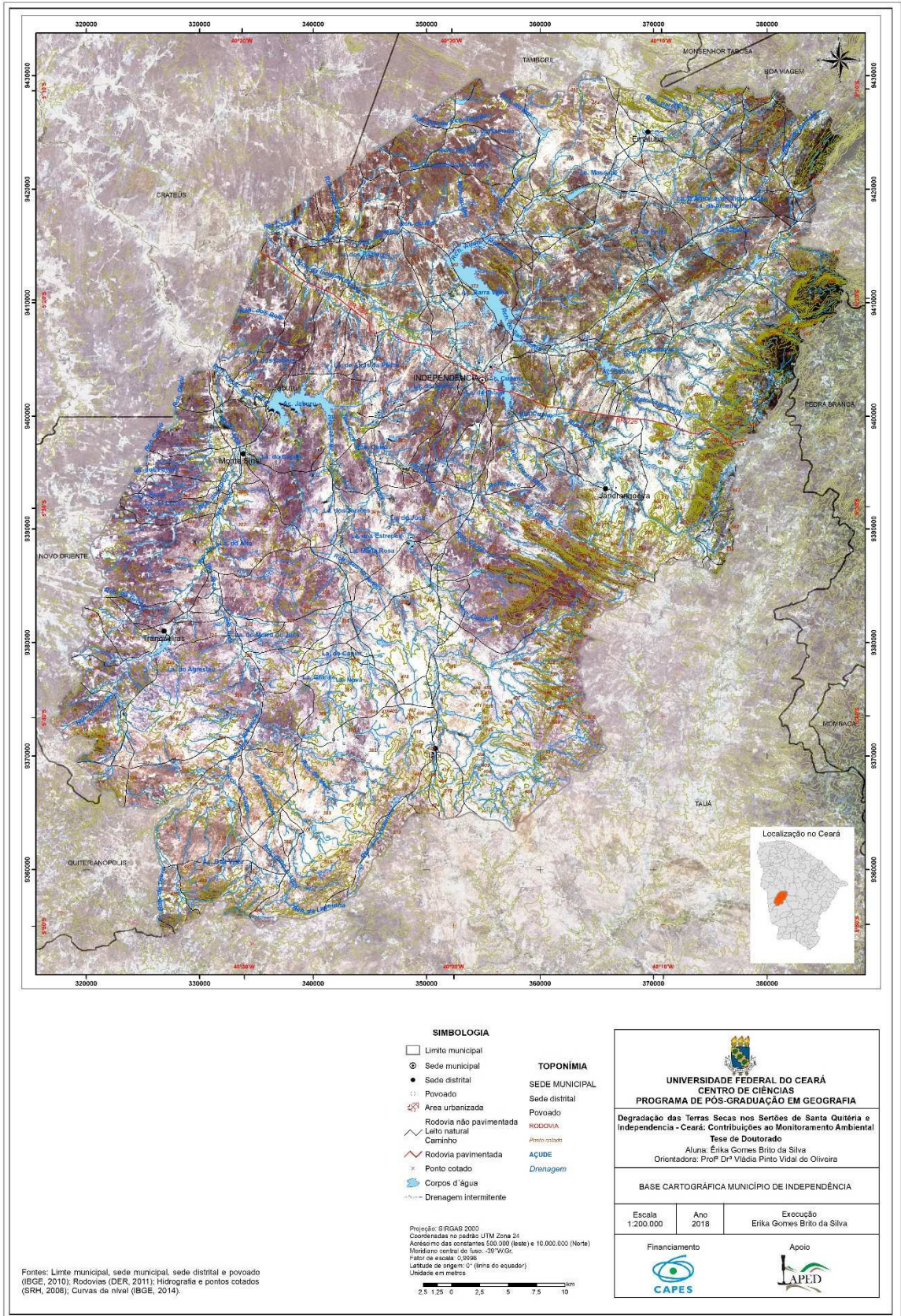
Santa Quitéria faz limite municipal ao norte, com Sobral, Forquilha, Groáiras, Cariré; ao, sul, Catunda, Monsenhor Tabosa, Boa Viagem, Madalena, Itatira; a leste, Itatira, Canindé, Sobral, e a oeste, com os municípios de Cariré, Varjota, Pires Ferreira e Hidrolândia (IPECE, 2017).

Na microrregião dos Sertões de Crateús, o município de Independência está localizado na porção sudoeste do Ceará, com sede situada entre as coordenadas 40°45'32" WGr.; 4°54'00" S (MAPA 2). A área territorial é de 3.218,7km², onde a população estimada é 25.952 habitantes (IBGE, 2014; IPECE, 2016).

Mapa 1 Mapa Básico do Município de Santa Quitéria.



Mapa 2 - Mapa Básico do Município de Independência.



Conforme dados populacionais do Censo 2010 (IBGE, 2010), Independência apresenta o maior número de habitantes situados na zona rural do município. Depois do distrito-sede, Iapi tem a maior população em área rural (TABELA 1).

Já o município de Santa Quitéria tem a maior população em zona urbana. O distrito de Raimundo Martins tem a segunda maior população em zona rural. Em termos de planejamento territorial, os municípios de Santa Quitéria e Independência pertencem à região dos Sertões de Crateús (IPECE, 2017).

Tabela 1 – População, segundo os municípios e distritos.

Municípios e Distritos	2010		
	Total	Urbana Total	Rural Total
Independência	25.573	11.473	14.100
Ematuba	2.755	390	2.365
Iapi	4.049	220	3.829
Independência	14.548	10.395	4.153
Jandrangoeira	465	14	451
Monte Sinai	1.409	130	1.279
Tranqueiras	2.347	324	2.023
Santa Quitéria	42.763	22.260	20.503
Lisieux	3.845	2.073	1.772
Logradouro	1.725	187	1.538
Macaraú	2.434	1.183	1.251
Malhada Grande	1.043	370	673
Muribeca	3.470	5	3.465
Raimundo Martins	3.932	233	3.699
Santa Quitéria	22.400	17.543	4.857
Trapiá	3.914	666	3.248

Fonte: IPECE (2017).

3.1 Contexto Geoambiental dos Municípios de Santa Quitéria e Independência

3.1.1 Condições geológicas e geomorfológicas

Os aspectos geológico-geomorfológicos dos municípios de estudo foram caracterizados segundo os trabalhos de Cavalcante *et al.* (2003), Vasconcelos e Gomes (2003), Hasui *et al.* (2012) e Souza (1988; 2000).

Estes aspectos também foram percorridos nos trabalhos de caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Acaraú e município de Santa Quitéria (NASCIMENTO, 2006; GONÇALVES JÚNIOR, 2013), Projeto Mata Branca (CEARÁ, 2013) e nos Zoneamentos Econômicos-Ecológicos das ASD Irauçuba/Centro-Norte e Inhamuns (FUNCEME, 2015a; 2015b).

O quadro geológico é constituído por terrenos do embasamento cristalino, com litologias diversas, metamórficas e ígneas arqueanoproterozóicas. Em menor proporção, os

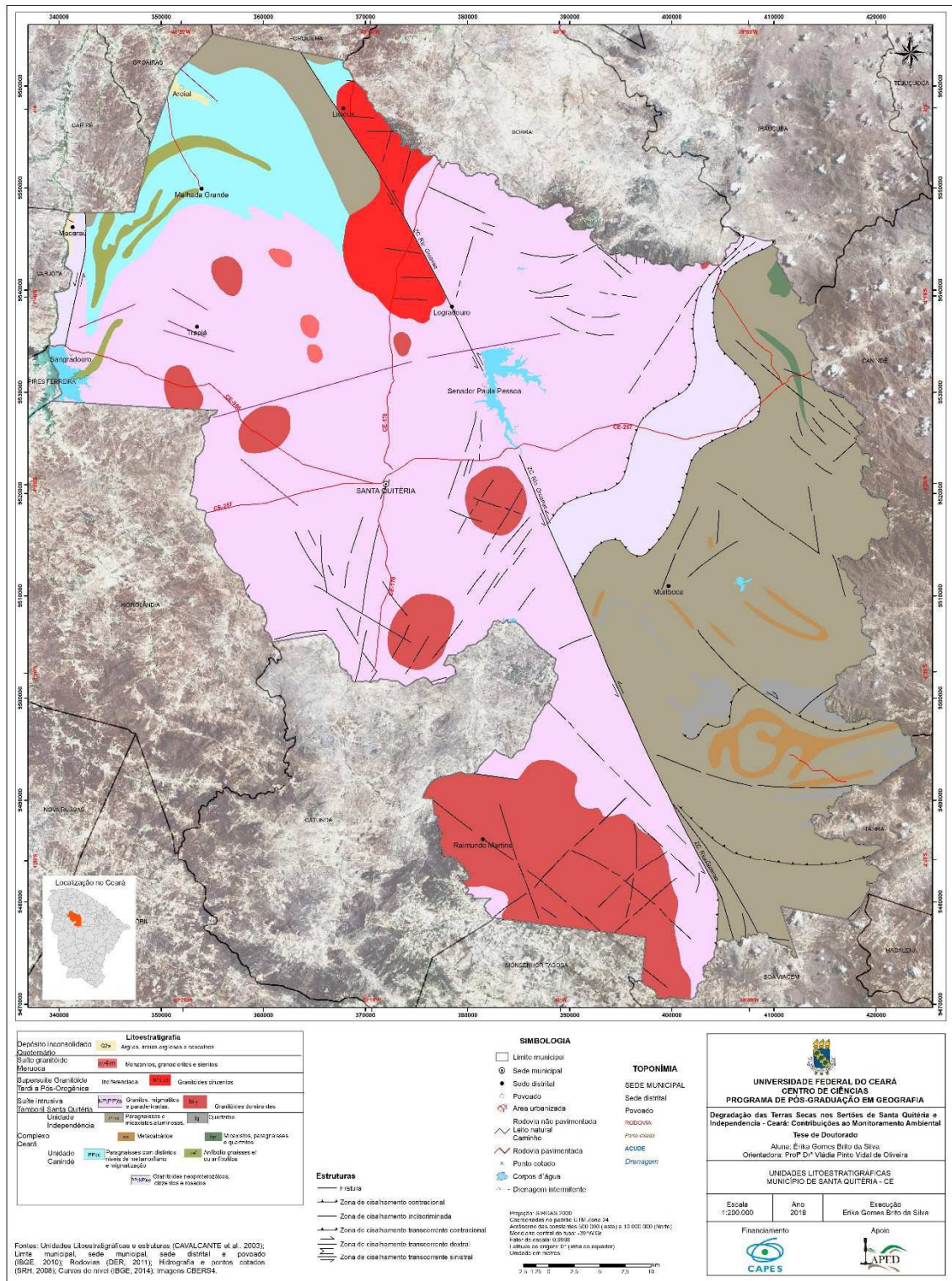
depósitos aluviais-coluviais quaternários correspondem aos terrenos geologicamente mais recentes.

A identificação e a caracterização das principais unidades litoestratigráficas seguiram a divisão proposta por Cavalcante *et al.* (2003), de atualização do Mapa Geológico do Estado do Ceará, em escala original de 1:500.000. Esta divisão também foi revisada por Hasui *et al.* (2012). A litoestratigrafia foi descrita em ordem geocronológica de ocorrência (VASCONCELOS; GOMES, 2003), seguida da descrição dos litotipos e estruturas geológicas.

Segundo compartimentação tectônica, o substrato rochoso dos municípios de Santa Quitéria e Independência está situado no Setor Setentrional do Sistema Orogênico da Borborema, no Subdomínio Ceará Central (HASUI *et al.*, 2012; VASCONCELOS; GOMES, 2003). Este subdomínio limita-se ao noroeste pela Zona de Cisalhamento Sobral Pedro II (ZCS) e a sudeste pela Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP), constituído por rochas diversas de idade arqueanas, neopaleoproterozóicas, cambrio-ordovicianas e depósitos quaternários.

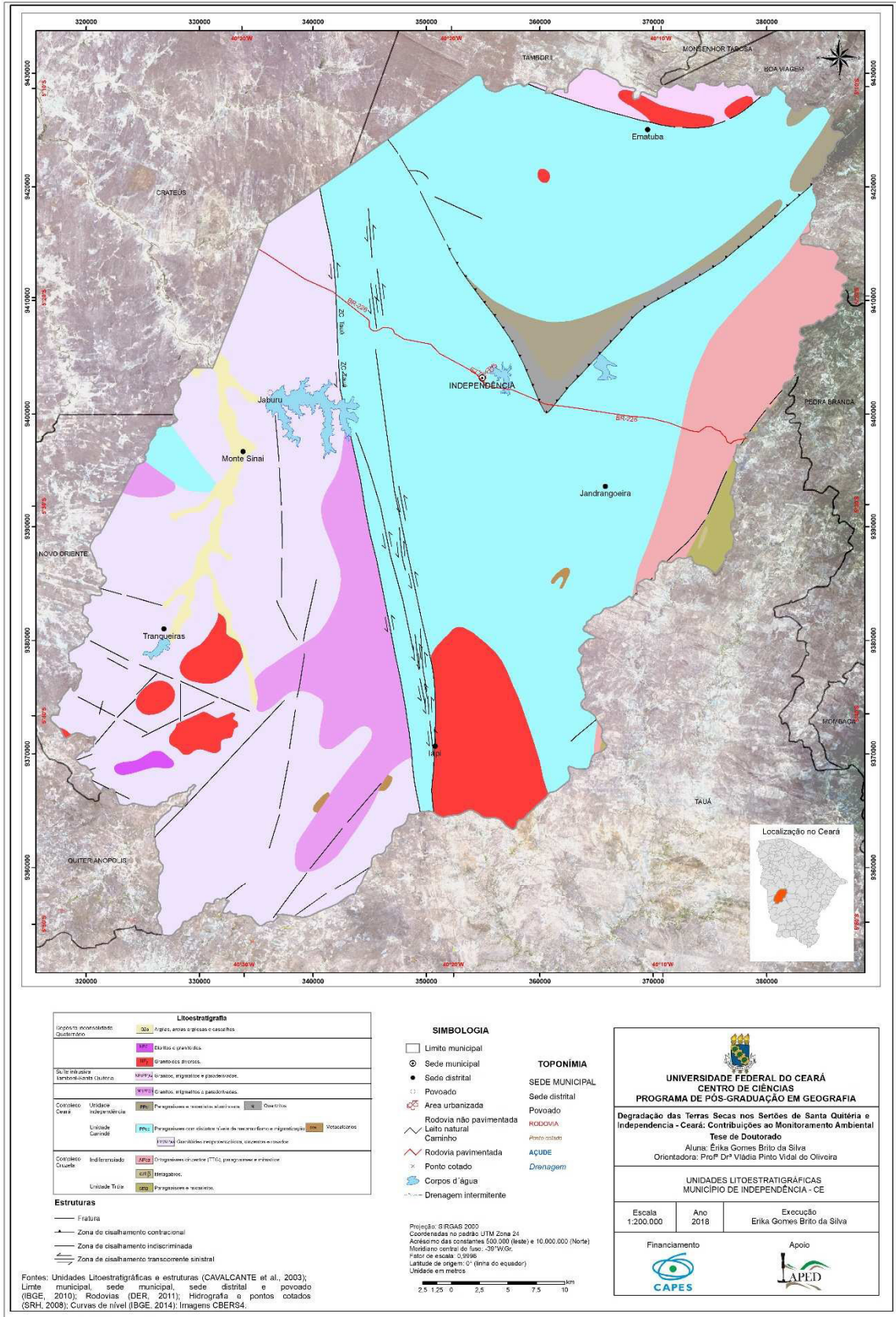
As figuras 14 e 15 apresentam as principais unidades litoestratigráficas nos municípios de estudo: Complexo Cruzeta, Complexo Ceará, Suíte intrusiva Tamboril-Santa Quitéria, Suíte granitoide Meruoca, unidades de diques e granitos diversos, e de coberturas aluviais cenozoicas (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

Figura 14 – Mapa geológico de Santa Quitéria.



Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2003).

Figura 15 - Mapa geológico de Independência.



Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2003).

O quadro 12 apresenta a geocronologia e a litoestratigrafia regional encontrada em Santa Quitéria e Independência.

Quadro 12 – Esboço cronolitoestratigráfico de Santa Quitéria e Independência, Ceará.

Geocronologia	Unidade Litoestratigráfica	Subunidade Litoestratigráfica/Litologias
Quaternário	Depósitos aluviais	Coberturas aluviais
Jurássico/Cretáceo		Diques (Dioritos e Granitoides)
Cambriano/Ordoviciano	Suíte Intrusiva Granitóide Meruoca	Monzonitos, Granodioritos e Sienitos
Neoproterozóico	Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria	Granitoides diversos
		Granitos
Paleoproterozóico	Complexo Ceará	Unidade Independência
		Unidade Canindé
Paleoneoarqueano	Complexo Cruzeta	Unidade Indiferenciada
		Unidade Troia

Fonte: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2003); Vasconcelos; Gomes (2003); Hasui *et al.* (2012).

Em ordem geocronológica, a unidade litoestratigráfica mais antiga é o Complexo Cruzeta, com idade paleoneoarqueana (VASCONCELOS; GOMES, 2003). Esta unidade é particular ao município de Independência, ocupando a porção mais ocidental, onde a vertente ocidental da Serra da Pedra Branca faz o limite com os municípios de Pedra Branca e Tauá. Este complexo está representado por duas unidades: Troia e Indiferenciado.

Segundo Cavalcante *et al.* (2003), a unidade Troia é constituída por rochas metamórficas, predominantemente, paragnaisses e micaxistos cianíticos, e lente de metagabros. Já a unidade denominada Indiferenciada é uma sequência de litologias plutono-vulcanossedimentar, constituída por ortognaisses cinzentos (TTG), paragnaisses e migmatitos, encerrando lentes de anfibolitos/metabasaltos, metagabros, metaultramáficas, metacalcários, micaxistos, gonditos, formações ferríferas/itabiritos (czit) e rochas calcissilicáticas.

O Complexo Ceará é a unidade litoestratigráfica de composição diversificada de litotipos paleoproterozóicos e neoproterozoicos, de grande expressão nos municípios de estudo. As Unidades Independência e Canindé constituem o substrato das depressões sertanejas, serras secas e cristas residuais.

As litologias metamórficas paleoproterozóicas compõem a Unidade Canindé, onde destacam-se paragnaisses com níveis distintos de migmatização, micaxistos, ocorrência de quartzitos e metacalcários. A Unidade Independência é constituída por lentes de paragnaisses, micaxistos e metacalcários; metacalcários; quartzitos; e anfibolitos (micaxistos, paragnaisses e quartzitos) (CAVALCANTE *et al.*, 2003). Localmente, no município de Santa Quitéria, o Complexo Ceará é constituído também pelo pacote de mármore de Itataia, que abriga a jazida de urânio (HASUI *et al.*, 2012).

Segundo a divisão geocronológica proposta por Delgado *et al.* (2003) e Silva (2006) em Hasui *et al.* (2012), a Unidade Independência é de idade neoproterozóica. A Unidade Independência é constituída por lentes de paragnaisses, micaxistos e metacalcários; metacalcários; quartzitos; e anfibolitos (micaxistos, paragnaisses e quartzitos) (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

Os terrenos neoproterozóicos são conferidos à Suíte Intrusiva (granitoide, sintectônica) Tamboril-Santa Quitéria, de associação granito-migmatítica, granitoides e paraderivadas. Em Independência, esta unidade é constituída por granitos, migmatitos e paraderivadas.

A presença de granitoides diversos, dioritos e granitoides, e granitoides cinzentos neoproterozóicos (CAVALCANTE *et al.*, 2003; VASCONCELOS; GOMES, 2003) sustentam os lajedos e afloramentos rochosos. Em Santa Quitéria, a ocorrência de monzonitos, granodioritos e sienitos de idade cambriano-ordoviciana constituem a Suíte Intrusiva Granitoide Meruoca.

Os depósitos de areias, areias-argilosas e cascalhos encerram a geocronologia. Eles são a cobertura dos ambientes de deposição fluvial e áreas adjacentes de inundação, ao longo da drenagem dos principais rios e riachos.

Os eventos tectônicos rupturais são marcados por fraturas, zonas de cisalhamento, tais como, a do Rio Groaíras, em Santa Quitéria, e de Tauá, em Santa Quitéria (FIGURA 16). São encontrados também diques de granitoides aplíticos e pegmatitos, dioritos e granitoides, e granitoides cinzentos (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

Figura 16 - Afloramentos rochosos em Independência, distrito sede.

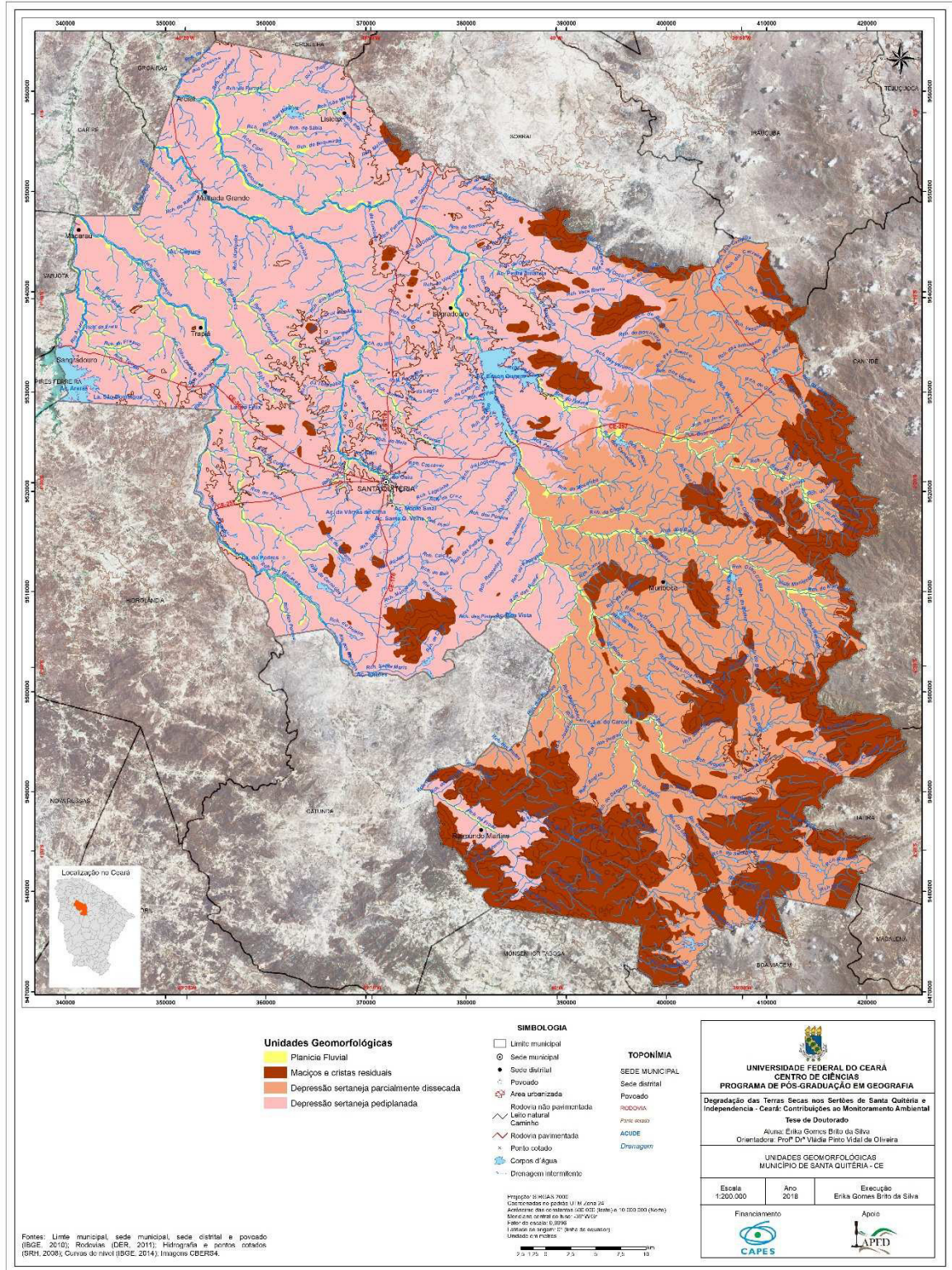


Fonte: Silva (2018).

A litologia diversificada e a presença de estruturas geológicas influenciaram de modo direto, ou indireto na evolução dos tipos de relevo, bem como, em outros fatores tais como o mosaico de solos e a disponibilidade de recursos hídricos (SOUZA, 1988; 2000; 2006; SOUZA; OLIVEIRA, 2015).

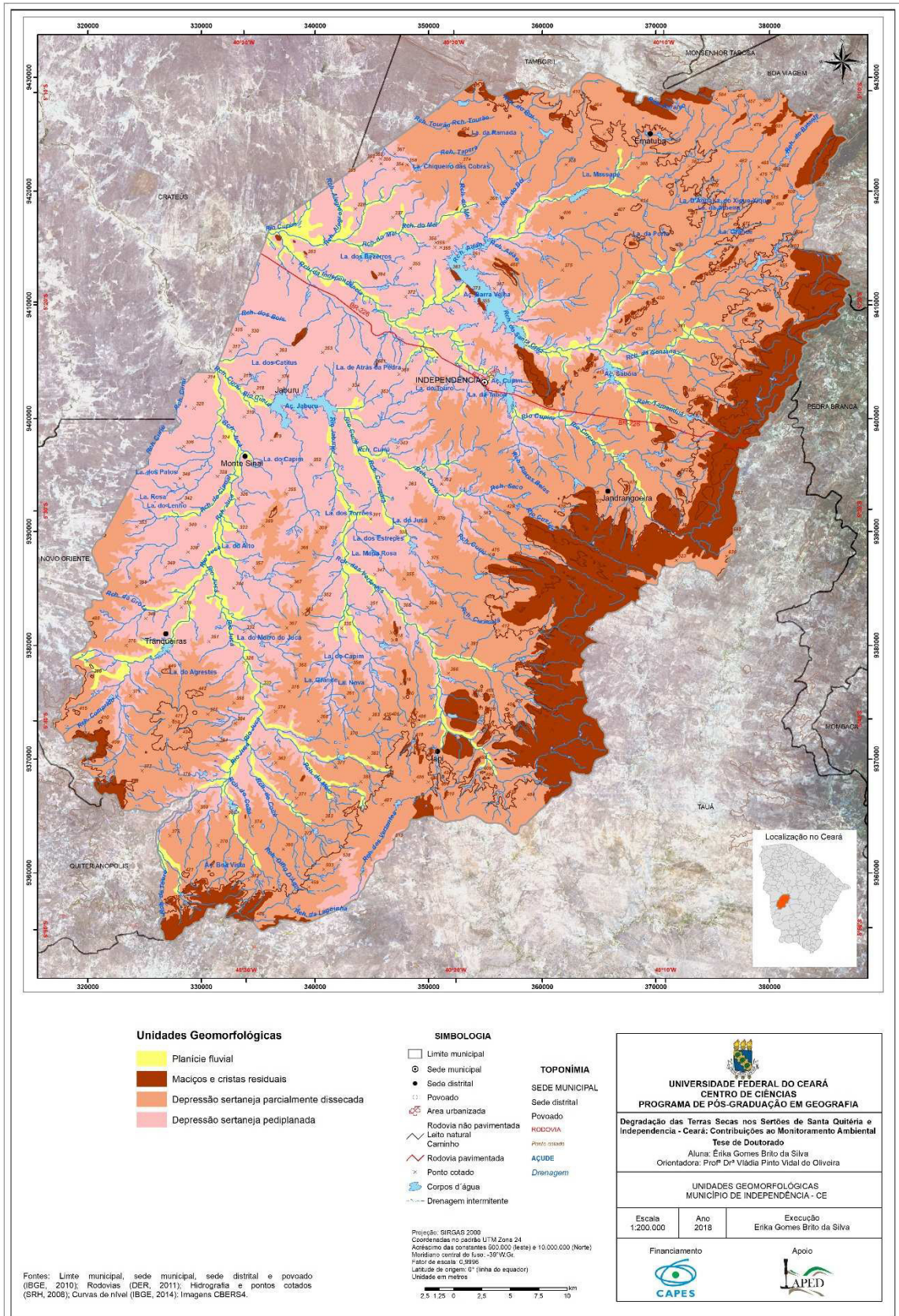
Em termos morfoestruturais, a sub-compartimentação do relevo expõe as seguintes formas dominantes: depressões sertanejas, maciços e cristas residuais, inselbergs e lajedos, e planícies fluviais (FIGURAS 17 e 18).

Figura 17 – Unidades geomorfológicas do Município de Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2018)

Figura 18 - Unidades geomorfológicas do Município de Independência.



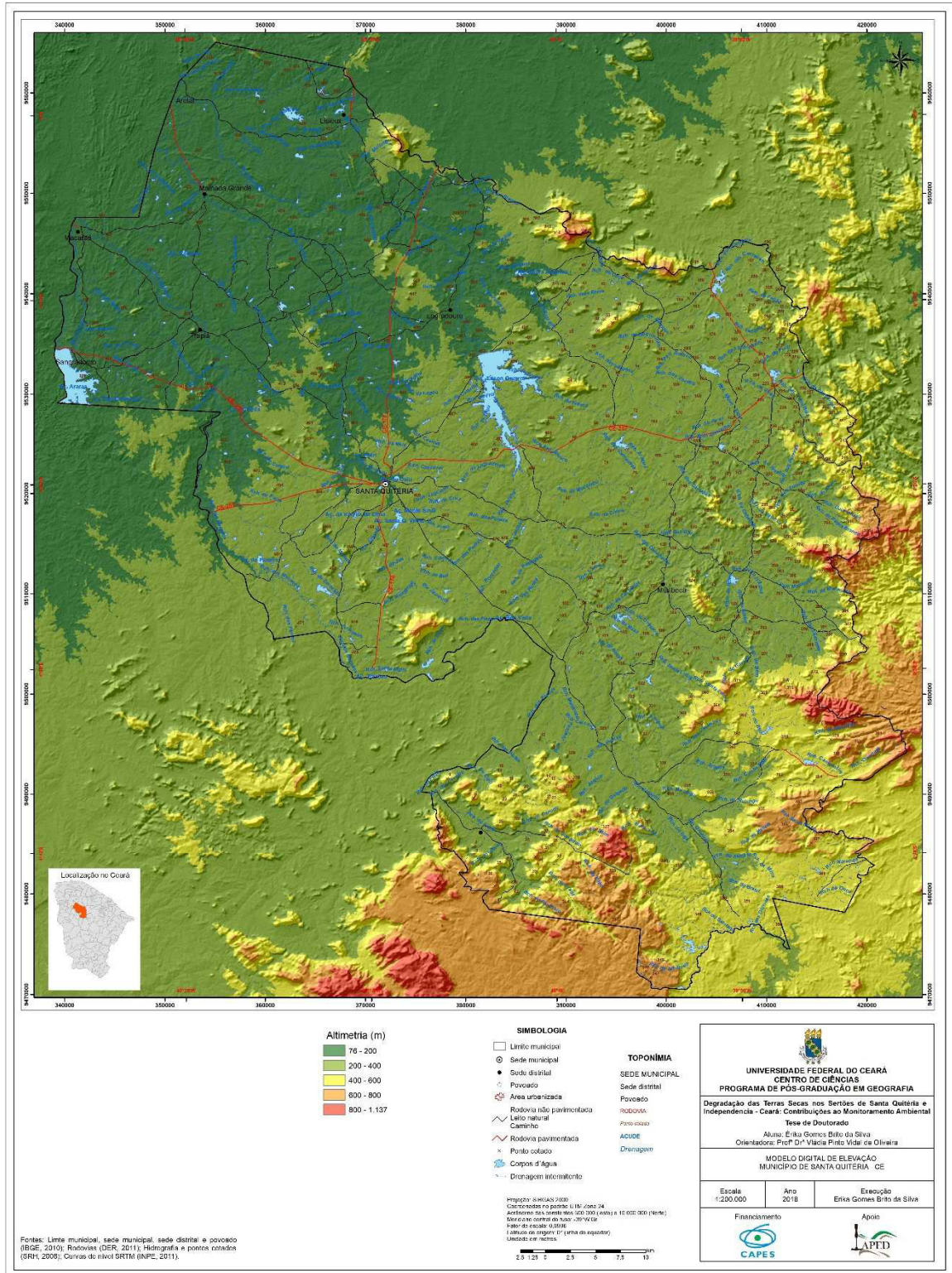
Fonte: Silva (2018).

Na caracterização das unidades geomorfológicas foram identificadas feições de acumulação, pediplanadas e dissecadas. A depressão sertaneja é a unidade geomorfológica de maior dimensão espacial dos territórios municipais de Independência e Santa Quitéria, equivalendo em aproximação a 82% e 75% de área, respectivamente. Este compartimento se exhibe em largas superfícies de erosão, elaboradas por dois níveis de pedimentos, a partir da base dos maciços e cristas residuais (SOUZA, 1988; 2000).

Em descrição geológica precedente, a depressão é constituída por rochas cristalinas diversificadas do Complexo Ceará, Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria, e ainda da Suíte Intrusiva Meruoca, presente na geologia do município de Santa Quitéria.

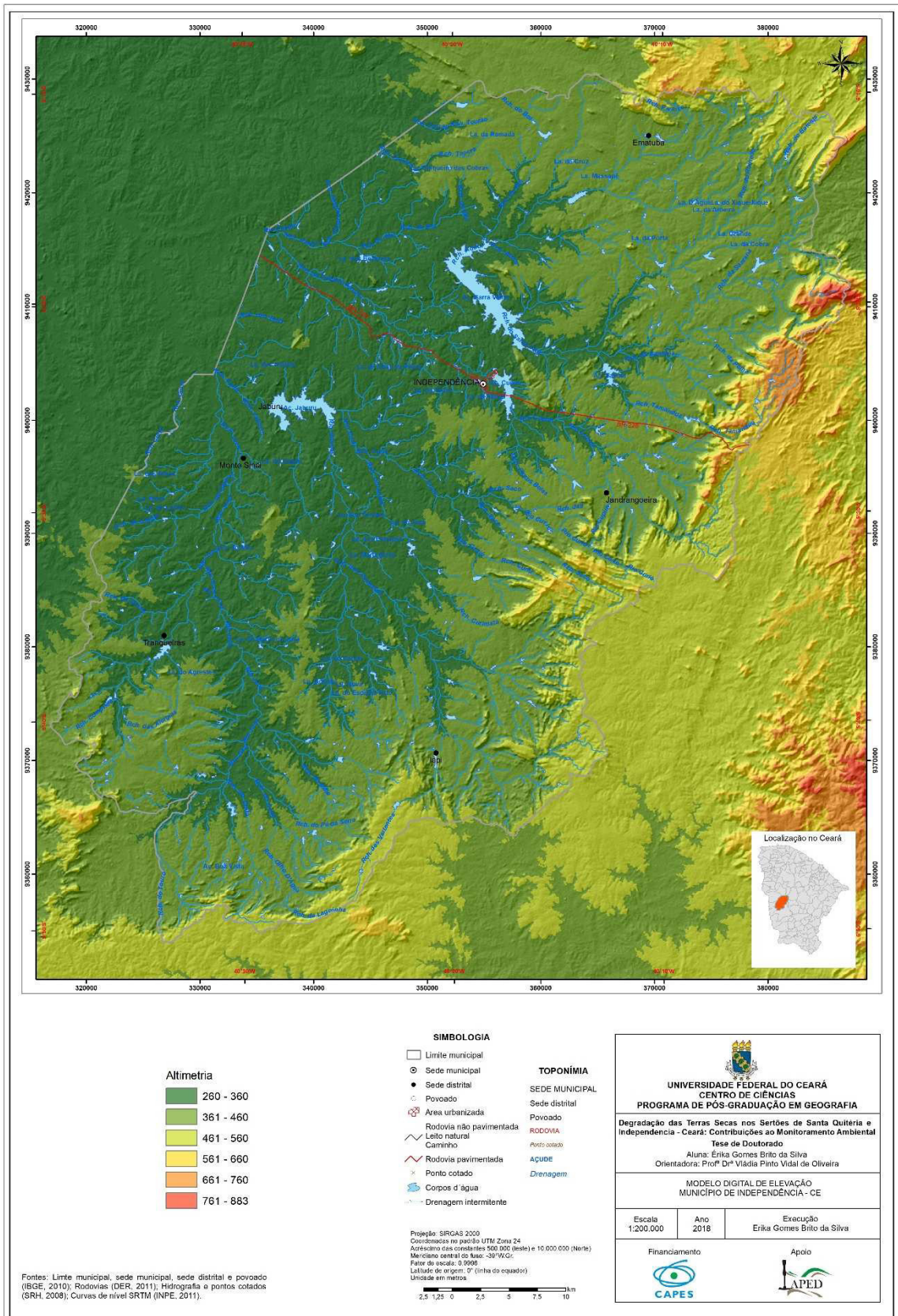
Os Modelos Digitais de Elevação permitiram a visualização tridimensional das superfícies municipais, a partir das altitudes (FIGURAS 19 e 20).

Figura 19 – Modelo Digital de Elevação – Município de Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2018).

Figura 20 - Modelo de Digital de Elevação – Município de Independência.



Fonte: Silva (2018).

Os modelos altimétricos permitiu distinguir pelo menos duas feições: uma superfície mais dissecada, com uma topografia suave ondulada a ondulada, que se inicia ao sopé dos maciços residuais como a Serra do Machado, Serra das Matas, Serra da Pedra Branca e Serra da Joantina; e uma segunda forma, mais aplainada, onde o relevo apresenta em superfície mais aplainada a suave ondulada.

De um modo geral, estas feições estão situadas em níveis inferiores a 400m. Em Santa Quitéria, a porção mais dissecada da depressão sertaneja atinge cotas entre 280 -360m, enquanto a superfície pediplanada tem altimetria média de 200 a 280m. No município de Independência, estas feições assumem intervalos de 360 a 400m, na porção mais dissecada com feições de colinas em direção ao fundo dos vales de rios e riachos, enquanto a superfície mais aplainada está situada entre as cotas de 320 a 360m, ratificando o uso do termo “Alto Sertão” (OLIVEIRA, 2006; FUNCEME, 2015b), para caracterizar a depressão sertaneja mais elevada na região dos Inhamuns.

Em termos de condições geoambientais, as depressões sertanejas estão submetidas às deficiências hídricas decorrente do regime de semiaridez climática, o que se reflete no desenvolvimento dos solos, disponibilidade de recursos hídricos de superfície e recobrimento vegetal pelas caatingas.

Os maciços residuais se constituem como o segundo compartimento de expressão regional em ambos os municípios. São superfícies de dissecção por entalhe da drenagem, com topos convexo-aguçados e vales entalhados em U. As condições climáticas das vertentes à sotavento assumem as características de semiaridez predominante nas depressões sertanejas (SOUZA, 2000).

Em ambos municípios, os maciços residuais se destacam em sua parcialidade, representados em extensão de vertentes: Vertente Ocidental da Serra do Machado e Vertente Setentrional da Serra das Matas, respectivamente situadas na porção oriental e sudoeste de Santa Quitéria. Em Independência, a Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca assume expressão de maior compartimento residual, enquanto que à sudeste, tem-se a Vertente Setentrional da Serra da Joantina, mais expressiva no território municipal de Tauá.

A Serra do Machado e a Serra das Matas compõem o conjunto dos Maciços Centrais e Ocidentais, alinhados estruturalmente em direção SSO-NNE, (SOUZA, 1988; 2000), sob litologias do Complexo Ceará e Suíte Tamboril-Santa Quitéria. Estes maciços estão situados em altitudes médias de 600m, porém, a Vertente da Serra do Machado assume altimetrias entre 360 a 1080 m, desde a sua base até a cota mais elevada.

A Serra do Machado tem relevos dissecados em colinas, cristas, “*hogbacks*”, morros de variadas dimensões e encostas com declives superiores a 15 – 20%. Dobramentos antigos ainda se refletem na morfologia por meio de cristas e vales paralelos e com modelo de relevos apalacheanos. Entre os interflúvios há ocorrência de planícies alveolares cuja cobertura detrítica e composta por sedimentos aluvio-coluviais (SOUZA, 2000).

A Serra das Matas se apresenta em altitude média entre 600m, apresentando feições em cristas e vales. A presença de falhas e fraturas na sua porção mais setentrional orienta a drenagem neste setor. O recobrimento vegetal é de caatinga sobre solos rasos, blocos de rochas e afloramentos.

Em Independência, as Serras da Pedra Branca e da Joantina são as feições mais significativas. Em média, apresentam-se em níveis altimétricos médios de entre 400 a 880m, caracterizando-se por superfícies dissecadas em cristas e vales. As vertentes da Serra da Pedra Branca e Joantina são divisoras de água das bacias hidrográficas do Alto Jaguaribe e Alto Poti (FUNCEME, 2015a; 2015b; CEARÁ, 2013).

A Serra da Pedra Branca se dispõe em sentido NE-SE, em cotas médias de 535 a 600m, podendo atingir 880m, na sua porção mais a nordeste de Independência. É sustentada pelos gnaisses e migmatitos do Complexo Cruzeta, e mais a sudeste, constituído por litologias do Complexo Ceará. Suas encostas são cobertas por associações de Neossolos Litólicos e Luvisolos Crômicos, e de Neossolos Litólicos, com blocos e afloramentos rochosos, revestidos de caatinga arbustiva fortemente degradada.

A Serra da Joantina está situada na porção mais ao sul de Independência, é mantida por rochas pertencentes à Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria. No setor mais plano, estão solos em associação de Argissolos Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos e afloramentos nas encostas com cobertura de caatinga arbustiva.

Nas porções mais centrais, as serras secas, ou pequenos maciços sertanejos (SOUZA, 1988), encontram-se dispersas em meio às depressões sertanejas, entrepondo-se aos maciços de maior extensão territorial. Não ultrapassam a altimetria de 600m, sendo produto do trabalho de erosão diferencial, sobre setores menor resistência das rochas.

Como já mencionado anteriormente, as condições de semiaridez predominam sobre as vertentes à sotavento dos maciços residuais, onde são revestidas por caatingas arbustivas, ou de porte arbustivo-arbóreo.

Segundo Souza (1988; 2000) as cristas quartzíticas residuais, os inselbergs e lajedos também têm a mesma gênese das serras secas. As cristas e inselbergs apresentam-se em topografias aguçadas, em níveis altimétricos de 300 a 400m, em rochas do Complexo Ceará

(Unidade Independência), Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria, além de granitoides diversos. Já os lajedos e afloramentos constituem a superfície exposta de bolsões de granitos e granitoides diversos.

As planícies fluviais são resultantes do trabalho de entalhe da drenagem dos rios por processo de acumulação de areias, areias-argilosa e cascalhos, cravadas em meio às depressões sertanejas (SOUZA, 2000). Formam superfícies aplainadas que assumem maiores larguras a partir do médio curso de rios e riachos.

Em Santa Quitéria, as principais planícies fluviais são representadas pelos cursos do Rio Groaíras, Rio Jucurutu e Riacho dos Macacos. Já no município de Independência, ganham expressão espacial as planícies do rio Curiú, Independência, Jaburu, Santa Luzia e Cupim, situadas entre intervalos altimétricos de 260 a 320m.

3.1.2 Aspectos hidroclimáticos

As condições climáticas e hidrológicas dos municípios de Santa Quitéria e Independência assumem as características plenas do Clima Tropical Quente Semiárido do Ceará. As precipitações são escassas e irregulares em escala espacial e temporal, as temperaturas e taxas de evaporação e evapotranspiração são elevadas ao longo do ano.

As normais pluviométricas são de 799,8 mm para o município de Santa Quitéria, enquanto Independência tem índice de 608,4 mm (FUNCEME; IPECE, 2017). A quadra chuvosa se concentra entre os meses de fevereiro a abril, mostrando-se reduzidas no segundo semestre. As temperaturas médias estão entre os 26 a 28°C, mantendo-se elevadas quase o ano inteiro (FUNCEME, 2015a; 2015b).

O regime de chuvas e a ocorrência de secas que individualizam no semiárido do NE, e sobretudo o Estado do Ceará, são governados por sistemas atmosféricos de diferentes escalas, onde se destacam: 1) Eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS); 2) Temperatura da superfície do mar (TSM) na bacia do oceano Atlântico, Ventos Alísios, Pressão ao Nível do Mar (PNM); 3) Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o oceano Atlântico, 4) Frentes Frias, e 5) Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), e de modo acrescentar as brisas marítimas e terrestres (FERREIRA; MELLO, 2005).

No Ceará, a ocorrência das chuvas está associada à influência da ZCIT, que se forma na confluência de ventos alísios de NE e SE, por movimentos de ascendência do ar, gerando nebulosidade e muita chuva no decorrer dos meses de fevereiro, março e abril. No segundo semestre, o tempo se mantém estável e seco devido a atuação do Anticiclone do Atlântico-Sul

(ZANELLA, 2005).

Segundo Cirilo *et al.* (2007), as grandes diferenciações climáticas regionais do Nordeste são ditadas principalmente pelas precipitações pluviais. Estas apresentam acentuada variabilidade interanual, com alguns anos extremamente secos, ou chuvosos (KAYANO; ANDREOLI, 2007). Além da atuação desses sistemas, Zanella (2005) destaca os fatores responsáveis pelas diferenciações locais. São eles: a altitude, a disposição do relevo e a proximidade, ou distanciamento da superfície oceânica.

Os dados de precipitação foram extraídos do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) (ANA, 2017a). Elegeram-se como escala temporal de análise de 16 anos, correspondente ao período de 2001 a 2016, justificado por ter apresentado uma sequência completa e homogênea dos registros de chuva.

A análise da pluviometria dos municípios foi resultante da observação dos dados obtidos de um total de 11 estações pluviométricas: cinco estações situadas no município de Santa Quitéria, e seis estações localizadas no município de Independência.

As estações consideradas em Santa Quitéria foram: Fazenda Paraná, Raimundo Martins, Santa Quitéria, Santa Rita dos Galdinos e Trapiá. Em Independência foram selecionadas: Desejo, Ematuba, Iapi, Independência, Jandrangoeirás e Recife. Para cada estação pluviométrica foi calculada a média mensal e anual da série histórica analisada (QUADRO 13).

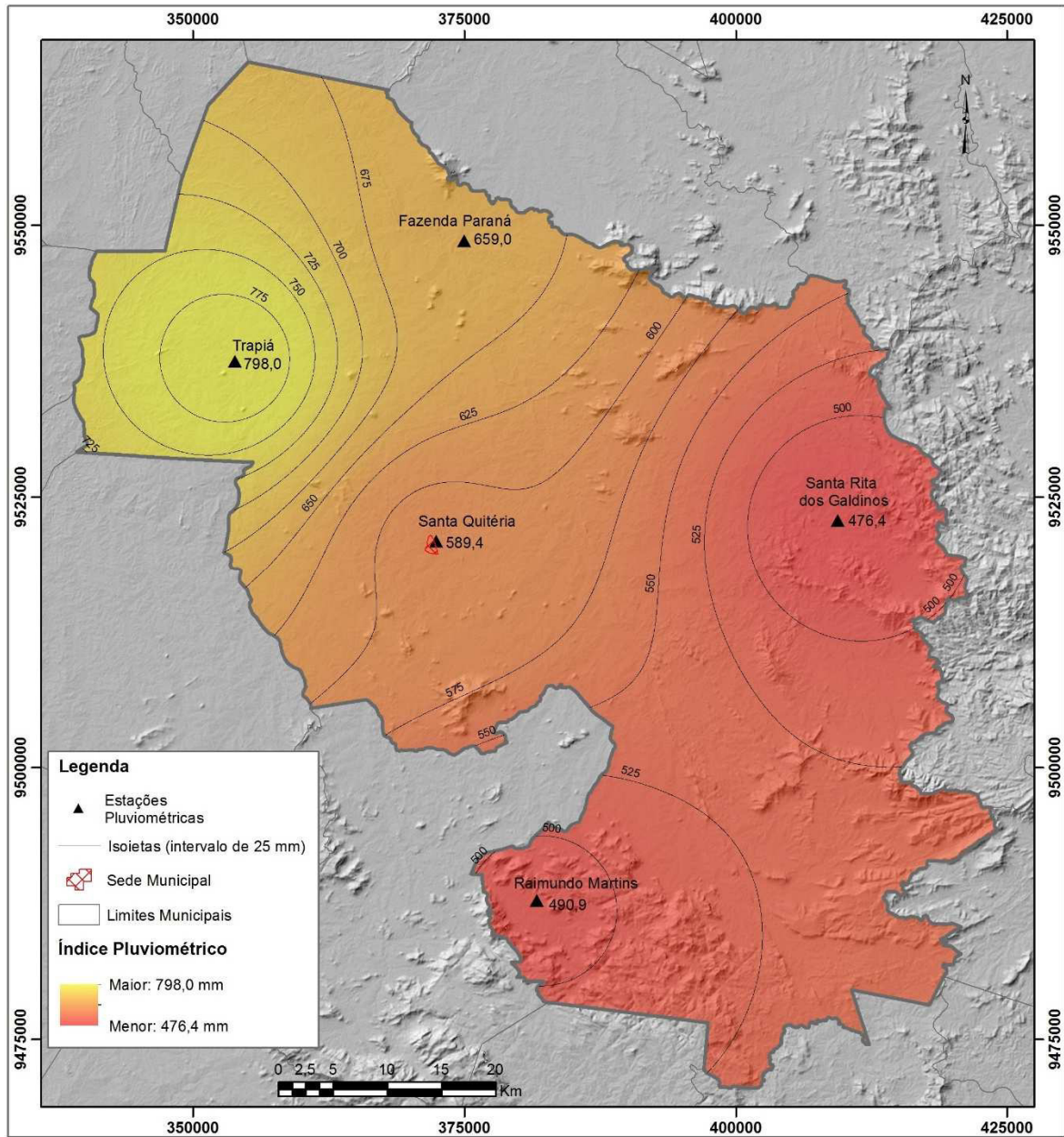
Com base nas informações de posicionamento geográfico (latitude, longitude e altitude) de cada estação por método de interpolação por IDW para o período de 2001 a 2015, foi estimado um modelo de distribuição espacial das precipitações dos municípios de Santa Quitéria e Independência (FIGURAS 21 e 22), que permitiu traçar um perfil do regime pluviométrico aproximado nos últimos quinze anos (SILVA; OLIVEIRA, 2017).

Quadro 13 – Precipitações Pluviométricas Médias (2001-2016).

Estação	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Faz. Paraná	129	87,2	155,0	154	65,6	21,7	14,4	1,0	0,0	8,2	0,2	14,4	650,2
Rai-mundo Martins	124	63,9	116	109	45,8	7,9	3,3	0,0	0,0	0,0	1,1	7,4	477,5
Santa Quitéria	116	103	141	163	52,8	6,0	7,0	0,0	0,0	0,0	1,8	11,2	600,6
Santa Rita dos Galdinos	90,7	68,6	108	138	53,8	18,4	1,9	2,8	0,0	1,2	0,7	2,5	487,1
Trapiá	113	123	163	196	102,0	23,0	15,7	10,0	0,0	12,6	0,2	26,5	784,6
Desejo	105	113	148,0	107	37,4	12,9	4,9	1,4	0,0	3,8	0,4	19,7	553,3
Ematuba	76,0	63,1	118	80,9	37,3	39,3	9,5	3,9	0,1	3,8	2,9	14,0	448,8
Iapi	94,8	94,9	114	79,9	36,0	8,0	15,3	1,3	2,3	2,1	5,6	17,3	471,2
Independência	108	87,2	133	107	43,6	27,9	9,8	2,2	0,8	0,8	4,2	14,2	545,0
Jandrangoeira	72,0	57,3	81,0	76,6	34,0	19,3	8,3	0,0	0,0	4,2	3,7	14,4	370,8
Recife	99,1	105	148	113	31,5	15,2	5,2	1,5	0,0	4,1	0,4	22,7	545,2

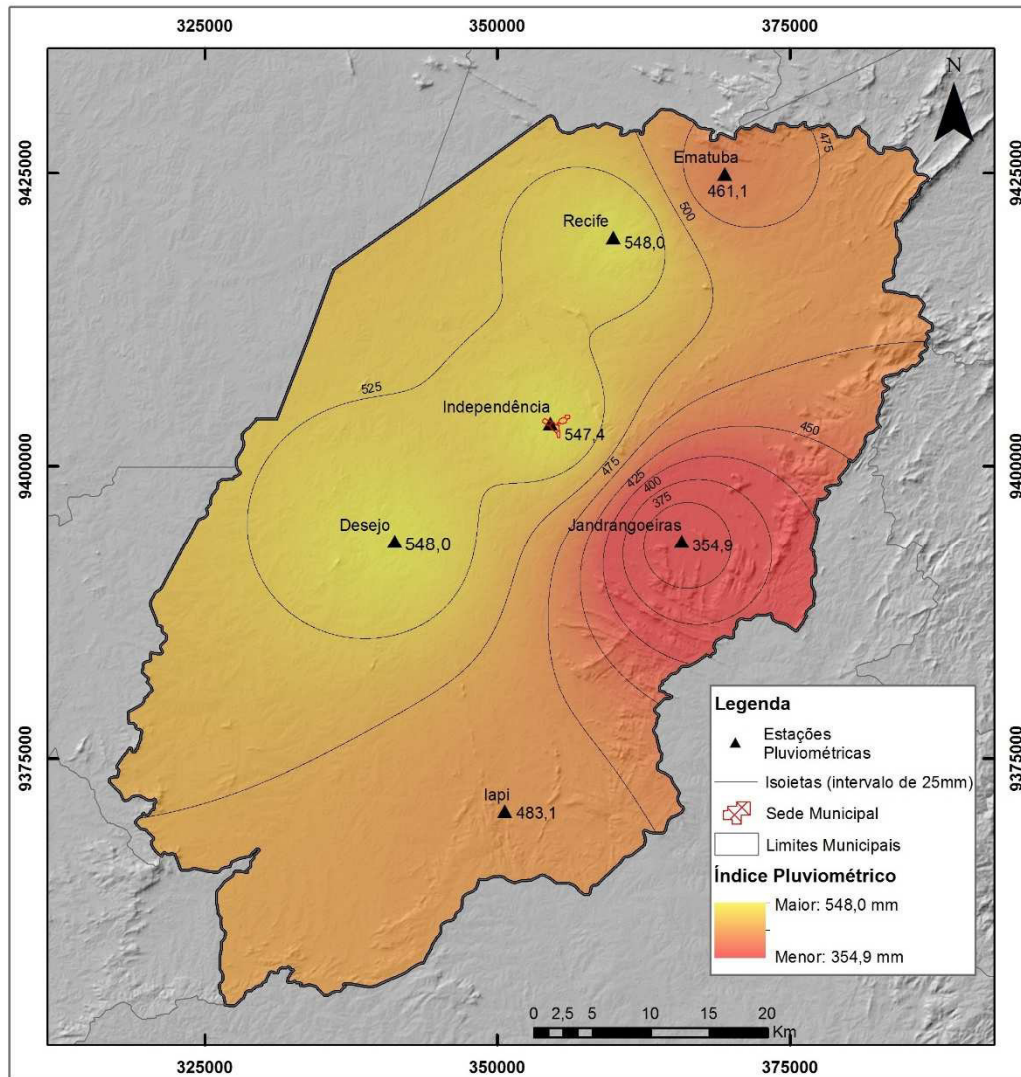
Fonte: ANA, 2017.

Figura 21 – Distribuição das precipitações pluviométricas em Santa Quitéria (2001–2015).



Fonte: Silva e Oliveira (2017).

Figura 22 – Distribuição das precipitações pluviométricas em Independência (2001-2015).



Fonte: Silva e Oliveira (2017).

A distribuição espacial das precipitações mostrou-se variável em ambos os municípios em decorrência não somente da quantidade de chuvas registradas em cada estação, como também devido a fatores geográficos locais. Em Santa Quitéria, os menores índices pluviométricos ficaram em torno dos 482 mm, em média, referente às estações Santa Rita dos Galdinos e Raimundo Martins. Analisando a posição geográfica dessas estações, observou-se que as mesmas estão situadas à sotavento das vertentes da Serra do Machado e Serra das Matas.

Em Independência verificou-se certa semelhança às estações que apresentaram pluviometria reduzida em Santa Quitéria. Neste caso, as estações Jandrangoeirás e Ematuba sofrem influência da proximidade com a Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca e de Serras Secas à noroeste do Município, respectivamente. A exceção fica com a estação Iapi, que obteve uma média de 471,2 mm, situada em meio aos sertões mais centrais de Independência.

Do ponto de vista climático, foi possível chegar à indicação de áreas propensas à desertificação nos municípios em estudo. Esses resultados corroboram com Zanella (2005), ao justificar que a proximidade com as vertentes à sotavento dos maciços residuais são condições locais que influenciam a distribuição das precipitações. Além de assumirem as características climáticas dos sertões adjacentes, a altitude do relevo funciona como barreira ao avanço de massas de ar.

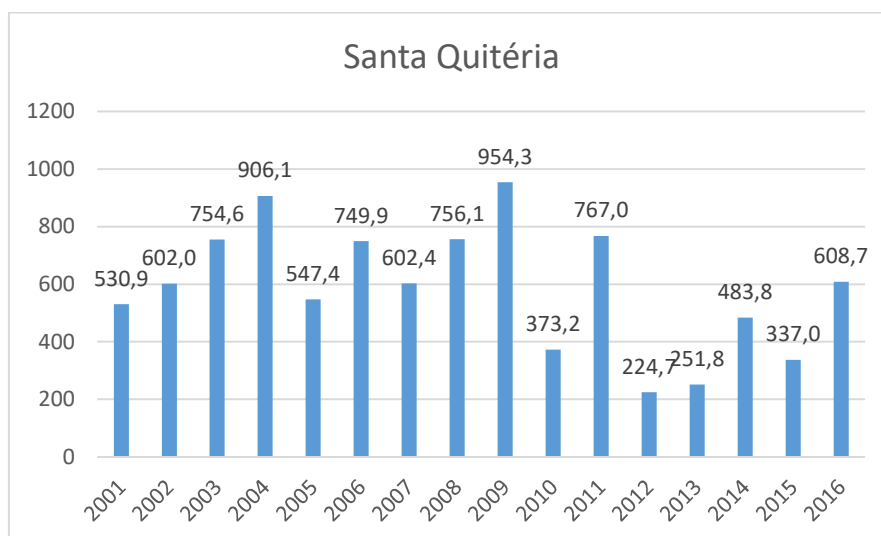
A variabilidade espacial das precipitações nos sertões exibiu certa homogeneidade em função das condições topográficas mais baixas, apesar do registro de médias anuais pouco mais baixos que as normais pluviométricas na série histórica analisada. Essa situação é verificada para as estações Independência, Desejo e Recife, que têm uma pluviometria média inferior aos 600mm.

Em Santa Quitéria, a estação sede (Santa Quitéria) e Fazenda Paraná obtiveram registros pluviométricos pouco superior aos 600mm, aproximadamente. Já a estação Trapiá apresentou o índice pluviométrico mais próximo à normal pluviométrica de 799,0mm. Admitiu-se aqui a proximidade com o açude Araras, situado no limite municipal com Varjota influencia o microclima local adjacente à estação.

Em espaços semiáridos susceptíveis à desertificação, a irregularidade e variabilidade das precipitações e secas agravam o déficit hídrico, comprometendo as condições socioeconômicas das populações das zonas rurais.

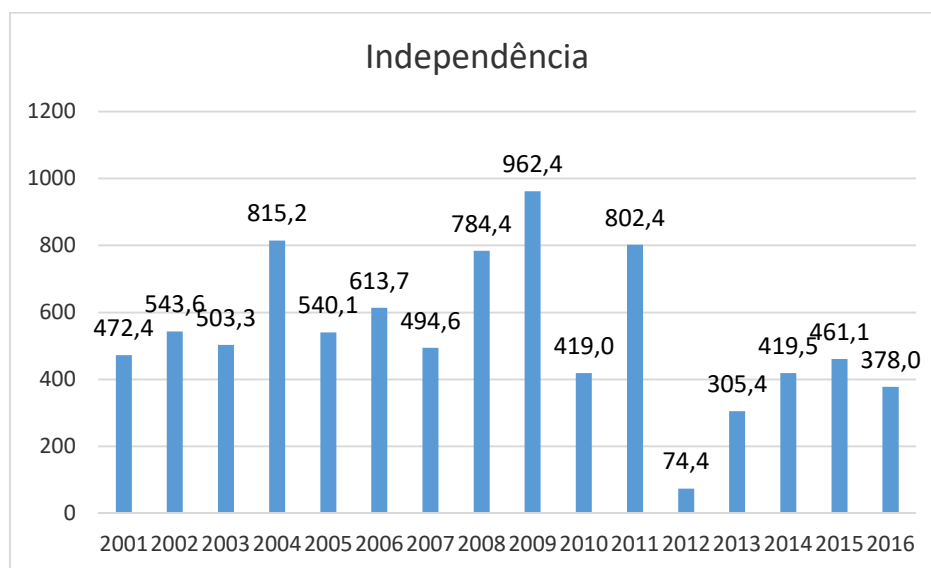
A alta variabilidade temporal das precipitações também pode ser verificada ano a ano, o que permitiu a identificação de anos com maior pluviometria e anos secos ao longo dos primeiros 16 anos do século XXI. Os gráficos 1 e 2 exibem os índices pluviométricos ano a ano no período de 2001 a 2016.

Gráfico 1 – Precipitações Pluviométricas observadas em Santa Quitéria, no período de 2001 a 2016.



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA, 2017a).

Gráfico 2 – Precipitações Pluviométricas observadas em Independência no período de 2001 a 2016.



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA, 2017a).

A avaliação anual dos índices pluviométricos foi feita nas estações sede Santa Quitéria e Independência. Em ambos, os maiores totais de chuvas foram registrados nos anos de 2004 e 2009. À Independência acrescenta-se o ano de 2011, onde o total anual foi elevado, ultrapassando a normal pluviométrica.

No período de análise, os índices pluviométricos de Santa Quitéria e Independência se mostraram reduzidos com valores abaixo das normais pluviométricas. Os anos mais críticos foram 2001 a 2003; 2005 a 2007; 2010, e por fim, o período mais atual de 2012 a 2016, onde as precipitações anuais atingiram valores abaixo de 500 mm em ambos municípios. No interstício de 2012 a 2016, o ano mais seco foi o 2012, onde o índice pluviométrico foi de

apenas 74,4mm em Independência, e de 224,0 mm em Santa Quitéria.

Ao comparar esses resultados apresentados pelas estações sede dos municípios de estudo pôde-se averiguar que os anos de menor pluviometria corresponderam aos registros de seca que afetaram a região semiárida do Ceará e do Nordeste (CEPED, 2013). Os anos de seca têm em comum o fato de que os totais pluviométricos se situam sempre abaixo do comportamento da média de longo prazo, ou das normais pluviométricas (SOUZA; OLIVEIRA, 2002).

Nesta perspectiva, a alta variabilidade das precipitações em escala espacial-temporal e a frequência de secas evidenciam as nuances da semiaridez, aumentando a vulnerabilidade de áreas propensas à desertificação.

A distribuição irregular das precipitações e as características geológicas-estruturais se refletem sobre o regime fluvial e a disponibilidade hídrica para os sistemas ambientais e, sobretudo, ao que tange ao abastecimento de mananciais para consumo humano e ao planejamento de atividades agropecuárias de subsistência.

Neste sentido, a gestão de águas tem sido realizada no âmbito espacial das bacias hidrográficas como unidade de planejamento, no resguardo das paisagens como unidades de planejamento territorial (NASCIMENTO, 2011).

Segundo a divisão de bacias hidrográficas do Estado do Ceará pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) – Secretaria de Recursos Hídricos (SRH), 1992, os municípios de Santa Quitéria e Independência são abastecidos pelas águas da Bacia do Acaraú e do Alto Poti. Esta última bacia tem sua área instituída entre os Estados do Piauí e Ceará (FUNCEME, 2015a; 2015b).

Em Santa Quitéria, a bacia hidrográfica do Acaraú se expressa pelo seu alto curso, constituído pelos principais tributários: os rios Groaíras, Jucurutu e Macacos. No município de Independência, a drenagem é marcada pelos tributários que compõem a bacia do Alto Poti em território cearense, representados pelos riachos Santa Luzia, das Vertentes, Soares, Lages, Jucás, Ingá, Contas, Bom Princípio, Contendas, Independência, Juá, Barreiras e Curiú (COGERH, 2016; CPRM, 1998a, 1998b).

Os principais rios e riachos que drenam os municípios de Santa Quitéria e Independência têm seus vales e planícies embutidos à depressão sertaneja. Sobrepostos ao substrato cristalino com predominância de gnaisses, migmatitos, granitos e granitoides, a drenagem é densa e dendrítica, com certa orientação por estruturas de falhas, fraturas e lineamentos.

A escassez hídrica decorrente da curta estação chuvosa e consequente intermitência dos cursos d'água tem levado as populações do semiárido a buscar outras fontes de abastecimento para consumo humano, animal e de suas atividades produtivas, sobretudo nos anos de seca.

Desde o século XX, essa problemática tem sido enfrentada por políticas públicas voltadas para a captação de águas de diferentes fontes, onde as principais obras sendo a construção de açudes, barragens, perfuração de poços, e mais recente, a transposição de vazões entre bacias hidrográficas (CAMPELLO NETTO; COSTA; CABRAL, 2007; ZANELLA, 2005).

Na tabela 2 estão os principais açudes monitorados pela Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) situados nas bacias do Acaraú e Alto Poti, sua capacidade e volume, no ano de 2012, marco inicial do último período de seca no Ceará. Em virtude do ano seco, o volume destes açudes mostrou-se reduzidos, apresentando variação de 68 a 16%, aproximadamente (FIGURAS 23 e 24).

Tabela 2 – Principais açudes e volume das bacias hidrográficas no ano de 2012.

Bacia Hidrográfica	Açude	Município	Capacidade (mil m3)	2012	
				Volume (mil m3)	
				Início do ano	Atual
Acaraú	Edson Queiroz	Santa Quitéria	254.000	211.241	172.287
Sertões de Crateús	Barra Velha	Independência	99.500	50.494	33.392
Sertões de Crateús	Cupim	Independência	4.550	2.175	735
Sertões de Crateús	Jaburu II	Independência	116.000	60.744	31.864

Fonte: Adaptado de IPECE (2017).

Figura 23 – Açude Jaburu II no vale do Rio Curiú / Independência (Julho/2015).



Fonte: SILVA (2018).

Figura 24 – Açude Jaburu II no vale do Rio Curiú / Independência. (Dezembro/2016).



Fonte: SILVA (2018).

Cavalcante e Gomes (2011) designam de sistemas aquíferos a interação efetiva entre águas subterrâneas e o ciclo hidrológico dependendo, basicamente, do tempo e da forma como as águas subterrâneas vêm à superfície, seja sob a forma de fontes, interagindo com drenagens efluentes, ou sendo captadas por poços para utilizações múltiplas.

Nesta perspectiva, a predominância de rochas cristalinas na superfície do Estado do Ceará, e especificamente nos municípios de Santa Quitéria e Independência são denominados comumente de “*aquífero fissural*”, apresentando como características porosidade secundária representada por fraturas e fendas; pequenas extensões; vazões pequenas; água salinizada; baixas potencialidades (CAVALCANTE; GOMES, 2011; CAMPELLO NETTO; COSTA; CABRAL, 2007; CPRM, 1998a, 1998b).

Os municípios de Independência e Santa Quitéria apresentaram uma alta quantidade de poços perfurados em aquífero cristalino. Contudo, os poços se enquadram às características deste tipo de captação de água. São instalados a uma profundidade aproximada de mais de 50m em zonas fraturadas e, ainda ao longo das margens dos rios e riachos, e de vazão baixa (TABELA 3).

Tabela 3 – Quantidade de poços por Município.

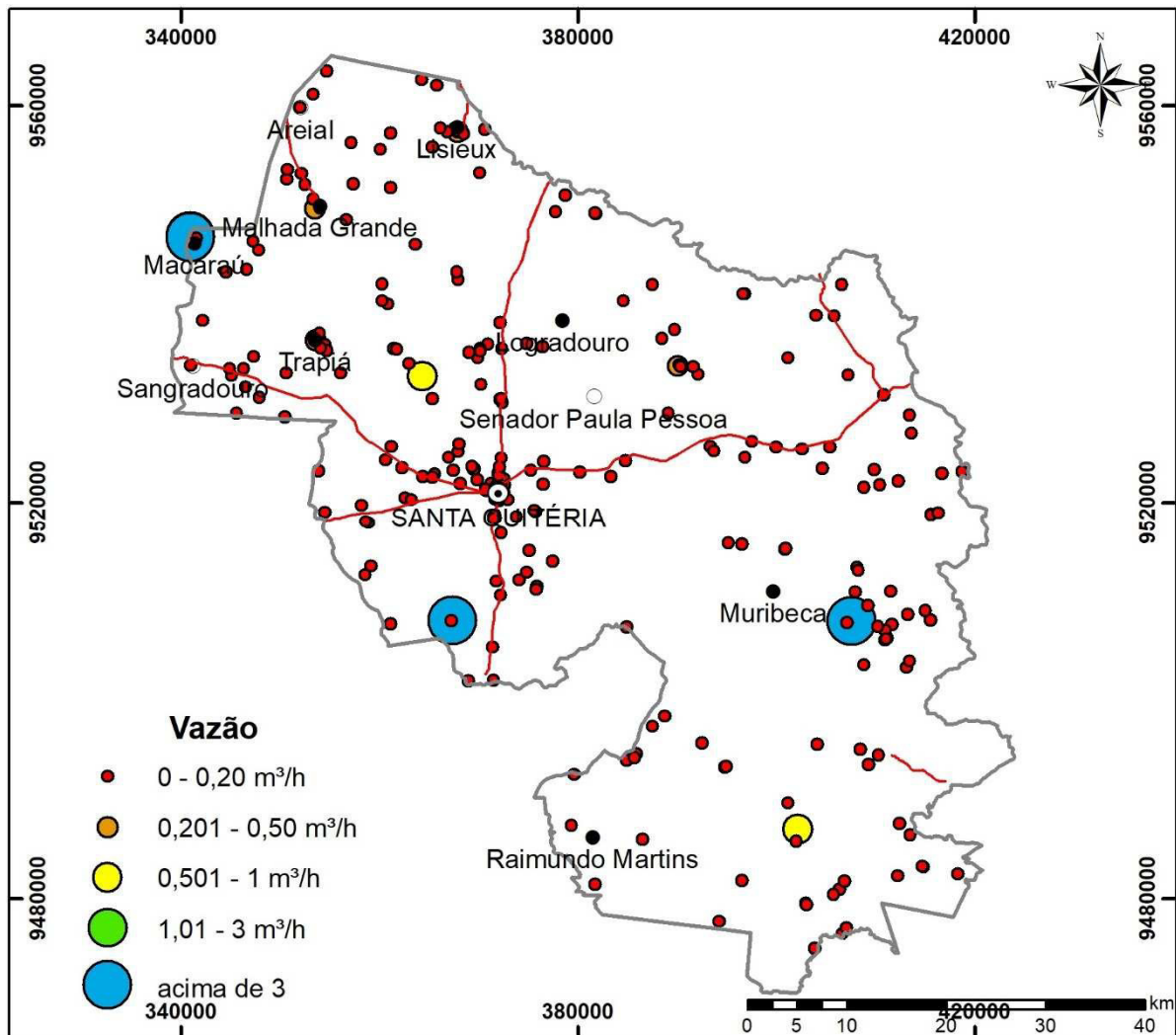
Região Hidrográfica	Município	Quantidade de Poços	Profundidade Média (m)	Vazão Média (m³/h)
Acaraú	Santa Quitéria	257	51,7	1,1
Parnaíba	Independência	324	51,5	1,6

Fonte: SRH; CRPM, 2016.

A tabela mostrou a grande quantidade de poços perfurados e profundidade, e baixa vazão para o abastecimento de água (FIGURAS 25 e 26). Apesar do baixo potencial hidrogeológico das rochas cristalinas, não diminuem sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades, ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem (CPRM, 1998a; 1998b).

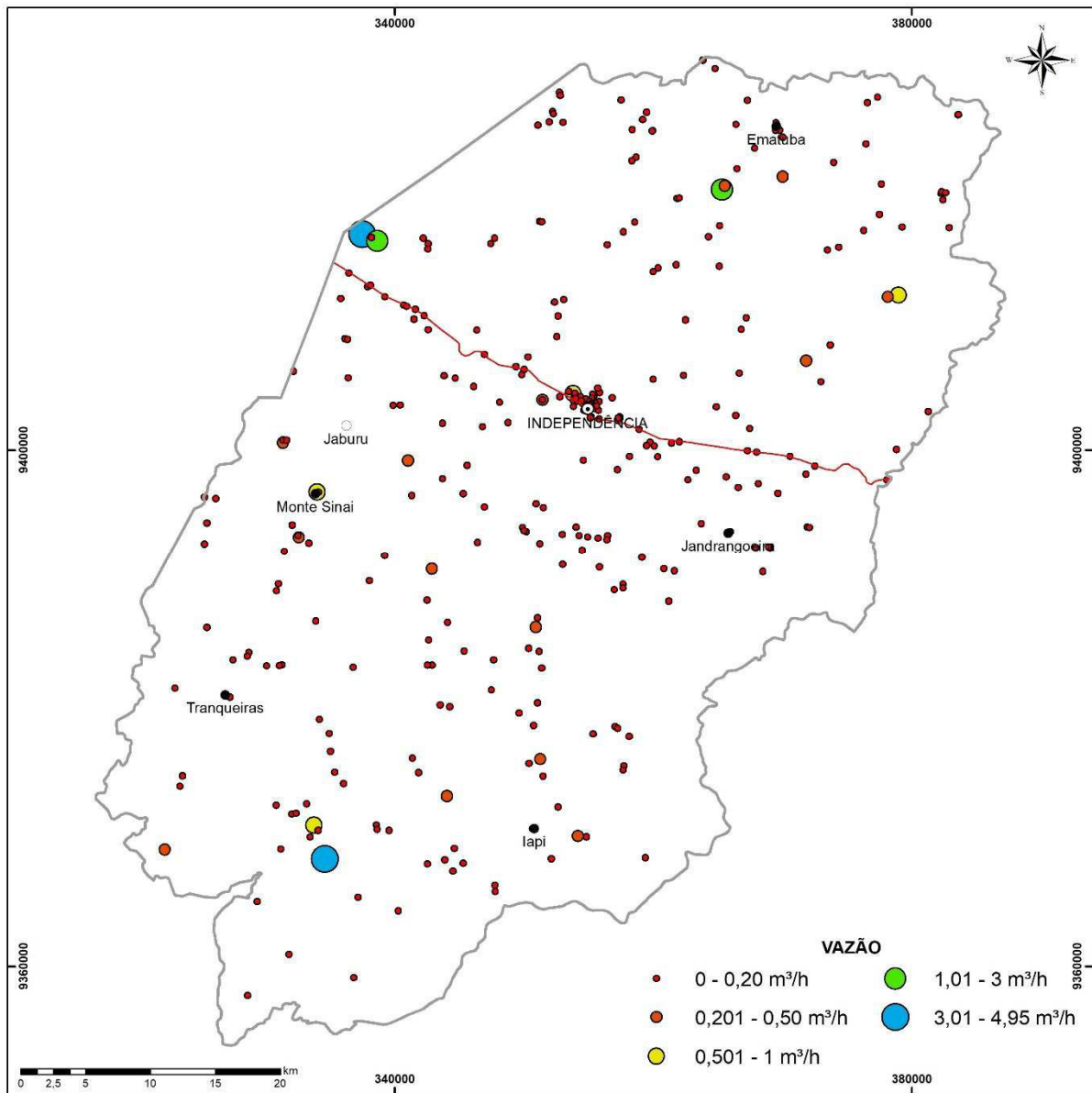
Em menor proporção, os depósitos aluvionares, constituídos por sedimentos areno-argilosos recentes, nas margens dos principais rios e riachos da região, também são uma alternativa de manancial.

Figura 25 – Distribuição espacial de poços cadastrados no Programa SIAGAS/CPRM – Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2018).

Figura 26 – Distribuição espacial de poços cadastrados no Programa SIAGAS/CPRM – Independência.



Fonte: Silva (2018).

3.1.3 Solos e formações vegetais

Os solos são resultantes da interação entre os fatores de formação da paisagem, sobretudo, das condições topográficas e diversidade litológica de rochas cristalinas sobre as condições de semiaridez e cobertura vegetal de Caatingas, o que favoreceria a variedade em tipologias de solos (PEREIRA; SILVA, 2005).

A evolução pedogenética se reflete pelas propriedades físico-químicas das principais classes de solos encontradas nos sertões e serras secas. As principais características são solos rasos a moderadamente rasos, pedregosos e com frequentes ocorrências de afloramentos rochosos, apesar das boas condições de fertilidade natural em virtude do material originário derivado de rochas cristalinas e condições paleoclimáticas (OLIVEIRA, 2006; PEREIRA; SILVA, 2005).

A identificação e a caracterização das classes de solo encontradas nos municípios de estudo tomaram por base o Mapa Exploratório-Reconhecimento dos Solos do Estado do Ceará, na escala 1:600.000 (JACOMINE; ALMEIDA; MEDEIROS, 1973). A correlação entre as classes de solos foi realizada a partir do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCs; SANTOS *et al.*, 2013). As ocorrências de associações de solos por município foram atualizadas por meio de consulta às obras de FUNCEME (2015a; 2015b), Oliveira (2006); Pereira e Silva (2005), Lima, Oliveira e Aquino (2002) e Souza (2000), além das observações obtidas nos trabalhos de campo realizados nas áreas de estudo. No quadro 14 segue a correlação taxonômica das classes de solos com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

Quadro 14 – Correlação Taxonômica entre as Classes de Solos.

SiBCS (2013)	JACOMINE; ALMEIDA; MEDEIROS (1973)
ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos	PODZÓLICOS VERMELHO-AMARELOS Eutróficos
LUVISSOLOS CRÔMICOS	BRUNO NÃO CÁLCICOS
PLANOSSOLOS	PLANOSSOLOS SOLÓDICOS
NEOSSOLOS LITÓLICOS	SOLOS LITÓLICOS
NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	REGOSSOLO

Fonte: Adaptado de SiBCS e Santos *et al.* (2013); Jacomine; Almeida; Medeiros (1973).

As principais classes de solos são encontradas em associações de: Luvisolos Crômicos, Planossolos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, além de afloramentos rochosos. As figuras 27 e 28 apresentam a distribuição espacial das classes de solos nos municípios de Santa Quitéria e Independência.

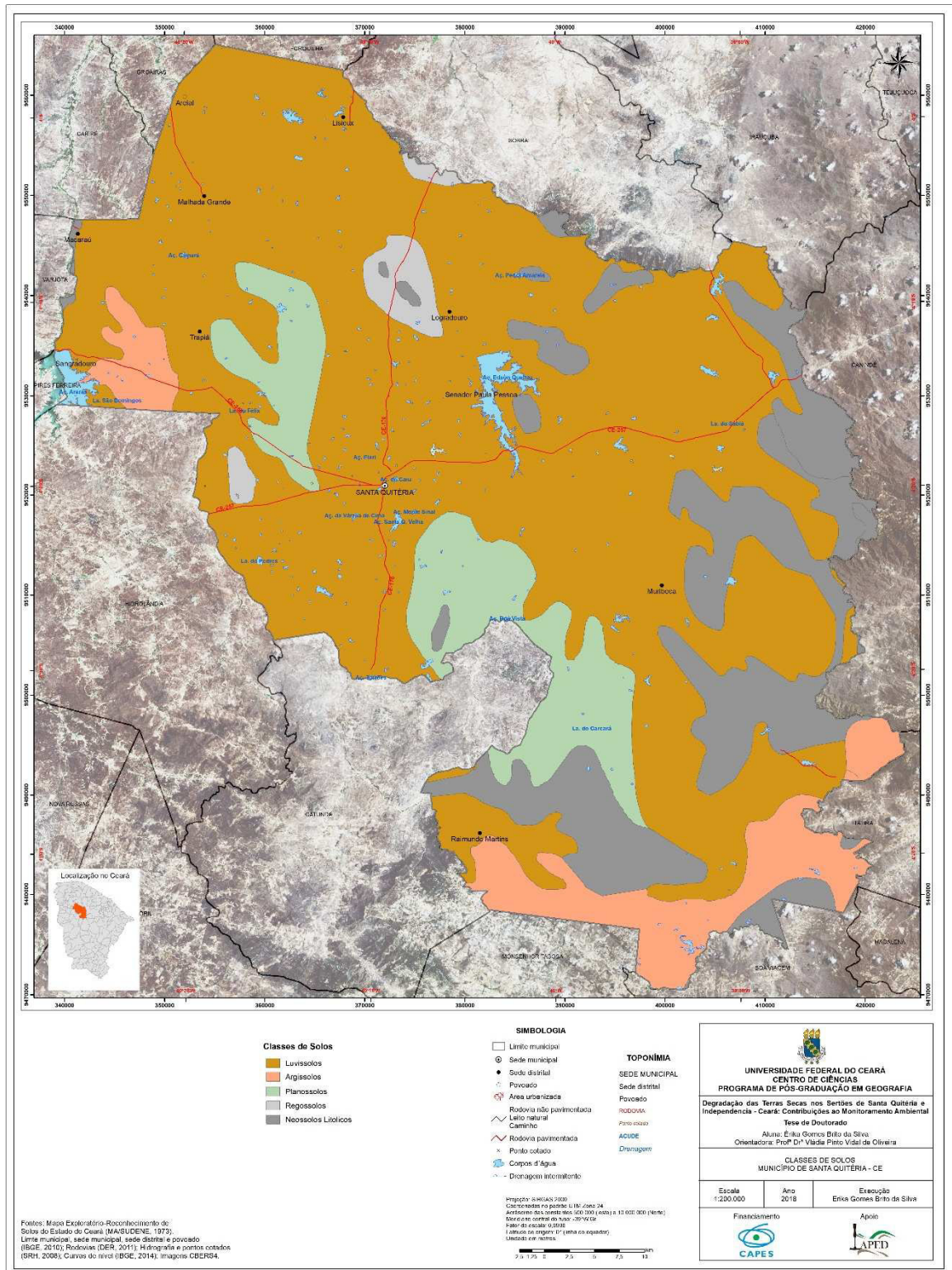
Os *Argissolos Vermelho-Amarelos* ocorrem nos setores mais dissecados dos sertões, situados nos pés de serra, e também nos maciços residuais, onde a topografia é ondulada, ainda que restrito. Apresentam-se pouco profundos, bem a moderadamente drenados, textura média a argilosa, e areno-argilosa, cascalhenta. Têm fertilidade natural média. São potencialmente utilizados para o cultivo de lavoura de subsistência e pecuária. Suas limitações ao uso, deve-se à susceptibilidade a erosão, com impedimentos a mecanização.

Em Santa Quitéria, as manchas de Argissolos são encontradas em áreas de topografia suave ondulada a ondulada, em setores das Serras do Machado e das Matas, em associação com Luvisolos Crômicos e Neossolos Litólicos nas áreas de maior declive, revestidos por Caatinga arbustiva-arbórea.

Em Independência, são encontrados em áreas com topografia suave ondulado a ondulado associados aos Neossolos Litólicos, com Caatinga Arbustiva-Arbórea. São encontrados no patamar parcialmente dissecado dos sertões, no contato com a Serra da Joanhinha, e ainda ao noroeste do distrito de Ematuba.

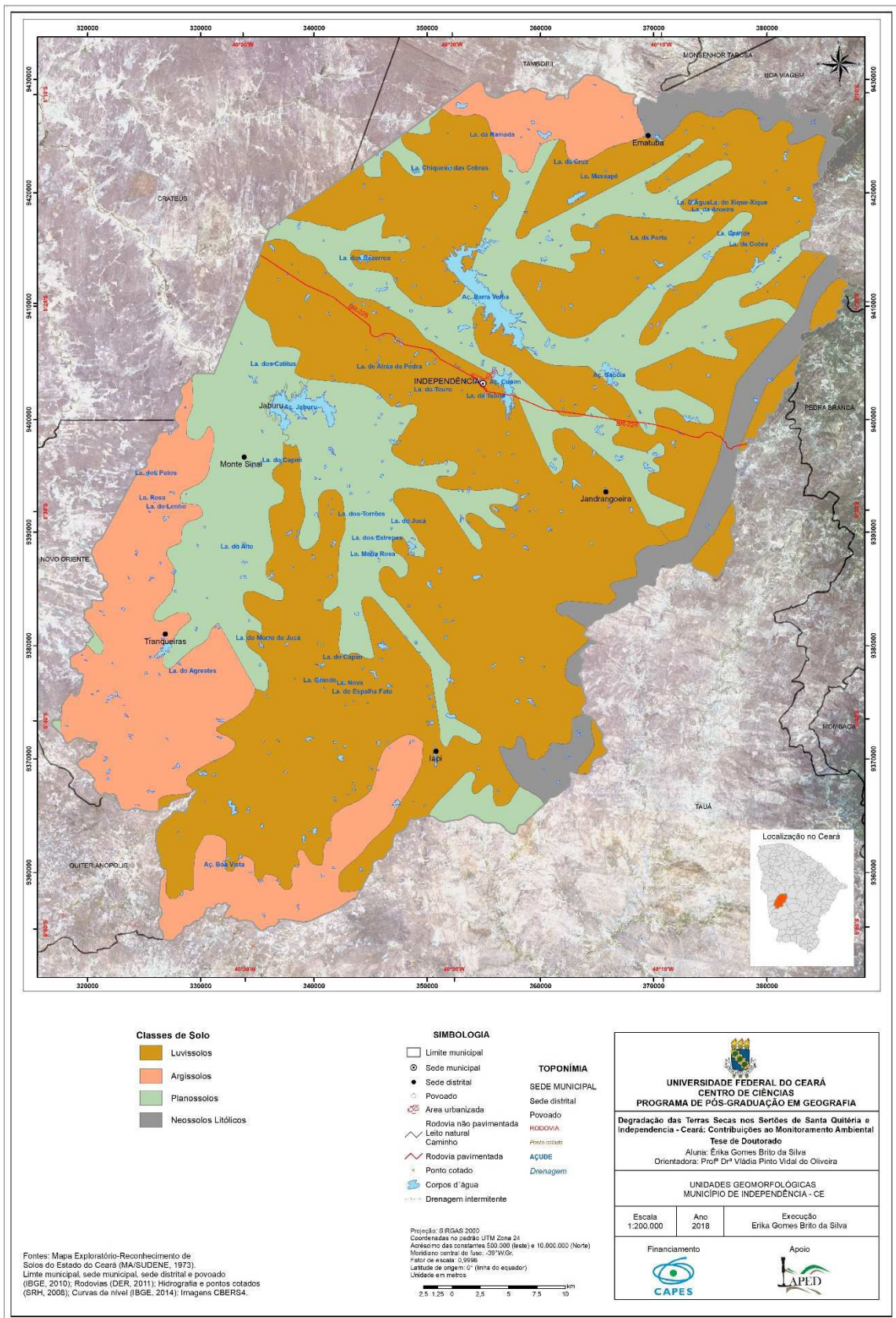
Os *Luvisolos Crômicos* ocorrem em áreas de relevo suave ondulado a ondulado, ondulado a forte ondulado. São encontrados tanto nos Sertões Pediplanados a parcialmente dissecados, e por vezes em associação com Neossolos Litólicos e Argissolos em setores restritos de maciços residuais. São solos pouco profundos a rasos, bem drenados, com textura arenosa ou média no horizonte A, e média a argilosa no horizonte Bt. Apresentam fertilidade natural alta, sendo utilizados para lavouras de subsistência e pecuária.

Figura 27 – Classes de Solos – Município de Santa Quitéria.



Fonte: adaptado de Jacomine; Almeida e Medeiros (1973).

Figura 28 – Classes de Solos – Município de Independência.



Fonte: adaptado de Jacomine; Almeida e Medeiros (1973).

Suas limitações são a susceptibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. Predominantes nos sertões de Santa Quitéria e Independência, em associação aos Neossolos Litólicos, Planossolos e afloramentos rochosos (FIGURA 29).

Figura 29 – Luvissole Crômico. Margem direita da estrada. Campo de Pousso, Independência / Distrito sede.



Fonte: Silva (21/07/2015).

Os Planossolos podem ser encontrados nos níveis aplainados das depressões sertanejas e às margens das planícies fluviais e às áreas de inundação temporárias. São encontrados nos sertões de Santa Quitéria e Independência, assumindo maior expressão territorial neste último. Nas áreas de várzea, às margens das planícies fluviais estão em associação com Litólicos, ou associados a afloramentos rochosos (FIGURA 30).

Caracterizam-se por serem solos pouco profundos a rasos, mal drenados, de baixa permeabilidade. A textura é arenosa e/ou argilosa, com média a baixa fertilidade natural e alto teor de sódio. São utilizados pela agricultura de subsistência e pecuária. Apresentam limitações quanto ao encharcamento no período chuvoso e, ressecamento e fendilhamento durante o período seco.

Figura 30 – Planossolos. Margem Esquerda da Barragem Faz. Boa Vista / Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2015).

Os Neossolos Litólicos estão presentes nos municípios de Santa Quitéria e Independência nas depressões sertanejas aplainadas e nas encostas dos maciços e cristas residuais. Estão em associação com Luvisolos, Luvisolos e Planossolos, com Argissolos Vermelho-Amarelos e afloramentos rochosos, ou mesmo associados apenas com afloramentos rochosos. São solos rasos, textura arenosa a média, pedregosos, com fertilidade natural média e drenagem moderada a acentuada. Seu uso é feito por lavoura de subsistência e pecuária, apresentando limitações quanto à mecanização, pequena espessura e afloramentos rochosos frequentes.

Os Neossolos Regolíticos são encontrados localmente nos sertões norte de Santa Quitéria estão em áreas de relevo plano a suave ondulado, rochas graníticas em alteração, com pecuária extensiva e caatinga arbustiva. Esses solos se associam com Planossolos e afloramentos de rochas, apresentando textura arenosa e baixa capacidade de adsorção de nutrientes e matéria orgânica, quando comparado com solos argilosos.

Segundo Lima, Oliveira e Aquino (2002), os solos dos sertões cearenses, onde se incluem Santa Quitéria e Independência, expõem graus diferenciados quanto à suscetibilidade à erosão, que se classificam de moderado, forte e muito forte, de acordo com os critérios adotados para enquadramento: natureza do solo, classe de relevo, tipo de textura e vegetação.

Cobertura Vegetal

A província das Caatingas no Nordeste do Brasil estende-se por uma área estimada em cerca de 800.000 km² e inclui os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, a maior parte da Paraíba e Pernambuco, parte do Piauí, oeste de Alagoas e Sergipe, região norte e central da Bahia e uma faixa do norte de Minas Gerais (PRADO, 2005; BERNARDES, 1999; FERNANDES, 1998).

Os principais aspectos fisionômicos das caatingas correspondem a uma formação vegetal xérica, garranchenta, com plantas espinhosas, suculentas, algumas características xerofíticas, algumas espécies lenhosas, variando entre o padrão arbóreo e o arbustivo. É encontrada com regularidade cactáceas e/ou bromeliáceas sobre o substrato cristalino compõem o quadro fisionômico geral (PRADO, 2005; FERNANDES, 1998). A caracterização dos padrões fisionômicos gerais tomou por base as descrições de Fernandes (1998), procurando associar as áreas de ocorrência, formas de uso e ocupação e práticas de manejo.

Caatinga Arbórea

Caracteriza-se por uma caatinga alta, por vezes encontrada em estágio de conservação. Apresenta-se três estratos: arbóreo, com indivíduos de 8-12m; arbustivo/subarbustivo (2-5m) e um estrato herbáceo, de ocorrência efêmera, ou anual. Nos municípios são vistas nas serras úmidas/sub-úmidas e elevações cristalinas isoladas (500 - 600m), em casos mais raros recobre os setores mais dissecados da depressão sertaneja, onde o acesso é restrito.

Caatinga Arbustiva

A caatinga arbustiva é o tipo mais generalizado, conhecido por caatinga baixa, predominante sobre as depressões sertanejas. Estrutura-se em dois estratos: um com indivíduos de três a cinco m, com raros exemplares arbóreos; outro estrato baixo herbáceo anual. Essa formação vegetal se exhibe em padrão aberto ou denso, e ainda herbáceo com gramíneas, em função das condições pedológicas e climáticas.

A caatinga arbustiva é predominante na depressão sertaneja, apresentando padrão fisionômico degradado em função do uso para agropecuária, agricultura de subsistência e pecuária. Os desmatamentos e queimadas são as práticas de manejo mais recorrentes ao longo do histórico de ocupação dos espaços semiáridos. Ao considerar a qualidade ambiental das unidades de paisagem, a cobertura vegetal apresentou um terceiro padrão fisionômico: o estrato

arbustivo-arbóreo, onde os indivíduos obtêm uma altura média variável entre (3 a 5 metros). O quadro 15 apresenta a lista de espécies vegetais identificadas nos sistemas ambientais em visitas de campo nos municípios em estudo.

Quadro 15 – Lista de espécies vegetais identificadas nos municípios de Santa Quitéria e Independência.

MUNICÍPIO	NOME POPULAR	NOME CIENTÍFICO	ESTRATO
INDEPENDÊNCIA	Malva Amarela	<i>Waltheria rotundifolia Schrank</i>	HERBÁCEO
	Espinho	<i>Alternanthera tenella Colla</i>	HERBÁCEO
	Capim 1	<i>Brachiaria fasciculata (SW.) Parodi</i>	HERBÁCEO
	Capim 2	<i>Paspalum fimbriatum Kunth</i>	HERBÁCEO
	Feijão-de-rôla	<i>Macroptilium lathyroides (L.) Urb.</i>	HERBÁCEO
	Mata Pasto	<i>Senna uniflora (Mill.) H.S. Irwin & Barneby</i>	HERBÁCEO
	Peão-bravo	<i>Jatropha mollissima (Pohl) Baill.</i>	ARBUSTIVO
	Maracujá-do-mato	<i>Passiflora cincinnata Mast.</i>	HERBÁCEO
	Mofumbo	<i>Combretum leprosum Mart.</i>	ARBUSTIVO
	Velame	<i>Croton heliotropiifolius Kunth</i>	ARBUSTIVO
	Xique-xique	<i>Pilosocereus gounellei (F.A.C. Weber) Byles & Rowley</i>	HERBÁCEO
	Palmatória	<i>Tacinga inamoena (K. Schum.) N. P. Taylor & Stuppy</i>	HERBÁCEO
	Marmeleiro	<i>Croton blanchetianus Baill.</i>	ARBUSTIVO
	Faveleiro	<i>Cnidioscolus phyllacanthus (Müll. Arg.) Pax & K. Hoffm</i>	ARBÓREO
	Jurema Branca	<i>Piptadenia stipulacea (Benth) Ducke</i>	ARBUSTIVO
	Coroa-de-frade	<i>Melocactus zehntneri (Britton & Rose) Luetzelb.</i>	HERBÁCEO
	Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium Mart.</i>	ARBÓREO
	Jurema Preta	<i>Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir.</i>	ARBUSTIVO
	Bamburral	<i>Simsia dombeyana DC. (Asteraceae);</i>	HERBÁCEO
	Sabiá	<i>Mimosa Caesalpiniiifolia Benth.</i>	ARBUSTIVO
	Jucá	<i>Libidibia ferrea (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. ferrea</i>	ARBUSTIVO
	Mandacaru	<i>Cereus jamacaru</i>	HERBÁCEO
	Angico	<i>Anadenanthera colubrina var cebil griseb altschul</i>	ARBÓREO
Capim-panasco	<i>Agrostis stolonifera L.</i>	HERBÁCEO	
SANTA QUITÉRIA	Marmeleiro	<i>Croton blanchetianus Baill.</i>	ARBUSTIVO
	Jucá	<i>Libidibia ferrea (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. ferrea</i>	ARBUSTIVO
	Sabiá	<i>Mimosa Caesalpiniiifolia Benth.</i>	ARBUSTIVO
	Jurema preta	<i>Mimosa tenuiflora (Willd.) Poir.</i>	ARBUSTIVO
	Mofumbo	<i>Combretum leprosum Mart.</i>	ARBUSTIVO
	Juazeiro	<i>Ziziphus joazeiro Mart</i>	ARBÓREO
	Catingueiro	<i>Poincianella bracteosa (Tul.) L.P. Queiroz</i>	ARBUSTIVO
	Pereiro	<i>Aspidosperma pyrifolium Mart.</i>	ARBÓREO
	Aroeira	<i>Myracrodruon urundeuva Allemão</i>	ARBÓREO
	Capim-panasco	<i>Agrostis stolonifera L.</i>	HERBÁCEO

Fonte: Adaptado de Gomes (2015).

Mata Ciliar

Denominada como vegetação de várzea (PEREIRA; SILVA, 2005), esta formação vegetal estende-se ao longo dos médios-baixos cursos dos cursos fluviais e margens de lagoas. Apresenta-se em dois estratos: um mais elevado, constituído por palmeiras, carnaúbas, árvores e arbustos; outro arbustivo-arbóreo. As formas de uso predominantes são: o extrativismo, a agricultura de subsistência e a pecuária extensiva.

Nos municípios de Santa Quitéria e Independência, as caatingas se exibem em padrões arbóreos e arbustivos, ou intermediário, arbustivo-arbóreo. Além das caatingas, as matas ciliares constituídas de vegetação ribeirinha e carnaubais, definidas assim por Fernandes (1990) (SOUZA, 2000).

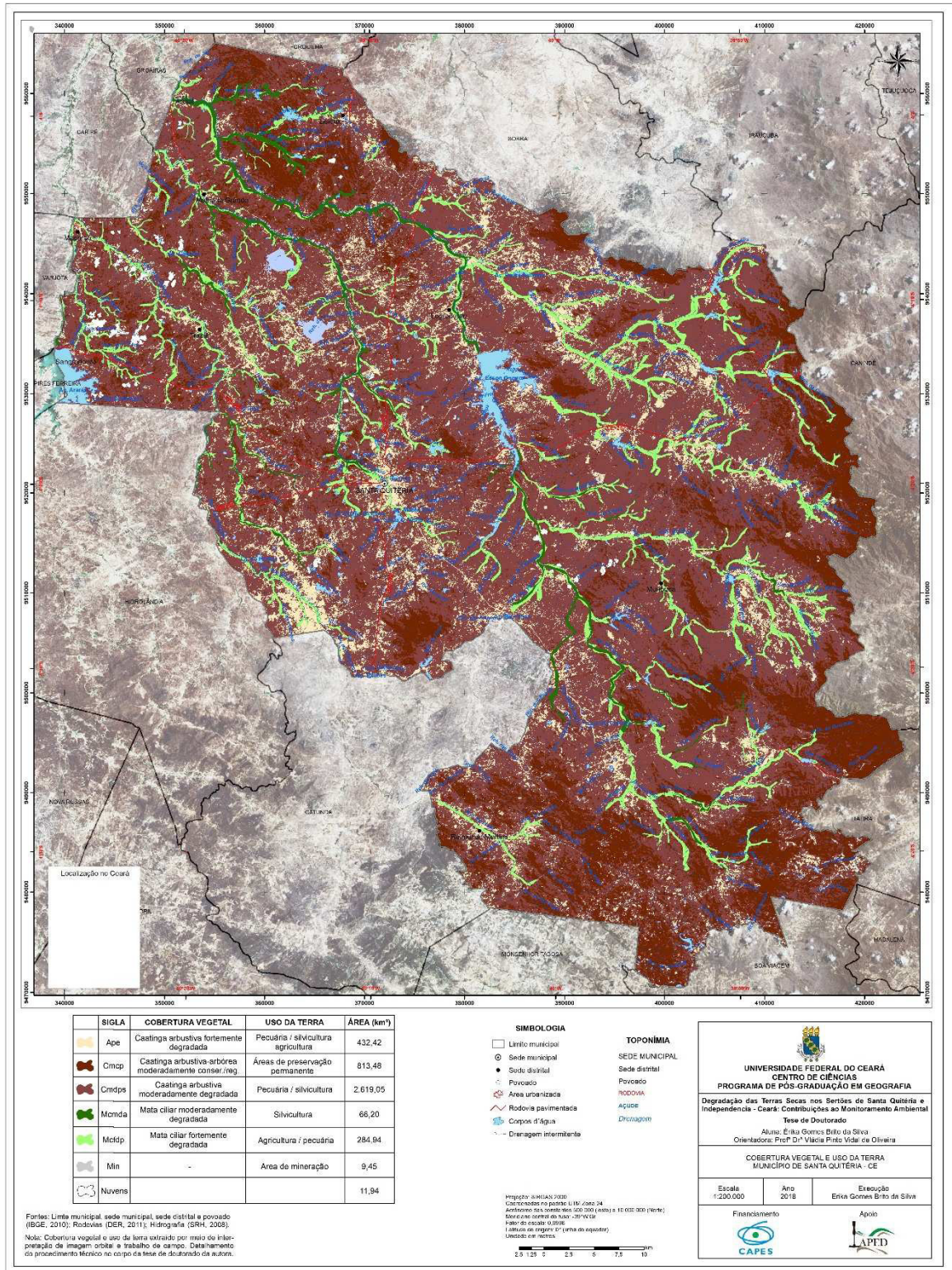
O mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra foi elaborado a partir da interpretação visual e classificação automática de imagens CBERS4, na escala de 1;100.000, acrescidas das informações coletadas e registradas nos trabalhos de campo (MAPAS 3 e 4). A identificação das classes de cobertura vegetal foi associada às formas de uso e ocupação, responsáveis pela expressão atual do estado de alteração/conservação e dinâmica ambiental (QUADRO 16).

Quadro 16 – Classes Mapeadas de Vegetação e Uso da terra.

Cobertura Vegetal	Uso da Terra
Caatinga Arbustiva-Arbórea moderadamente conservada (CAAmc)	Pousio/ Regeneração (Cmcp)
Caatinga Arbustiva-Arbórea moderadamente degradada (CAAmD)	Silvicultura (Cmds)
Caatinga Arbustiva Moderadamente degradada (CAmD)	Pecuária/ Silvicultura (Cmdps)
Caatinga Arbustiva fortemente degradada (CAfd)	Pecuária (Ape) ou Agropecuária (Cfdca)
Mata Ciliar moderadamente degradada (MCmd)	Agropecuária / Silvicultura (Mcmd)
Mata Ciliar fortemente degradada (MCmd)	Agropecuária / Pecuária / Silvicultura (Mcfda)

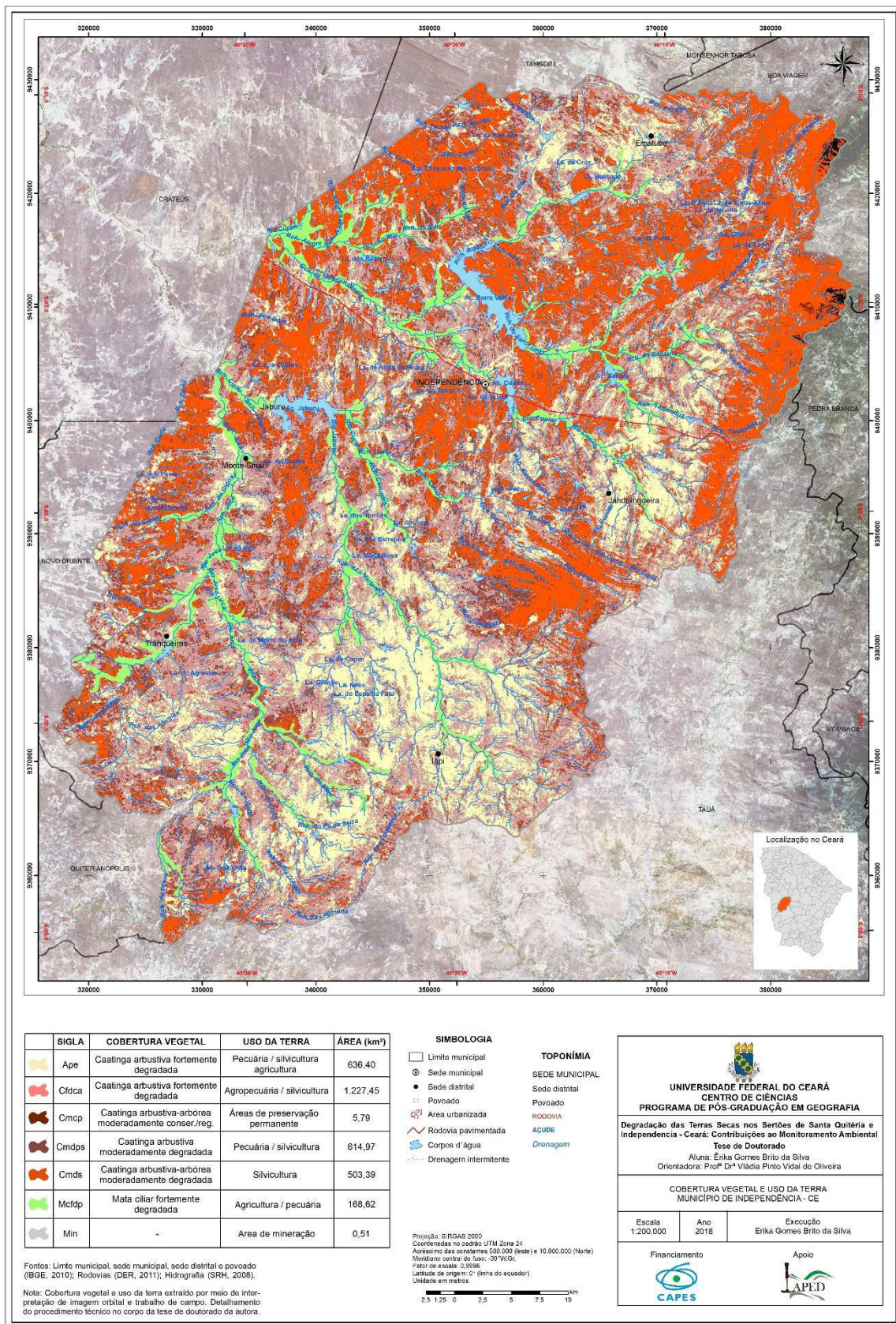
Fonte: Adaptado de Magalhães *et al.* (2017) e Vieira, Fernandes e Silva (2017).

Mapa 3 – Cobertura Vegetal/Uso da Terra – Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2018).

Mapa 4 – Cobertura Vegetal/Usos da Terra – Independência.



Fonte: Silva (2018).

3.1.4 Aspectos de uso da terra

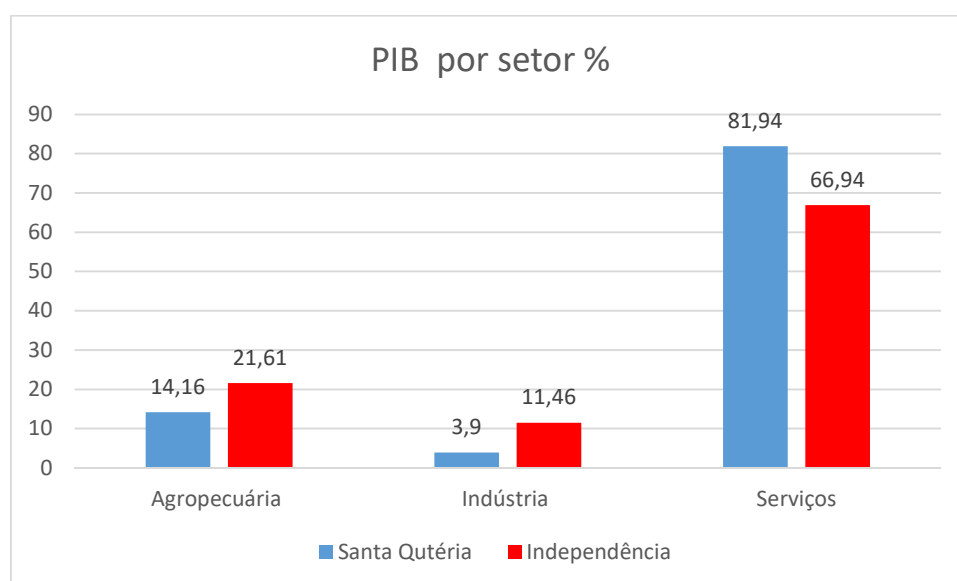
Com base no mapeamento da cobertura vegetal/uso da terra dos municípios, foram identificados os principais sistemas produtivos das áreas de estudo: silvipastoris e agrossilvipastoris. Desse modo, o uso da terra foi caracterizado pelas principais atividades: agricultura, pecuária e extrativismo.

A análise que se seguiu tomou como referencial estatístico a Produção Agrícola Municipal (PAM) (IBGE, 1996-2016), Produção da Pecuária Municipal (PPM) (IBGE); Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura (IBGE, 1996-2016) e Funceme (2015a; 2015b).

A agropecuária tem significativo histórico na ocupação dos sertões semiáridos pelo agroextrativismo, configurando-se como atividade prevalecente nas ASD Irauçuba e Inhamuns, incluindo-se os municípios de Santa Quitéria e Independência (FUNCEME; 2015a; 2015b).

Ao analisar a contribuição deste setor às economias municipais, a agropecuária é responsável pela segunda maior participação nos PIB por setor, contrapondo-se ao setor de serviços (GRÁFICO 3) (IPECE, 2017).

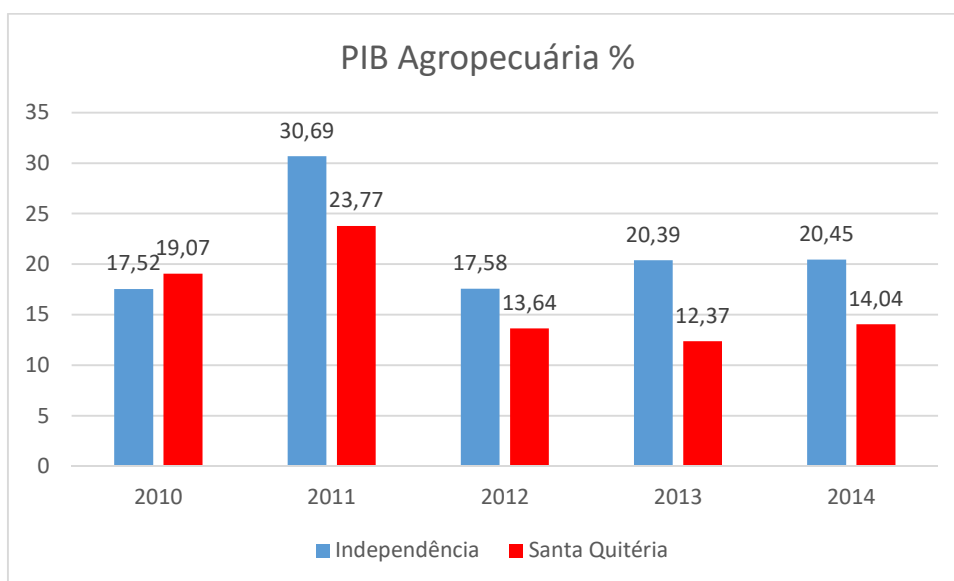
Gráfico 3 – PIB Municipal 2013.



Fonte: Silva (2018).

Em análise comparativa entre os municípios, no período de 2010 a 2014, a agropecuária se sobrepôs em participação no PIB do setor. Contudo, Independência obteve resultados mais exitosos, obtendo crescimento anual, sobretudo no ano de 2011, com taxa de 13% (GRÁFICO 4).

Gráfico 4 – PIB Agropecuária 2013.

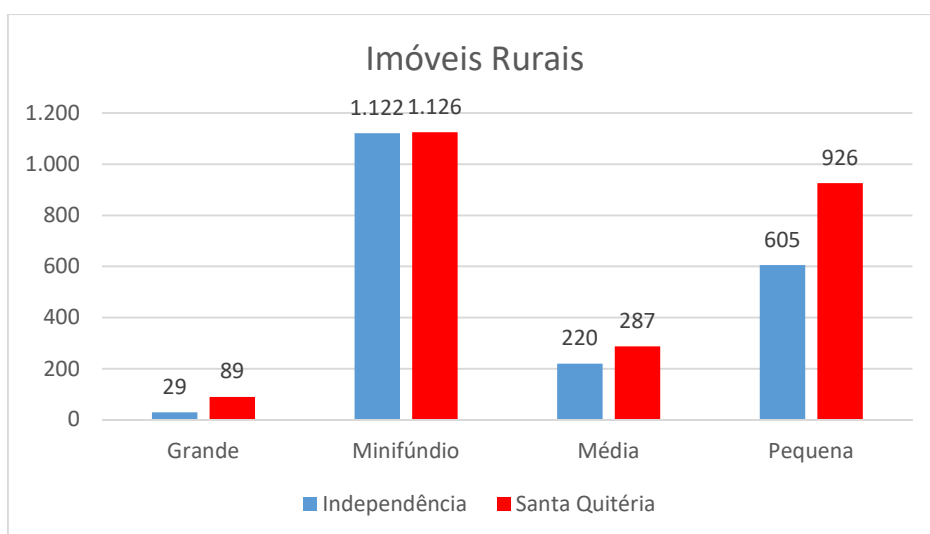


Fonte: Silva (2018).

Considerando o marco de seca atual, fica evidenciado um incremento na economia de Independência no ano de 2013, o que poderia ser explicado pela implementação de políticas públicas direcionadas à agropecuária na Região de Planejamento dos Sertões Inhamuns/Crateús, em parceria do Instituto para o Desenvolvimento da Economia Familiar (IDEF) e a Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA) (IDEF, 2017).

Nos municípios, a estrutura agrária segue o formato tradicional com o maior número de imóveis rurais representados por minifúndios e pequenas propriedades rurais. No ano de 2015, o município de Santa Quitéria apresentou um quantitativo superior de pequenas propriedades, em comparativo com Independência (GRÁFICO 5) (INCRA, 2016).

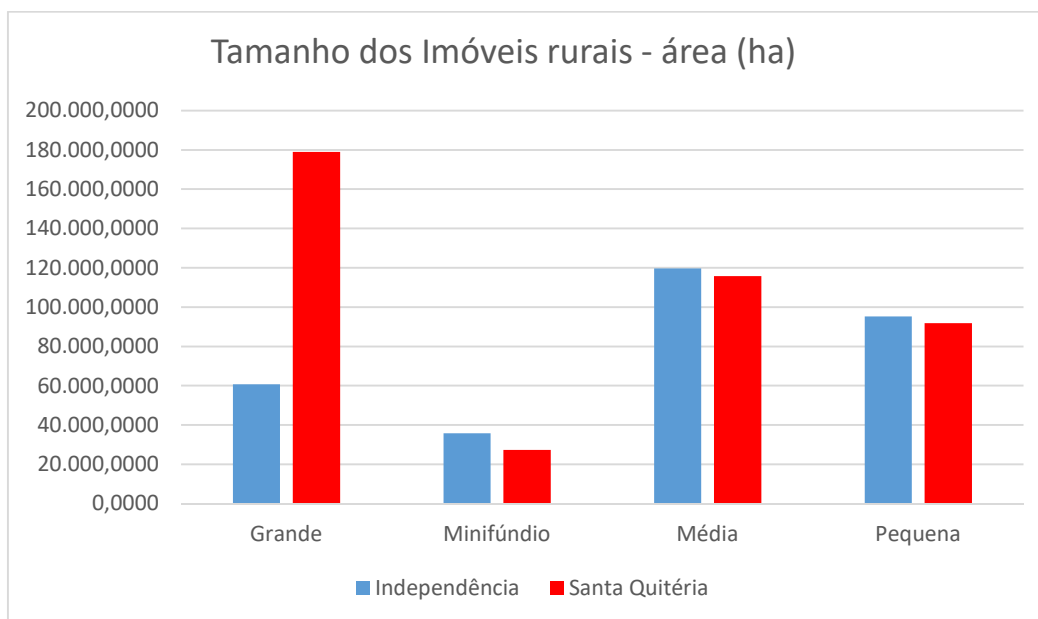
Gráfico 5 – Classificação Fundiária 2015.



Fonte: Silva (2018).

Em termos comparativos de área, Santa Quitéria apresentou também o maior tamanho em grandes propriedades rurais (GRÁFICO 6). Esses dados podem ser explicados pelo fato de Santa Quitéria dispor de uma área territorial maior do que Independência.

Gráfico 6 – Área em hectare do Imóveis Rurais – 2015.



Fonte: Silva (2018).

Outro fato que se soma é o tamanho do Módulo Fiscal (MF), área mínima necessária para a viabilidade econômica das propriedades rurais por município (LANDAU *et al.*, 2013; INCRA, 2017). Santa Quitéria tem MF igual a 55ha, enquanto o MF para Independência é de 80ha, ou seja, propriedade com tamanho inferior a 1 MF foi considerada como minifúndio (QUADRO 17).

Quadro 17 - Classificação fundiária para os municípios de Santa Quitéria e Independência, quanto ao MF.

Município	Minifúndio (ha)	Pequena Propriedade (ha)	Média Propriedade (ha)	Grande Propriedade (ha)
Independência	0 a 79	80 a 320	321 a 1.200	> 1.200
Santa Quitéria	0 a 54	55 a 220	221 a 825	> 825

Fonte: Silva (2018).

Agricultura

Dentro do contexto socioeconômico das ASD Irauçuba e Inhamuns, foi comprovado mudanças na atividade agrícola, sobretudo com a diminuição de área destinada para as culturas permanentes (FUNCEME, 2015a; 2015b).

Nos municípios de estudo, esta mudança foi sentida em Santa Quitéria, onde a área destinada foi reduzida a 11%. Nas culturas temporárias, houve um tímido incremento de menos de 1% na área destinada a esta atividade (TABELA 4). A situação é mais agravante em Independência. Houve redução da área destinadas tanto às culturas permanentes, quanto às culturas temporárias, neste último tipo a redução foi de aproximadamente 7%, taxa pouco maior do que a redução de área das culturas permanentes.

Tabela 4 – Área plantada com culturas permanentes e temporárias – 2000 e 2010.

Municípios	Área plantada com culturas permanentes (ha)			Área plantada com culturas temporárias (ha)		
	2000	2010	Taxa Média de Crescimento Anual (%)	2000	2010	Taxa Média de Crescimento Anual (%)
Santa Quitéria	1.376	369	-11,3	24.376	26.861	0,9
Independência	16	9	-5,1	14.340	6.645	-6,8

Fonte: Adaptado de FUNCEME (2015a; 2015b).

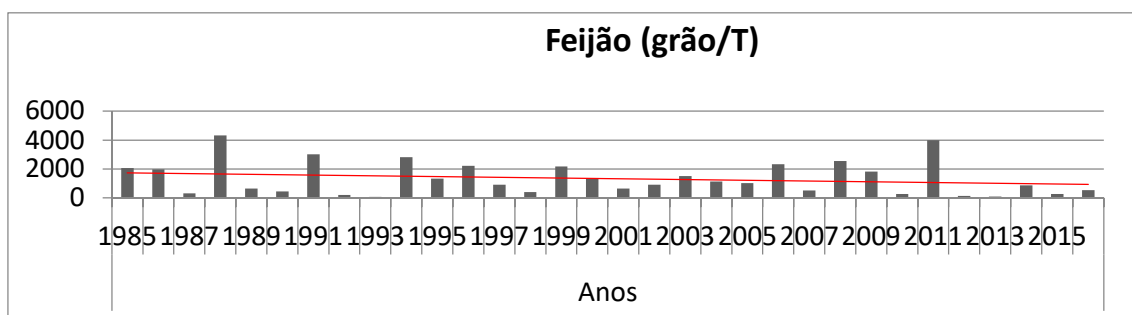
A análise desses dados evidencia a vulnerabilidade da atividade, não somente pelas condições climáticas do semiárido e de secas, mas também as consequências da degradação da terra em função do manejo dos recursos de solos e vegetação. Considerando o quadro da atividade agrícola por culturas temporárias, também foi possível fazer análise de tendências dos principais cultivos: milho, feijão, mandioca, mamona e cana-de-açúcar.

Segundo a Produção Agrícola Municipal (IBGE), no período de 1985 a 2016, registrou-se uma tendência de queda na produção de feijão, em coincidentes com os anos de escassez de chuva e seca.

Nos municípios, a produção caiu nos anos de 1986, 1992, 1993, 1998, 2001 2007, 2009, 2012, 2013, voltando a se recuperar no ano de 2016 (GRÁFICOS 7 e 8). A queda na produção foi atribuída aos eventos de seca e atuação de sistemas atmosféricos como El Niño e Cavados (MI, 2014). Em análise comparativa, essa queda foi mais sentida no município de

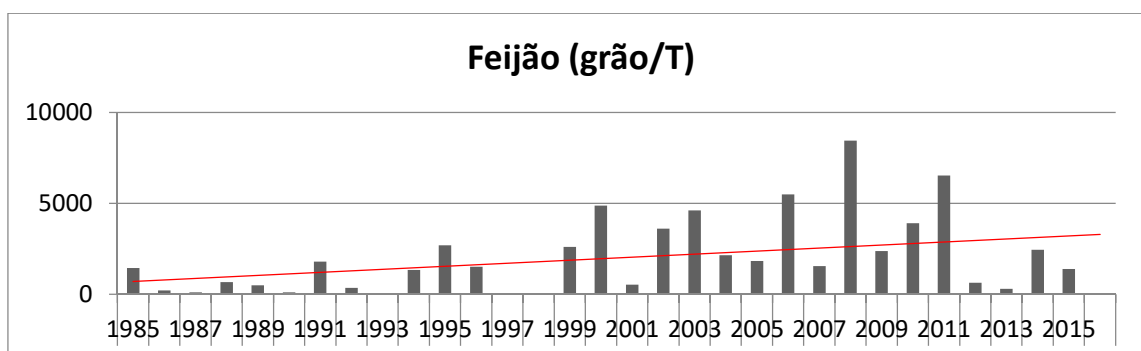
Santa Quitéria (MI, 2014; ZANELLA, 2005; SOUZA; OLIVEIRA, 2002).

Gráfico 7 - Produção de Feijão em grãos/Tonelada - Independência (1985 – 2016).



Fonte: Silva (2018).

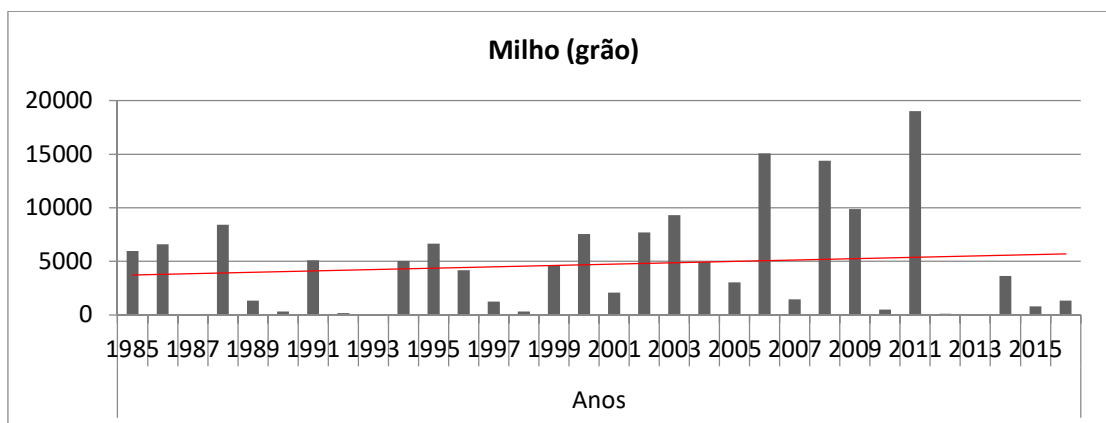
Gráfico 8 – Produção de Feijão em grão/Toneladas - Santa Quitéria (1985 – 2016).



Fonte: Silva (2018).

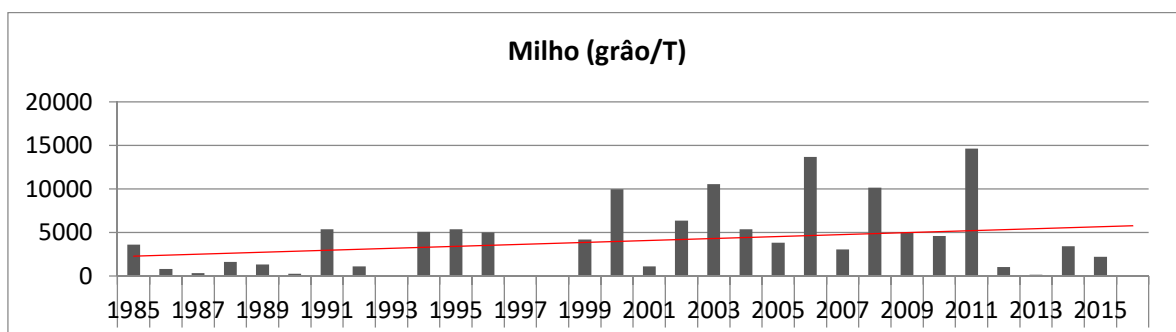
Durante o interstício de análise, a cultura do milho registrou variação similar ao feijão. Nos municípios, a produção apresentou quedas nos anos de seca, recuperando-se nos anos que se sucederam (GRÁFICOS 9 e 10). Contudo, ainda que se tenha acompanhado o crescimento de áreas plantadas com culturas temporárias, a quantidade produzida não tem apresentado tanto vigor.

Gráfico 9 - Produção de Milho/Tonelada – Independência (1985-2016).



Fonte: Silva (2018).

Gráfico 10 - Produção de Milho/Tonelada – Santa Quitéria (1985-2016).



Fonte: Silva (2018).

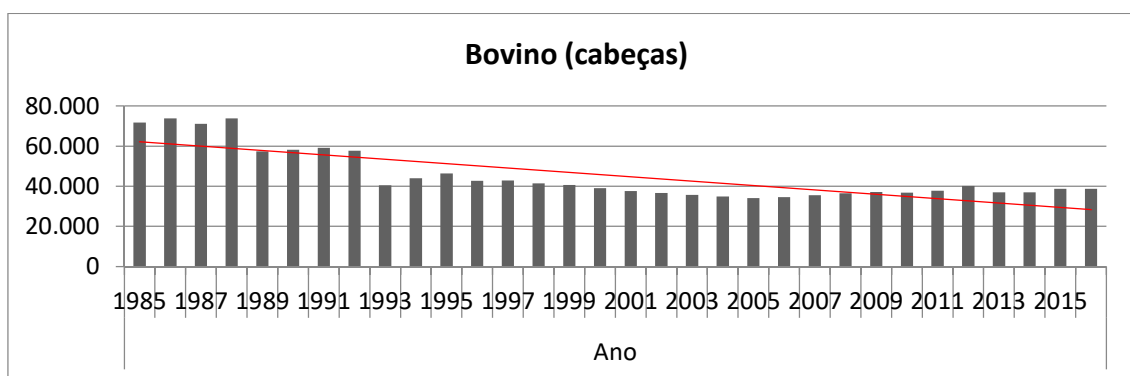
Pecuária

A pecuária foi avaliada sob as condições tendenciais nos últimos trinta anos. A atividade é praticada de modo extensivo, em expansão de áreas antes ocupadas pelas atividades agrícolas, associada ainda aos cultivos de subsistência.

Nos gráficos 11, 12, 13, 14 e 15 foi possível verificar o predomínio do rebanho bovino sobre os rebanhos de caprino e ovino até os anos de 1992-93, marco de uma grande seca que atingiu o semiárido. Nos anos posteriores a atividade voltou a se recuperar.

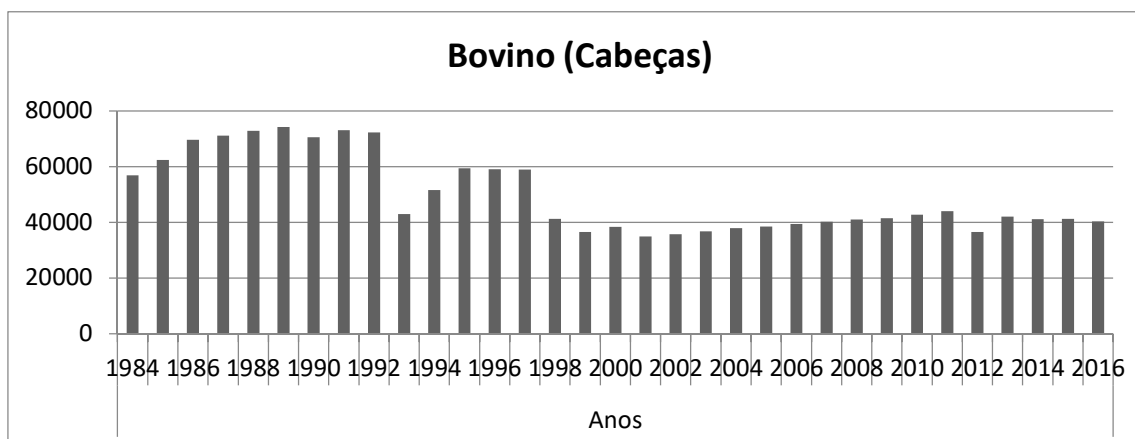
O número de bovinos ainda é expressivo em Independência, porém, a tendência foi de queda (GRÁFICO 11). Em Santa Quitéria, o rebanho bovino manteve-se numa tendência de crescimento estável no período de 2000 a 2016 (GRÁFICO 12).

Gráfico 11 - Rebanho de Bovinos – Independência (1985-2016).



Fonte: Silva (2018).

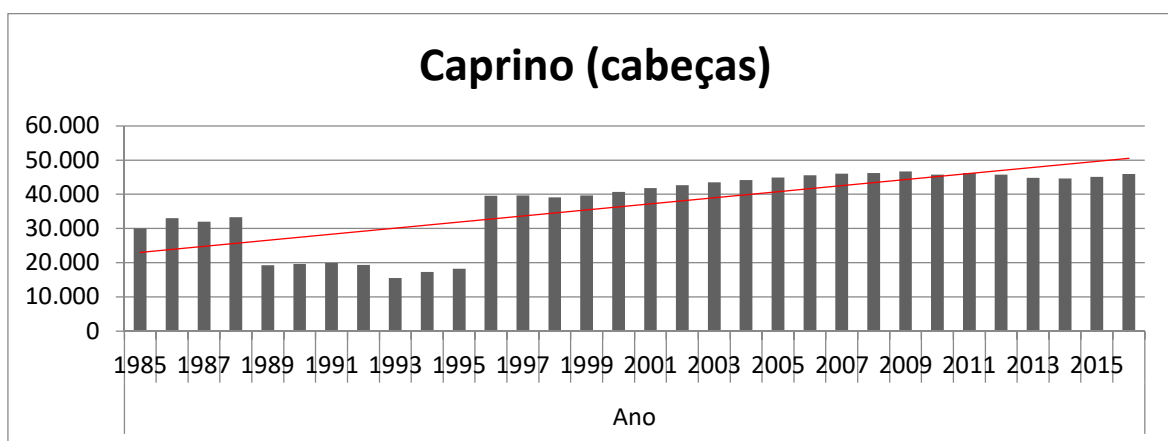
Gráfico 12 – Rebanho de Bovinos – Santa Quitéria (1984- 2016).



Fonte: Silva (2018).

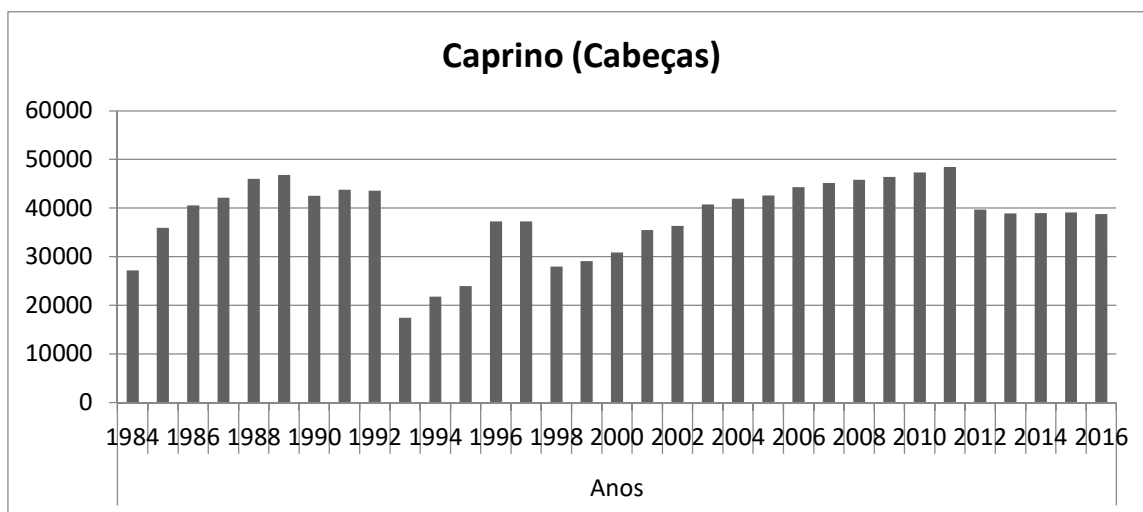
Nos dois municípios foi observado ascensão no crescimento dos rebanhos caprinos e ovinos (GRÁFICOS 13, 14, 15 e 16). Essa tendência está vinculada a diminuição da sustentabilidade do rebanho bovino, quanto aos incentivos de estímulo à ovinocaprinocultura através de projetos públicos: Ovinocaprinocultura e Petrobrás (Projeto de Difusão da Produção e comercialização da ovinocaprinocultura nos Sertões dos Inhamuns/Crateús – Fase II) (IDEF, 2017).

Gráfico 13- Rebanho de Caprinos – Independência (1984- 2016).



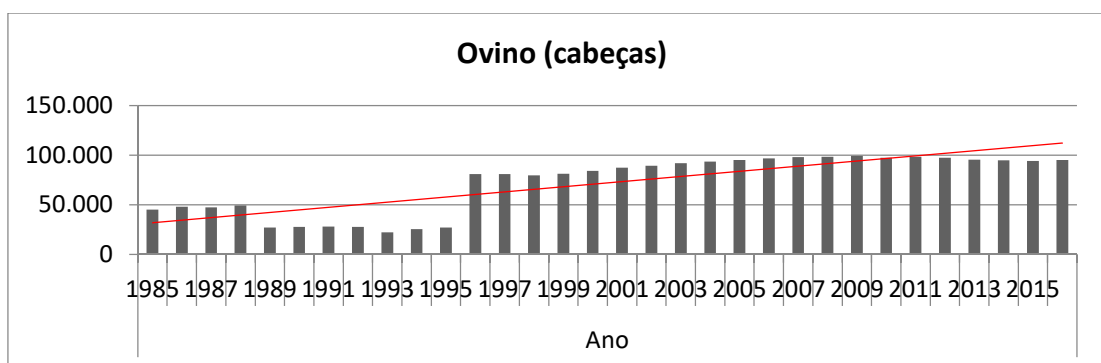
Fonte: Silva (2018).

Gráfico 14 - Rebanho de Caprinos – Santa Quitéria (1984- 2016).



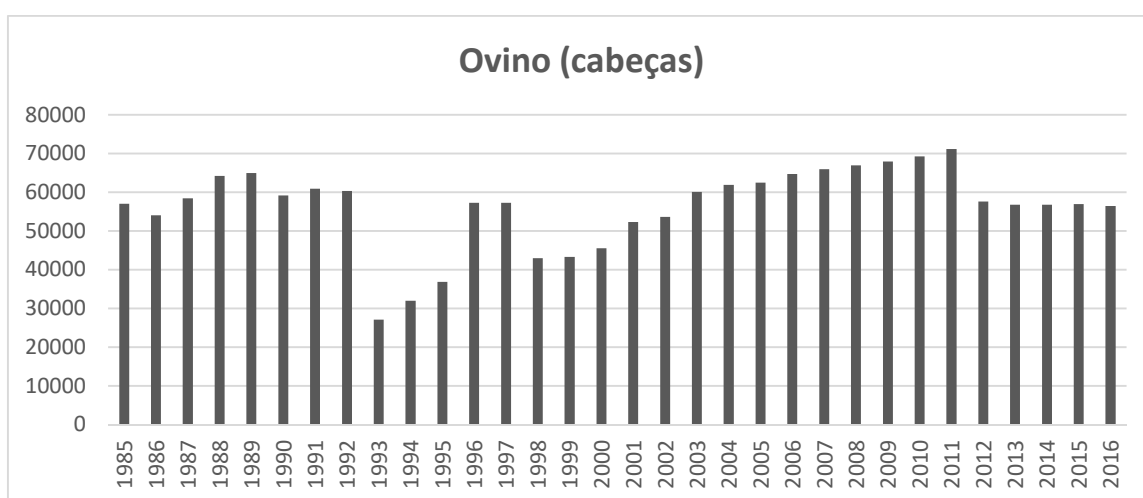
Fonte: Silva (2018).

Gráfico 15 – Rebanho de Ovinos – Independência (1985-2016).



Fonte: Silva (2018).

Gráfico 16 – Rebanho de Ovinos – Santa Quitéria (1985-2016).

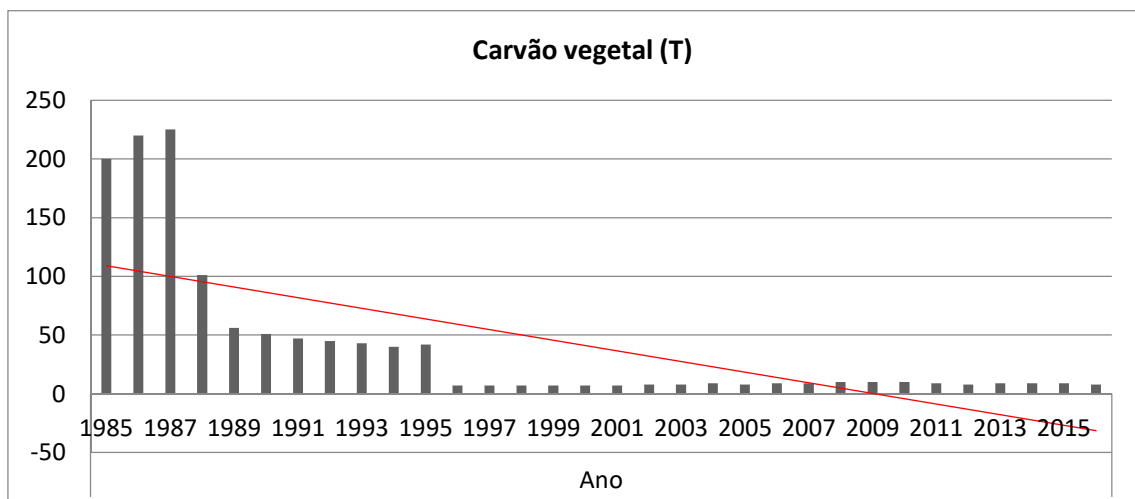


Fonte: Silva (2018).

Extrativismo Vegetal

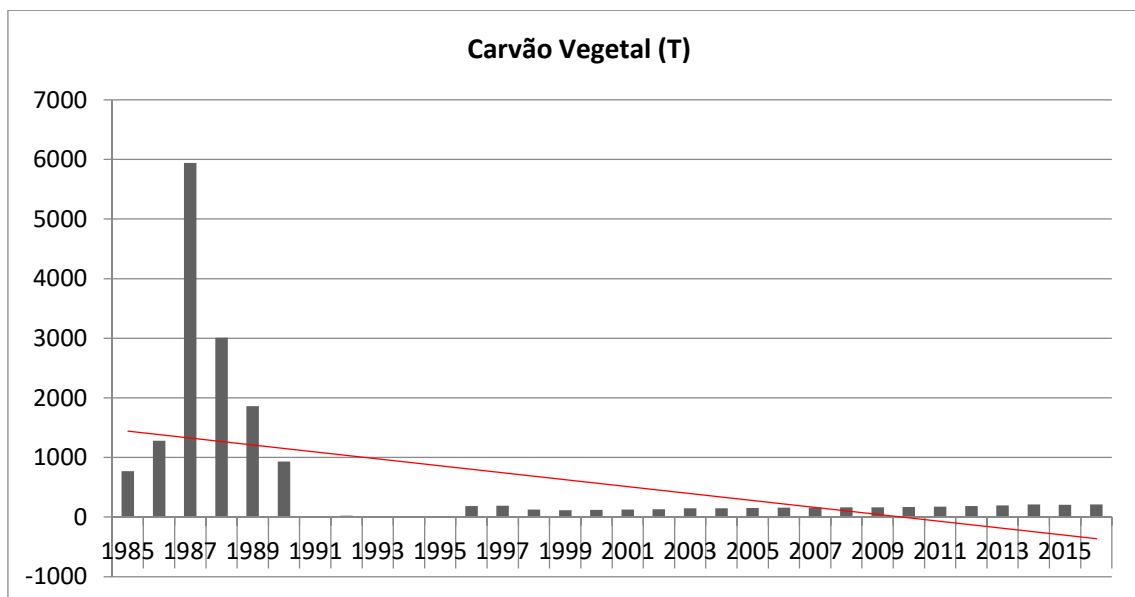
Em análise de tendência, avaliou-se o desempenho produtivo do carvão e lenha. Nos municípios, a produção de carvão vegetal segue em franco declínio desde o ano de 1990 (GRÁFICOS 17 e 18), e atualmente, a produção não passa de 8 toneladas/ano.

Gráfico 17 – Produção de Carvão - Independência (1985-2016).



Fonte: Silva (2018).

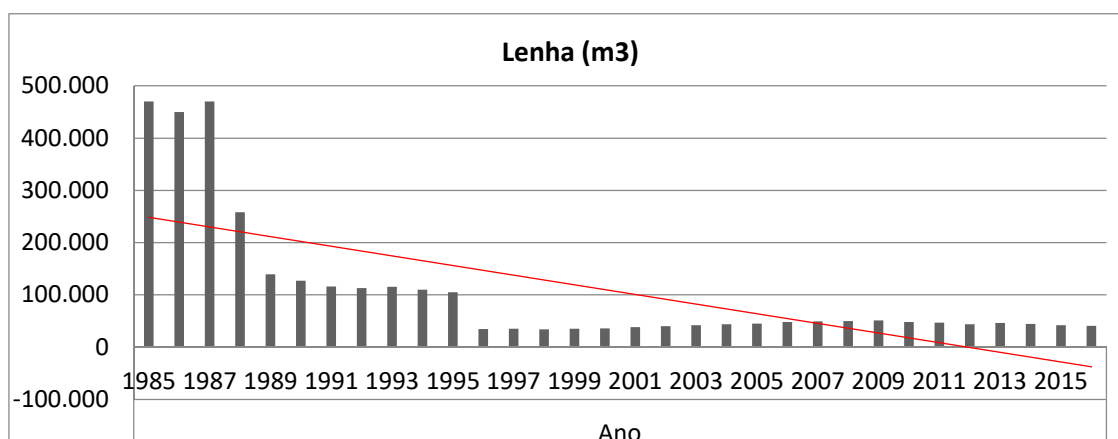
Gráfico 18 – Produção de Carvão - Santa Quitéria (1984-2016).



Fonte: Silva (2018).

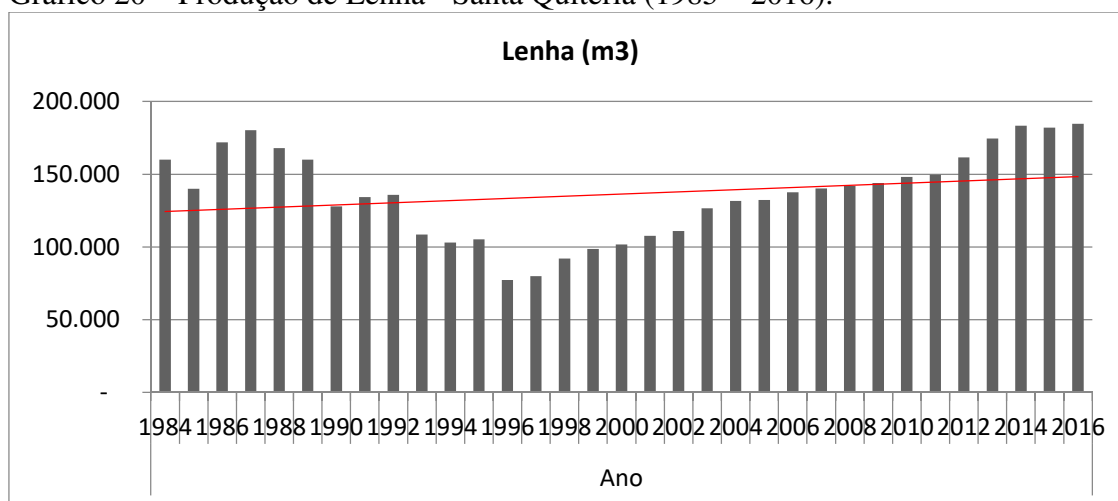
Seguindo a mesma tendência de declínio está a extração de lenha, sobretudo no município de Independência (GRÁFICO 19). Porém, Santa Quitéria segue mantendo a extração numa situação mais representativa do que aquela registrada em Independência, com crescimento aparente desde o ano 2000 (GRÁFICO 20).

Gráfico 19 – Produção de Lenha – Independência (1985-2016).



Fonte: Silva (2018).

Gráfico 20 – Produção de Lenha - Santa Quitéria (1985 – 2016).



Fonte: Silva (2018).

Com esse resultado não é possível revelar melhorias no manejo da caatinga em Santa Quitéria. É necessário avaliar outros indicadores ligados à atividade. Contudo, ele evidencia os diferentes níveis de degradação da vegetação entre os dois municípios, comparáveis pelo mapeamento dos padrões fisionômicos das caatingas, tipo de uso e estado de degradação.

3.2 Sistemas Ambientais dos Municípios de Santa Quitéria e Independência

A caracterização dos sistemas ambientais dos municípios de Santa Quitéria e Independência partiu do mapeamento temático em SIG, com checagem de campo. Os mapas 5 e 6 apresentam os sistemas ambientais dos municípios de Santa Quitéria e Independência.

O critério geomorfológico foi adotado para a delimitação dos sistemas ambientais por melhor definir os limites do relevo e feições topográficas, permitindo uma delimitação cartográfica mais precisa. É elemento de síntese da integração e interação dos componentes

abióticos, bióticos e dos aspectos socioeconômicos em uma unidade de paisagem (OLIVEIRA, 2012; SOUZA, 2000; 2005).

Souza (2000) e Oliveira (2012) explicam o ambiente como um sistema complexo, que deriva de relações mútuas e interações entre componentes do potencial ecológico e os componentes da exploração biológica, assumindo maior grau de complexidade com as variáveis da ocupação humana.

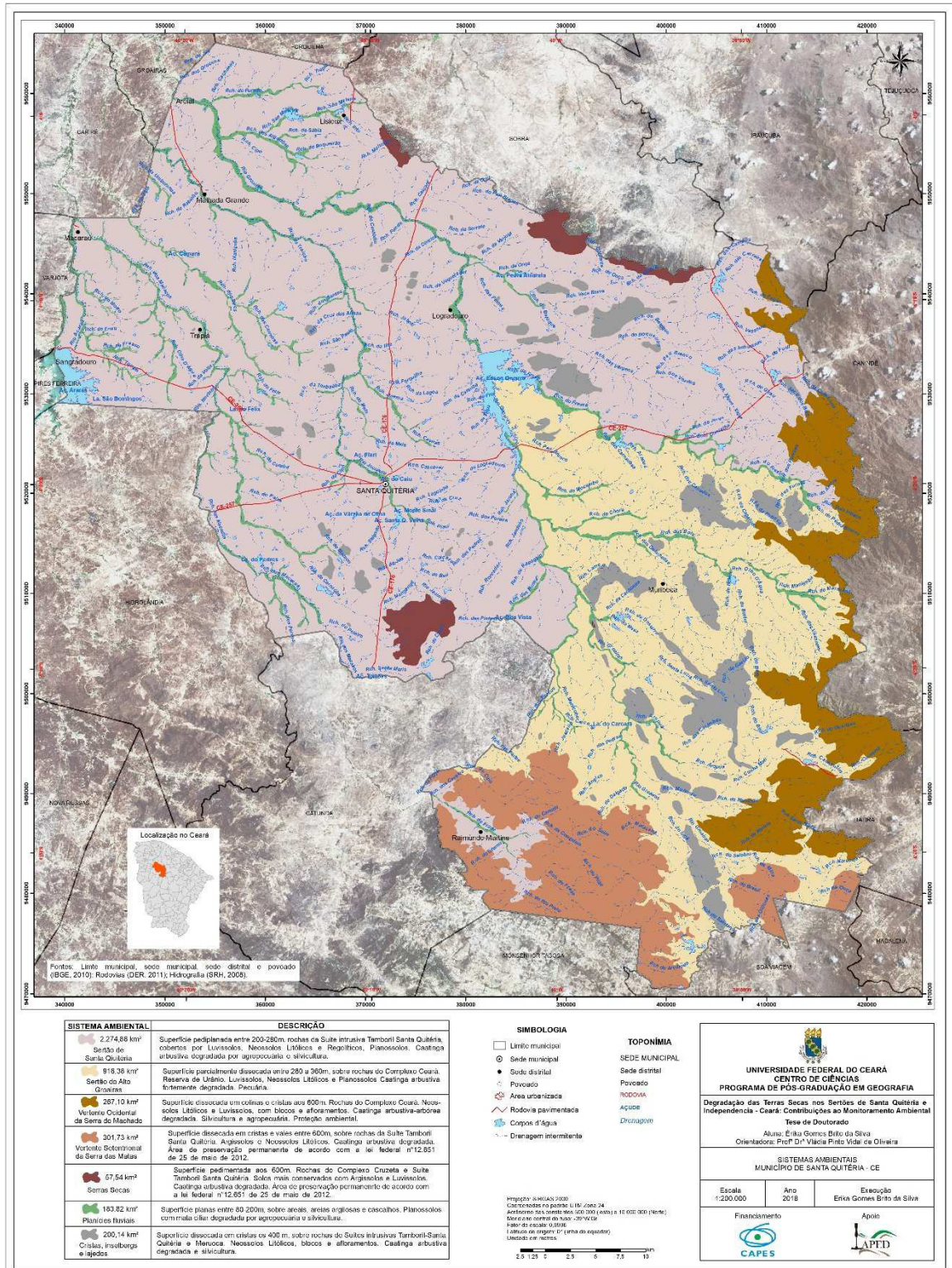
Para Oliveira (2012), cada sistema ambiental representa uma unidade de organização do ambiente natural, onde a interdependência dos componentes abióticos, bióticos é dotada de potencialidades e limitações específicas e humanos, que refletem a fisionomia e dinâmica dos sistemas ambientais.

A caracterização geoambiental dos sistemas ambientais seguiu o critério hierárquico de unidades de paisagem: domínio natural, sistema ambiental, características dominantes. Os problemas ambientais encontrados estão associados às potencialidades e limitações, o que tem influenciado a ecodinâmica natural dos subsistemas à vulnerabilidade à desertificação. A toponímia dos sistemas foi definida segundo o domínio natural, agregando-se o nome da localidade, ou acidente geográfico de referência local.

Em Santa Quitéria foram definidos sete sistemas ambientais: sertões de Santa Quitéria; sertões do Alto Groaíras; serras secas; vertente ocidental da Serra do Machado; vertente setentrional da Serra das Matas; planícies fluviais; cristas residuais e inselbergs.

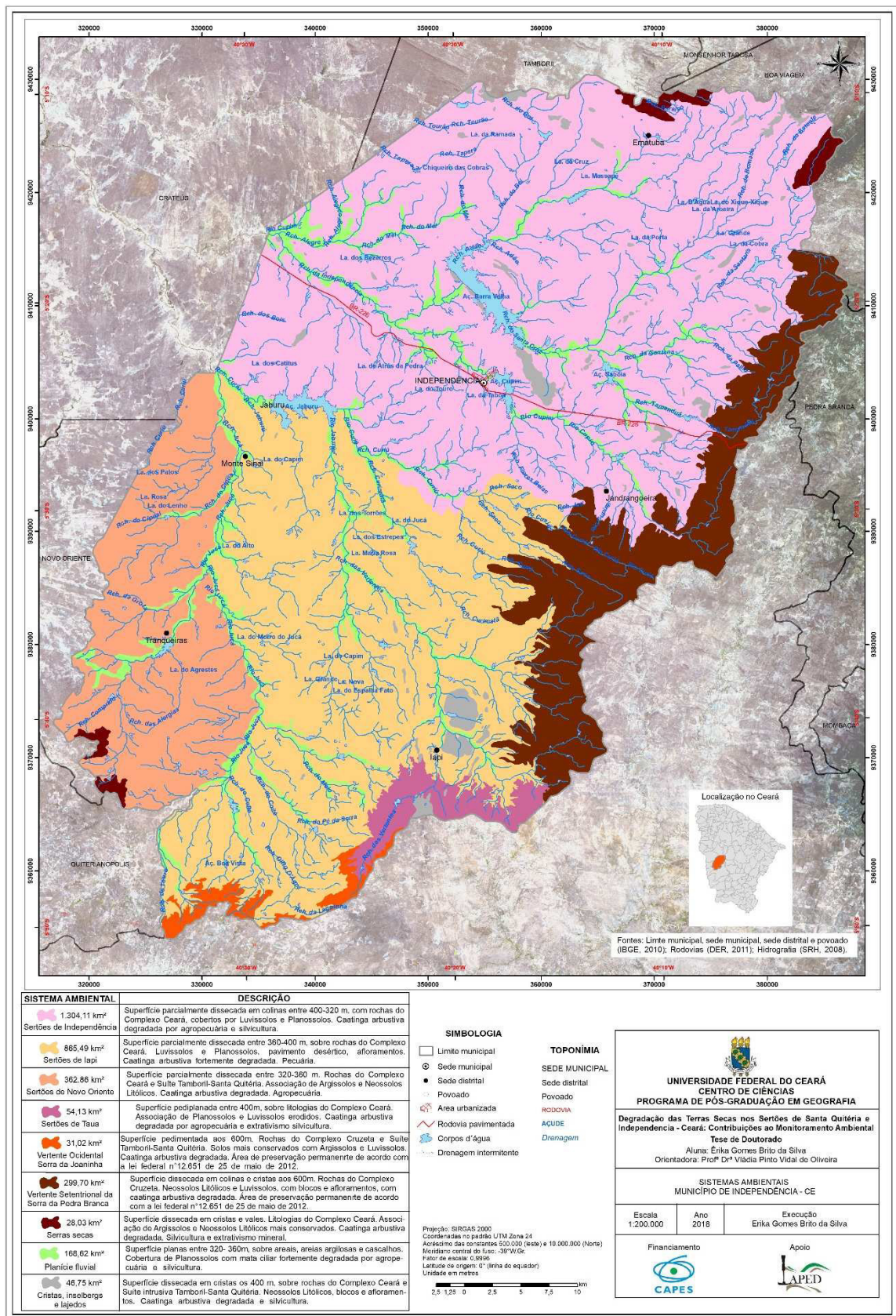
No município de Independência foram estabelecidos nove sistemas ambientais: sertões de Independência; sertões de Independência/Novo Oriente; sertões de Tauá; sertões do Iapi; serras secas; vertente ocidental da Serra da Pedra Branca; vertente setentrional da Serra da Joantina; planícies fluviais; e por fim, cristas residuais e inselbergs.

Mapa 5 – Sistemas Ambientais do município de Santa Quitéria – CE.



Fonte: Silva (2018).

Mapa 6 - Sistemas Ambientais do município de Independência – CE.



Fonte: Silva (2018).

3.2.1 Sistemas Ambientais de Santa Quitéria

Domínio: Vales

Sistema: Planícies Fluviais (183,8 km²)

São superfícies planas com altimetria inferior a 200m, constituída por areais, areias argilosas e cascalhos. Foram elaboradas por processo acumulação ao longo dos Rios Groaíras, Jucurutu e Riacho dos Macacos (FIGURA 31). Essas superfícies são compostas por Neossolos Flúvicos e Planossolos, solos profundos, mal drenados, sujeitos à inundação temporária e salinização. A Mata ciliar apresenta estrato arbustivo e carnaubais, em estado moderado a fortemente degradado por agropecuária e extrativismo. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) de Transição Progressiva.

Figura 31 – Planície fluvial do Rio Groaíras / Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2015).

Domínio Natural: Serras

Sistema: Vertente Ocidental da Serra do Machado (267,1 km²)

Constitui-se em uma superfície dissecada em cristas e vales, onde as cotas altimétricas variam entre 360m, a partir da base do maciço, chegando às cotas mais elevadas a 1080 m. No geral, a altimetria média é de 600m. A Serra do Machado tem relevos dissecados em colinas, cristas, “hogbacks”, morros de variadas dimensões e encostas com declives superiores a 15 – 20%.

Dobramentos antigos ainda se refletem na morfologia por meio de cristas e vales paralelos e com modelo de relevos apalacheanos. Entre os interflúvios há ocorrência de planícies alveolares cuja cobertura detrítica e composta por sedimentos aluvio-coluviais (SOUZA, 2000). Há potencialidade de exploração mineral pela reserva de Urânio, na Serra de Itataia. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) Fortemente Instáveis.

Domínio Natural: Serras

Sistema: Vertente Setentrional da Serra das Matas (301,7 km²)

A Serra das Matas se apresenta em altitude média entre 600m, apresentando feições em cristas e vales. A presença de falhas e fraturas na sua porção mais setentrional orienta a drenagem neste setor. O recobrimento vegetal é de caatinga sobreposta por solos rasos, blocos de rochas e afloramentos. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) Fortemente Instáveis.

Domínio Natural: Sertões

Setor Estratégico: Cristas Residuais e Inselbergs (200,1 km²)

As cristas e inselbergs apresentam-se em topografias aguçadas, em níveis altimétricos de 300 a 400m, em rochas do Complexo Ceará (Unidade Independência) (FIGURA 32), Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria (FIGURA 33), além de granitos e granitoides diversos. Já os lajedos e afloramentos constituem a superfície exposta de bolsões de granitos e granitoides diversos. Segundo Souza (1988; 2000) as cristas quartzíticas residuais, os inselbergs e lajedos também têm a mesma gênese das serras secas. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) Fortemente Instáveis.

Figura 32 – Inselbergs - CE 176, sentido Santa Quitéria / Sobral.



Fonte: Silva (2016).

Figura 33 – Cristas residuais / Assentamento Olho D'água / Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2015).

Domínio Natural: Sertões

Sistema ambiental: Sertão do Alto Groaíras (916,4 km²)

O sistema ambiental está localizado na porção oriental do município, em sentido norte-sudeste. O topônimo é uma referência ao Rio Groaíras que tem seu vale encrustado à depressão sertaneja à sotavento da Serra do Machado.

Os aspectos morfoestruturais correspondem às feições em superfícies parcialmente dissecada, com cotas altimétricas de 280 a 360m, aproximadamente. Essa superfície é constituída por rochas do Complexo Ceará, unidade Canindé, limitada pela Falha Groaíras, como controle estrutural. As classes de Luvisolos, Neossolos Litólicos e Planossolos são predominantes, revestidos com Caatinga arbustiva fortemente degradada. O uso é agropecuário e de silvicultura. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) de Transição Progressiva.

Domínio Natural: Sertões

Sistema: Sertão de Santa Quitéria (2274,9 km²)

Superfície pediplanada com topografia suave ondulada, onde a altimetria varia entre 200 a 280 m. O substrato é composto por litologias do Complexo Ceará (Unidade Canindé), além de granitos e granitoides da Suíte Intrusiva Tamboril Santa Quitéria. A drenagem assume padrão detrítico, encravando os vales do Médio Groaíras. Neste sistema encontra-se o açude Edson Queiroz, responsável pelo abastecimento do município.

Os solos são de Luvisolos, Planossolos, Neossolos Regolíticos (FIGURA 34) e Neossolos Litólicos, com inselbergs e afloramentos. A caatinga arbustiva apresenta diversos

estágios de degradação no sistema (FIGURAS 35 e 36), mas no padrão geral, predomina a caatinga arbustiva moderadamente degradada pela agropecuária e silvicultura. Ecodinâmica: Ambientes frágeis de Transição Regressiva.

Figura 34 - Caatinga arbustiva fortemente degradada. CE-257 / Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2016).

Figura 35 – Caatinga arbustiva aberta degradada com pedregosidade. CE-257 /Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2015).

Figura 36 – Neossolos Regolíticos, com pecuária. CE 176 / Bom Viver, Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2015).

Domínio Natural: Serras

Sistema ambiental: Serras Secas (57,5 km²)

O sistema é caracterizado por superfícies dissecadas em cristas e colinas, onde a altimetria média é de 590m. O substrato cristalino é constituído por litologias da Suíte Tamboril-Santa Quitéria e residuais do Complexo Ceará, Unidade Canindé.

As condições climáticas semiáridas predominam tanto sobre os pequenos maciços quanto nas vertentes à sotavento da Serra do Machado e Serra das Matas. As classes predominantes de solos são de Neossolos Litólicos e afloramentos, e Neossolos Litólicos e Argissolos nos topos e setores ao pé-de-serra. Caatinga arbustiva degradada. Uso da terra: Silvicultura, agropecuária e extrativismo mineral. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) Fortemente Instáveis

3.2.2 Sistemas Ambientais de Independência

Domínio: Sertões

Sistema: Sertão de Independência (1304,1 km²)

O sistema está no domínio natural dos Sertões, onde a depressão sertaneja adquire feição parcialmente dissecada em colinas rasas, com também superfícies pediplanadas. As cotas altimétricas estão entre 320m a 400 m. No sentido centro-norte, a topografia é suave ondulada a ondulada, onde a continuidade do sistema é interposta pela ocorrência de cristas residuais, lajedos, planícies fluviais.

Este compartimento é constituído essencialmente por litologias metamórficas paleoproterozóicas do Complexo Ceará (CAVALCANTE *et al.*, 2003), representado pela Unidade Canindé, com paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcárias; e também por

paragnaisses e granitoides da mesma unidade, na proximidade do limite intermunicipal com Crateús.

A evolução dessa superfície é percebida pelo caimento topográfico das colinas rasas em direção aos vales fluviais da bacia hidrográfica do Alto Poti, com topografia ondulada a suave ondulada. A drenagem é adensada, assumindo, predominantemente, o padrão dendrítico. Há ocorrência de um padrão mais retangular, de rios e riachos que têm nascentes situadas na vertente ocidental da Serra da Pedra Branca.

A cobertura é feita em primazia pela associação de Luvisolos Crômicos e Planossolos, nos setores com topografia mais aplainada a suave ondulada; e ainda de Luvisolos Crômicos e Argissolos Vermelho-Amarelos, em áreas mais dissecadas a noroeste do sistema ambiental. A incidência de afloramentos rochosos é menos frequente. Contudo, a presença de pedregosidade é acentuada, com a incidência de sulcos de erosão e ravinas pelo escoamento superficial e susceptibilidade dos solos à erosão (FIGURA 37).

Figura 37 – Erosão por sulcos, nordeste do Distrito–sede de Independência.



Fonte: Silva (2015).

As condições morfodinâmicas sofrem influência da semiaridez, onde foi possível encontrar com frequência, a frequente presença de sulcos de erosão e ravinas atribuídas ao escoamento superficial e à susceptibilidade de erosão dos solos. O padrão geral de cobertura vegetação é de caatinga arbustiva degradada, com cactáceas, e por vezes, com exposição do solo e chão pedregoso (FIGURA 38). Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) de Transição Progressiva.

Figura 38 – Caatinga arbustiva degradada, com cactáceas, Sertão de Independência.



Fonte: Silva (2015).

Domínio: Sertões

Sistema Sertão do Iapi (865,5 km²)

O sistema ambiental constitui uma superfície aplainada a parcialmente dissecada com topografia suave ondulada, com níveis altimétricos entre 360 a 400 m. É constituído por rochas cristalinas metamórficas da Unidade Canindé, pertencente ao Complexo Ceará. Com associação de Luvisolos Crômicos e Planossolos, com frequência muito alta de pedregosidade, formando um extenso pavimento desértico.

A caatinga arbustiva está fortemente degradada, com reduzida biodiversidade de espécie, e quanto ao número de indivíduos, predominando o estrato herbáceo, com manchas de solo exposto. Presença de indivíduos como faveleira e mandacaru (FIGURAS 39, 40, 41 e 42).

Uso potencial para a pecuária extensiva. Limitações: alta susceptibilidade à erosão, presença de afloramentos rochosos e lajedos, desmatamento, extrativismo vegetal. Pecuária (Caprinos e Bovinos). Ecodinâmica: Ambiente (frágeis) de Transição Regressiva.

Figura 39 – Pastagem. CE-176, / margem esquerda, Independência.



Fonte: Silva (2015).

Figura 40 – Distrito de Iapi. Independência, CE 176.



Fonte: Silva (2015).

Figura 41 – Caatinga arbustiva aberta. Distrito de Iapi – Independência.



Fonte: Silva (2015).

Figura 42 – Planossolo. Distrito de Iapi – Independência, CE 176.



Fonte: Silva (2015).

Domínio: Sertões

Sistema: Sertão de Novo Oriente/Independência (362,9 km²)

Estes sertões se apresentam em superfície parcialmente dissecada, com topografia suave ondulada a ondulada, onde as cotas altimétricas variam de 320 – 360 m. É constituído de rochas do Complexo Ceará. Apresentam solos bem mais conservados em comparação com solos de outros sistemas. Predomina a associação de Argissolos e Neossolos Litólicos.

A vegetação predominante é de Caatinga arbustiva-arbórea moderadamente degradada, intercalada com a mata ciliar nas margens de rios e riachos O uso é de silvicultura (FIGURA 43). Ecodinâmica: Ambiente Moderadamente Estável.

Figura 43 – Caatinga arbustiva-arbórea degradada. Alvação de Cima / Independência.



Fonte: Silva (2016).

Domínio: Sertões

Sistema: Sertão de Tauá (54,1 km²)

Os sertões configuram de superfícies pediplanadas a parcialmente dissecadas em colinas e cristas, onde a altimetria superior média está na cota dos 400m. Essas superfícies são mantidas por litologias do Complexo Ceará, com paragnaisses, micaxistos e migmatitos, representando as Unidades Canindé e Independência. Há ocorrência de afloramentos rochosos.

As planícies fluviais e de inundação temporária entrecortam a vasta superfície sertaneja. Nesses setores, as associações de solos ocorrem em classes de Planossolos, enquanto os Luvisolos Crômicos e os Neossolos Litólicos são representativos na depressão sertaneja, em estágios de degradação dos horizontes superficiais.

A cobertura vegetal é de Caatinga arbustiva fortemente degradada, onde o uso da terra é feito a partir das atividades de pecuária extensiva, extrativismo vegetal e agricultura de subsistência. Ecodinâmica: Ambiente (frágeis) de Transição Regressiva.

Domínio: Serras

Sistema Serras Secas (28,0 km²)

O sistema é caracterizado por superfícies dissecadas em cristas, onde a altimetria média é de 400m. O substrato cristalino é constituído por litologias do Complexo Ceará, unidade Canindé. As condições climáticas semiáridas predominam sobre os pequenos maciços. As classes predominantes de solos são Argissolos e Neossolos Litólicos, e Argissolos e

Luvissolos e afloramentos nos topos e setores ao pé-de-serra. Caatinga arbustiva degradada e vegetação de cactáceas. Uso da terra: Silvicultura e extrativismo mineral. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) Fortemente Instáveis.

Domínio: Serras

Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca (299,7 km²)

A Serra da Pedra Branca se dispõe em sentido NE-SE, em cotas médias de 535 a 600m, podendo atingir 880m, na sua porção mais a nordeste de Independência. É sustentada pelos gnaisses e migmatitos do Complexo Cruzeta, e mais a sudeste, constituído por litologias do Complexo Ceará. Suas encostas são cobertas por associações de Neossolos Litólicos e Luvissolos Crômicos, e de Neossolos Litólicos, com blocos e afloramentos rochosos, revestidos de caatinga arbustiva fortemente degradada. Proteção Ambiental; Conservação de nascentes. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) Fortemente Instáveis.

Domínio: Serras

Vertente Setentrional da Serra da Joaquina (31,0 km²)

A Serra da Joaquina está situada na porção mais ao sul de Independência, é mantida por rochas pertencentes a Suíte Intrusiva Tamboril-Santa Quitéria. A superfície é pedimentada, de topografia aplainada entre as cotas altimétricas 550m. No setor com solos mais conservados, estão solos em associação de Argissolos Vermelho-Amarelos, e de Neossolos Litólicos e afloramentos nas encostas com cobertura de caatinga arbustiva fortemente degradada, com arbustos de 1m em média. Uso por agropecuária e extrativismo vegetal. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) de Transição Progressiva.

Domínio: Vales

Sistema: Planícies Fluviais (168,6 km²)

Caracterizam-se por superfícies aplainadas formadas por ação fluvial, constituídas por areias, areias argilosas, cascalhos (CAVALCANTE *et al.*, 2003). Essas superfícies são encontradas ao longo das margens do médio baixo curso dos principais rios e riachos que compõem a bacia hidrográfica Alto Poti: rio Independência, Rio Curiú, Riacho do Meio, Rio Jaburu (FUNCEME, 2015b).

Em Independência, as planícies fluviais assumem maior expressão espacial a partir das cotas altimétricas de 260-320 m. Os rios têm regime de drenagem intermitente, apresentam fundos de vales em “U”, marcando os interflúvios com a depressão sertaneja. A maioria de seus

rios e riachos tem suas nascentes situadas na vertente ocidental da Serra da Pedra Branca e na Serra da Joanhina, pequenas serras ao sudoeste de Independência.

As planícies apresentam associação de Neossolos Flúvicos e Planossolos, ocupados por mata ciliar degradada no alto-médio curso, descaracterizada pelo uso e ocupação de atividades agropecuárias (FIGURAS 44, 45 e 46). Ecodinâmica fortemente instável, frente ao desmatamento das margens para expansão da agropecuária. Vulnerabilidade às secas e desertificação (FUNCEME, 2015). Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) de Transição Progressiva.

Figura 44 – Planície fluvial do Riacho Santa Cruz, Distrito-sede / Independência.



Fonte: Silva (2016).

Figura 45 – Planície fluvial do Rio Curiú, Independência.



Fonte: Silva (2016).

Figura 46 – Planície fluvial fortemente degradada. Distrito Monte Sinai/Independência.



Fonte: Silva (2016).

Domínio: Serras

Setor estratégico: Cristas Residuais e Inselbergs (46,8 km²)

As cristas residuais e os inselbergs constituem uma unidade de paisagem espacialmente descontínua e em feições isoladas, em meio aos sertões. Estas formas apresentam topografia ondulada, com topos convexos, ou colinosos, encostas inclinadas, de extensão alongada, atingindo níveis altimétricos médios de 300 a 400m. Os inselbergs se expõem por morros isolados, com topos aguçados e vertentes inclinadas.

Estas formas de relevo são resultantes de processos de erosão diferencial sobre as rochas cristalinas. São mantidas por quartzitos da Unidade Tamboril Santa Quitéria e granitoides diversos, pertencentes ao Complexo Ceará (unidade Independência).

É possível distinguir alguns setores em que estas apresentaram orientação em função de estruturas geológicas. Na porção centro-norte do município, as cristas se mantêm sobre lentes de quartzitos no contato com paragnaisses, micaxistos e metacalcários da Unidade Independência. Já na porção sudeste do município, as cristas residuais estão orientadas pela Falha Tauá, aproximadamente no contato de granitoides associados à Suíte Intrusiva Tamboril – Santa Quitéria (FIGURA 47).

Figura 47 - Inselberg Pedra Lisa/Independência.



Fonte: Silva (2015).

Segundo Souza (1988), as cristas e inselbergs não se exibem como unidade de paisagem de diferenciação nos sertões, apesar de disporem-se em níveis altimétricos mais elevados do que o seu entorno. As condições climáticas são semiáridas, não favorecem a incisão de drenagem, bem como a declividade mais acentuada favorece a formação de Neossolos Litólicos com afloramentos rochosos. A cobertura vegetal é predominante de Caatinga Arbustiva, vegetação rupestre e cactáceas.

Em menor abrangência espacial, os lajedos e afloramentos rochosos são tipos de relevos de exposição do embasamento cristalino, constituídos de granitoides diversos. De modo localizado, foram mapeados lajedos na proximidade do distrito do Iapi. As potencialidades são o extrativismo vegetal, mineral e de turismo. Ecodinâmica: Ambientes (frágeis) Fortemente Instáveis (FIGURA 48).

Figura 48– Crista residual: estação chuvosa, à esquerda; estação seca, à direita. Jandrangoeirras/Independência.



Fonte: Silva (2015; 2016).

4 AVALIAÇÃO DA DESERTIFICAÇÃO NOS MUNICÍPIOS DE SANTA QUITÉRIA E INDEPENDÊNCIA

A avaliação da desertificação nos sistemas ambientais de Santa Quitéria e Independência foi estimada a partir de indicadores biofísicos e socioeconômicos. Os resultados obtidos desta avaliação compuseram os índices geobiofísicos (IGBD), aplicados aos sistemas ambientais, e os índices socioeconômicos (ISED) de suscetibilidade à desertificação dos municípios.

4.1 Indicadores Geobiofísicos de Desertificação

Os indicadores geobiofísicos foram aplicados aos sete sistemas ambientais no município de Santa Quitéria: Sertão de Santa Quitéria; Sertão de Groáiras; Serras secas; Vertente Ocidental da Serra do Machado; Vertente Setentrional da Serra das Matas; Cristas, inselbergs e lajedos, e planícies fluviais.

No município de Independência os indicadores geobiofísicos foram valorados para nove sistemas: Sertão de Independência; Sertão do Iapi; Sertão de Tauá; Sertão de Novo Oriente; Serras secas; Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca; Vertente Setentrional da Serra das Matas; Cristas, inselbergs e lajedos, e planícies fluviais.

Na avaliação interna de cada indicador, os valores variaram de 5 a 1. Os valores mais próximos a 5 refletiram melhores condições do estado atual de conservação ambiental, enquanto aqueles que foram pontuados com valor próximo, ou igual a 1 refletiram condições biofísicas a um estado de degradação dos recursos naturais. Nas tabelas 5 e 6 estão dispostos os resultados da avaliação de cada indicador, por sistema ambiental, com o cálculo das médias e desvio padrão.

Tabela 5 – Sistemas Ambientais do Município de Santa Quitéria e valores obtidos nos indicadores geobiofísicos de desertificação.

Sistemas Ambientais	Indicadores Geobiofísicos de Desertificação (IGBD)								
	Município de Santa Quitéria								
	IGBD1	IGBD2	IGBD3	IGBD4	IGBD5	IGBD6	IGBD7	IGBD8	ÍNDICE
Sertão de Santa Quitéria	1	5	2	3	3	3	3	1	2,63
Sertão do Alto Groaíras	2	4	3	4	3	4	3	1	3,00
Vertente Ocidental da Serra do Machado	2	2	3	4	4	4	4	1	3,00
Vertente Setentrional da Serra das Matas	1	2	3	4	4	4	4	1	2,88
Serras Secas	2	3	3	3	3	3	3	1	2,63
Cristas Residuais, Inselbergs e lajedos	2	3	2	4	2	3	3	1	2,50
Planícies Ribeirinhas e área de inundação de várzea	5	5	4	3	3	3	3	1	3,38
Média Indicador	2,14	3,43	2,86	3,57	3,14	3,43	3,29	1,00	
Desvio Padrão Indicador	1,35	1,27	0,69	0,53	0,69	0,53	0,49	0,00	

Fonte: Adaptado de Barreto (2015), Costa (2014), Oliveira, Semedo e Oliveira (2014).

Tabela 6 – Sistemas Ambientais do Município de Independência e valores obtidos nos indicadores geiofísicos de desertificação.

Sistemas Ambientais	Indicadores Geiofísicos de Desertificação (IGBD)								
	Município de Independência								
	IGBD1	IGBD2	IGBD3	IGBD4	IGBD5	IGBD6	IGBD7	IGBD8	INDICE
Sertão de Independência	2	4	3	3	3	4	3	2	3,00
Sertão do Iapi	2	4	1	2	2	3	3	2	2,38
Sertão de Tauá	2	4	2	3	2	3	3	2	2,63
Sertão de Novo Oriente	2	3	3	3	3	4	3	2	2,88
Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca	2	2	3	2	4	4	2	2	2,63
Vertente Setentrional da Serra da Joaquina	2	3	3	3	4	4	2	2	2,88
Serras Secas	1	3	3	3	3	3	3	2	2,63
Cristas Residuais, Inselbergs e lajedos	2	3	1	2	2	3	3	2	2,25
Planícies Ribeirinhas e área de inundação de várzea	5	5	4	3	3	3	3	2	3,50
Média Indicador	2,22	3,44	2,56	2,67	2,89	3,44	2,78	2,00	
Desvio Padrão Indicador	1,09	0,88	1,01	0,50	0,78	0,53	0,44	0,00	

Fonte: Adaptado de Sousa (2016), Barreto (2015), Costa (2014), Oliveira, Semedo e Oliveira (2014).

IGBD 1

O IGBD 1 Permoporosidade refletiu a constituição litológica do substrato de cada sistema ambiental. Os sistemas ambientais de Santa Quitéria e Independência foram avaliados com médias de 2,14 e 2,22, respectivamente.

A pontuação variou entre os valores 1 e 2 nos sistemas ambientais situados no domínio dos sertões e das serras secas. A classe que obteve a maior ocorrência foi a constituição por rochas metamórficas, em unidades dos sertões, de cristas e inselbergs e serras secas e dos maciços residuais da Serra da Pedra Branca, Serra do Machado, Serra das Matas e Serra da Joanhina.

De acordo Oliveira (2011), as taxas de intemperismo são mais rápidas em migmatitos, granitos e granitoides do que entre os gnaisses pela constituição mineralógica de granulação maior. Essas características se refletem pela menor permeabilidade à infiltração e armazenamento de água, adensamento da drenagem e ao controle estrutural de rios e riachos por fraturas e falhas.

Os sistemas ambientais das planícies obtiveram maior pontuação no indicador pela maior permeabilidade de areias, areias argilosas e silte, com potencial ao armazenamento de água em profundidade.

A composição litológica do exprime a importância do substrato como material originário para os solos e suas características morfológicas, tais como textura e composição química e mineralógicas, bem como a taxa de intemperismo a que estão submetidas em condições semiáridas.

IGBD2

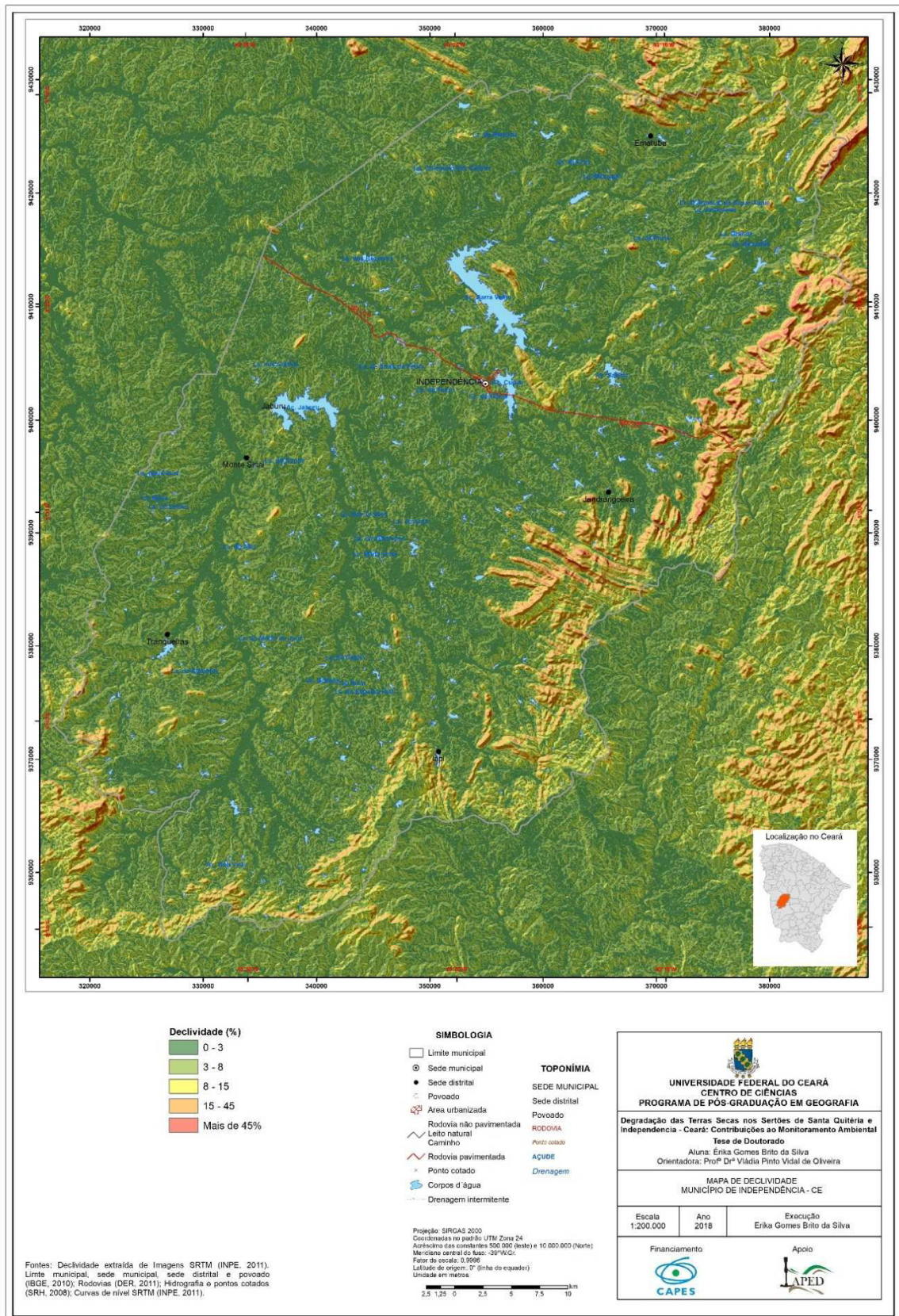
O IGDB 2 Topografia/ Declividade obteve valores mais homogêneos entre os Sistemas ambientais de Independência. A pontuação média foi de 3,43 entre os sistemas de Independência e de Santa Quitéria, o que significou a variação de terrenos parcialmente dissecados a pediplanados dos sistemas sertões, e superfícies dissecadas de cristas, serras e encostas dos maciços residuais.

Com base nos mapas de declividade (FIGURAS 49 e 50), os sistemas ambientais de Independência a declividade predominante é de terrenos suave a ondulados a ondulados e fortemente ondulados, com declividade variável de intervalos de 3 a 8% e, de 8 a 15%.

As maiores declividades são encontradas nos maciços, serras e cristas residuais, onde a declividade é de 15 a 45%, sobre nas encostas. Os relevos de topografia plana e declividade de 0 a 3% corresponderam às planícies fluviais.

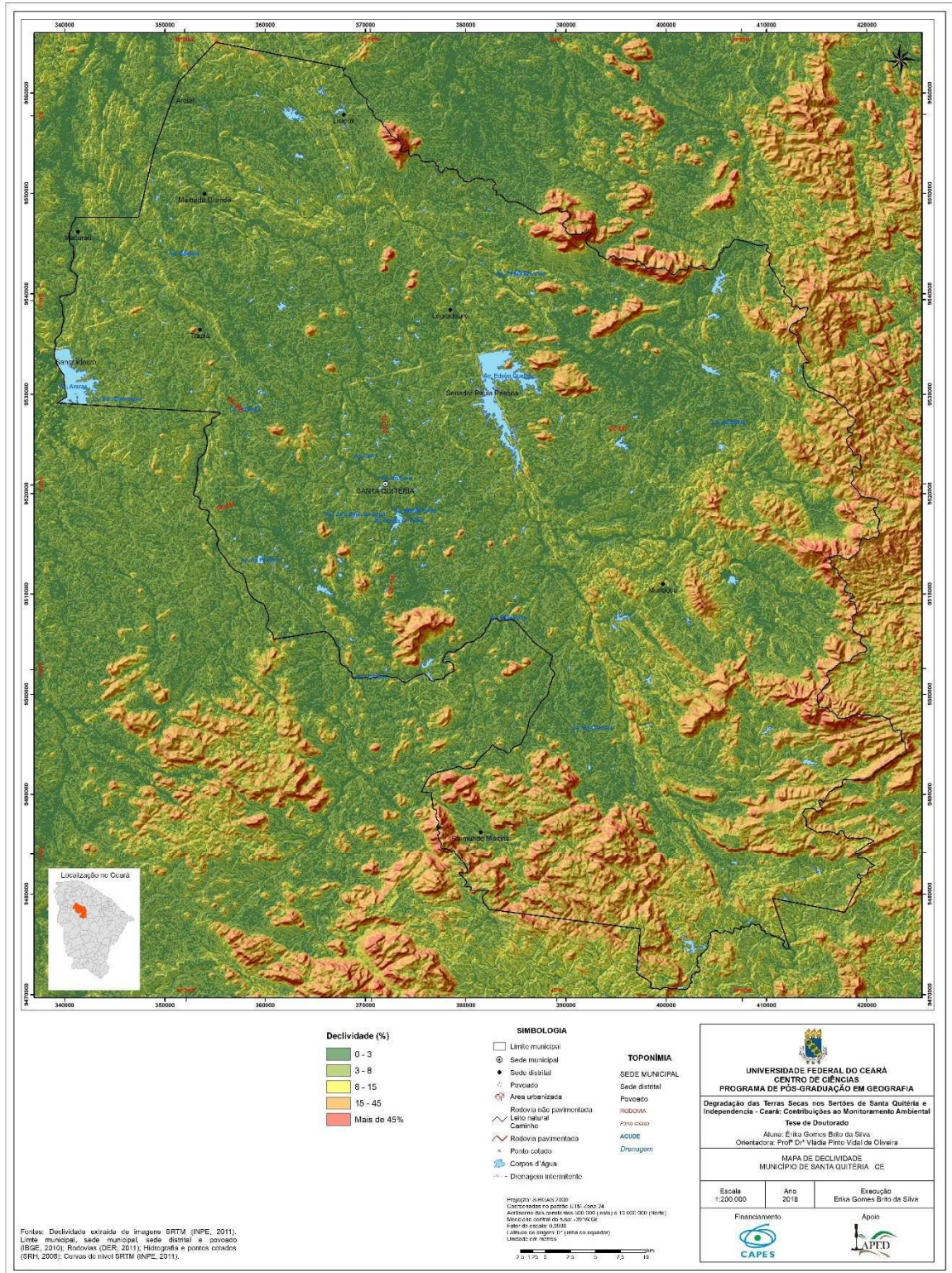
A topografia e a declividade expressaram o potencial da morfodinâmica sobre os sistemas ambientais dos sertões pela competência ao nivelamento da superfície. Em análise comparativa, os sertões de Santa Quitéria se apresentaram numa superfície mais arrasada e jovem do que os sertões de Independência, mais elevados e de maior grau de dissecação.

Figura 49 - Mapa de declividade – Independência.



Fonte: Silva (2018).

Figura 50 - Mapa de Declividade – Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2018).

IGBD3

O indicador IGBD3 espessura foi avaliado com base nas características dos solos dominantes, embasadas pelo mapa de Levantamento Exploratório de Solos do Ceará (JACOMINE; ALMEIDA; MEDEIROS, 1973); obra de Lima; Oliveira e Aquino (2002), e comparada com as medições dos perfis nos trabalhos de campo.

Em Independência, os sistemas ambientais do domínio dos sertões apresentaram pontuações 3, 2 e 1. Preponderou a pontuação 3, de solos moderadamente rasos, com profundidade aproximada de 50 a 100cm, seguida da classe solos rasos, com espessura aproximada de 25 a 50cm, que recebeu a pontuação 2 na matriz de indicadores.

As classes de solos “moderadamente rasos” foram atribuídas às condições pedológicas dos Sertões de Independência, onde predominam as associações de Luvisolos e Planossolos; e ainda, no Sertão de Novo Oriente, com associação de Argissolos, Luvisolos e Planossolos. Os solos classificados como muito rasos, com afloramentos foram expressivos nos Sertões do Iapi, e nos sistemas de serras, vertentes dos grandes maciços e cristas residuais.

Os sertões do Iapi e Tauá apresentaram a pontuação mais baixa, referente à classe de solos muito rasos, com afloramentos. No padrão geral do sistema, os solos apresentam uma espessura aproximada de 25 a 30 cm. Essa espessura diminui em áreas destinadas à pecuária.

Em Santa Quitéria, os sistemas ambientais do Sertão de Groaíras, Vertentes da Serra do Machado, Serra das Matas, cristas e inselbergs pontuaram a espessura de solos moderadamente rasos. Nessas condições estão as associações de Argissolos com Neossolos Litólicos e Luvisolos, onde a profundidade média está entre o intervalo de 50 a 100cm no aspecto geral dos sistemas ambientais.

Nas figuras 51 e 52 é possível verificar a pequena espessura dos solos nos sistemas ambientais no domínio dos sertões em ambos os municípios. Refletem o manejo dado pelas atividades agropecuárias, pastoris e extrativistas. A degradação da cobertura vegetal de caatingas é fator de aceleração à suscetibilidade de erosão.

Figura 51 – Planossolo. Sistema Sertão do Iapi, Independência.



Fonte: Silva (2016).

Figura 52 – Planossolo. Sistema Sertão de Independência.



Fonte: Silva (2016).

Em ambos municípios, as melhores condições de profundidade dos solos foram atribuídas ao sistema ambiental das planícies fluviais, com cobertura de Planossolos e pequenas aluviões, não cartografados à escala de detalhe do levantamento de reconhecimento-exploratório de solos do Ceará.

Segundo Lima, Oliveira e Aquino (2002), a suscetibilidade à erosão está condicionada entre outras condições de paisagem, à topografia e declividade. Logo, entre os sistemas ambientais que apresentaram maior declive, têm as menores profundidades, e maior suscetibilidade à erosão.

IGBD4

O IGBD Erosão Hídrica relaciona-se diretamente como processo morfodinâmico sobre solos com suscetibilidade à erosão e profundidade dos perfis, não deixando de considerar as formas de uso e ocupação nos sistemas ambientais. O escoamento superficial foi analisado por método de observação da frequência e do registro fotográfico (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2004).

No município de Santa Quitéria, os sistemas: Sertão de Santa Quitéria, Serras secas e cristas residuais apresentaram evidências de sulcos de erosão, recebendo para este indicador a pontuação 4 (FIGURA 53). Nos demais sistemas ambientais o indicador recebeu valoração 3, correspondente à detecção de ravinas, ou seja, numa maior incisão do escoamento superficial em função das características morfológicas dos solos, declive e uso da terra.

Figura 53 – Erosão hídrica no Sertão de Groaíras – Santa Quitéria.



Fonte: Vieira, A. T. (2016).

Em Independência, os Sertões de Independência, Tauá, Novo Oriente, Vertente setentrional da Serra da Joanhina pontuaram a presença de ravinas (FIGURA 54). Já o Sertão do Iapi, Serras secas, Vertente da Serra da Pedra Branca e Cristas residuais foram analisados quanto à ocorrência de ravinas e sulcos de erosão em função de solos com textura mais arenosa, ou arenosa/média. Em função do baixo declive, as planícies foram associadas à classe de suscetibilidade baixa.

Figura 54 – Sulcos de erosão em Luvisolos no Sistema Sertão de Independência.



Fonte: Silva (2016).

IGBD 5 e 6

Os indicadores IGDB 5 e 6 foram analisados em conjunto, e correspondem ao estado atual de conservação/degradação da cobertura vegetal em relação as formas de uso e ocupação nos sistemas ambientais.

Com base no mapeamento elaborado da cobertura vegetal/uso nos municípios na etapa do diagnóstico ambiental, os sistemas ambientais de Santa Quitéria apresentaram índices de moderada sustentabilidade ambiental à desertificação.

Em Independência, as condições de sustentabilidade dos sistemas estão entre baixa a moderada sustentabilidade. Os sistemas que apresentaram maior área de cobertura por vegetação de caatinga foram: Vertentes da Serra do Machado e Serra das Matas, em Santa Quitéria; e Vertentes da Serra da Pedra Branca e Serra da Joanhina em Independência.

Esses sistemas já foram amplamente explorados pelo extrativismo e agropecuária. O padrão fisionômico arbustivo é predominante, com cobertura média-alta do padrão arbustivo, com arbustos de três a cinco metros, associado ao estrato herbáceo sazonal. Apresentam-se em estado de regeneração, com potencialidade à proteção ambiental.

Em Santa Quitéria, os sistemas ambientais do domínio dos sertões apresentaram as condições de sustentabilidade moderada, também se enquadraram a esta classe as cristas residuais e as planícies (FIGURA 55)

Figura 55 – Caatinga arbustiva degradada, Sertão de Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2016).

Nos sistemas de Independência as condições de cobertura vegetal são de moderada a baixa, com o predomínio de arbustivo degradado, com indivíduos de 1 a 3 metros no padrão geral. Podem se apresentar em estrato de 1 metro, associado a um pavimento desértico, com cactáceas, manchas de solo exposto, sobretudo nas áreas destinadas à pecuária (FIGURA 56).

Figura 56 – Caatinga arbustiva aberta. Sertão de Tauá, Independência.



Fonte: Silva (2016).

IGBD 7 E 8

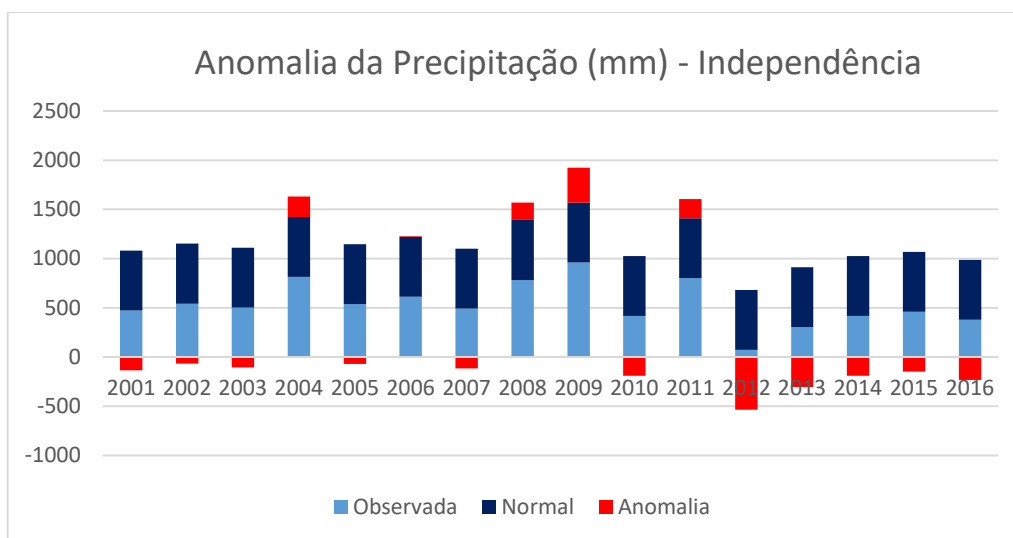
O IGDB 7 e 8 foram aplicados na avaliação da severidade do clima semiárido nos municípios de estudos e seus sistemas ambientais. O IGDB 7 variou com pontuação 4 e 3 nos sistemas de Santa Quitéria, representando condições climáticas semiáridas e sub-úmidas secas. Em Independência o indicador variou entre condições semiáridas a áridas, o que evidencia um maior pronunciamento da aridez.

Os sistemas ambientais situados no domínio dos sertões, cristas e inselbergs e planícies apresentaram precipitação típicas de semiárido quente, com totais de 400 a 700mm. As condições sub-úmidas secas foram atribuídas aos sistemas Vertente Ocidental da Serra do Machado e Vertente da Serra das Matas, no município de Santa Quitéria. As vertentes da Serra da Pedra Branca e Serra da Joanhina apresentaram os menores valores, atribuídos a uma aridez acentuada das precipitações.

Em análise comparativa, é possível verificar uma maior aridez das precipitações em Independência, do que em Santa Quitéria. Para o período de 1974 a 2012, Independência apresentou precipitação média de 592,7mm, evapotranspiração potencial 1915,7 e I.A de 30,9 equivalente a classe semiárido. No mesmo interstício, o I.A estimado para Santa Quitéria foi de 41,9 (FUNCEME, 2016).

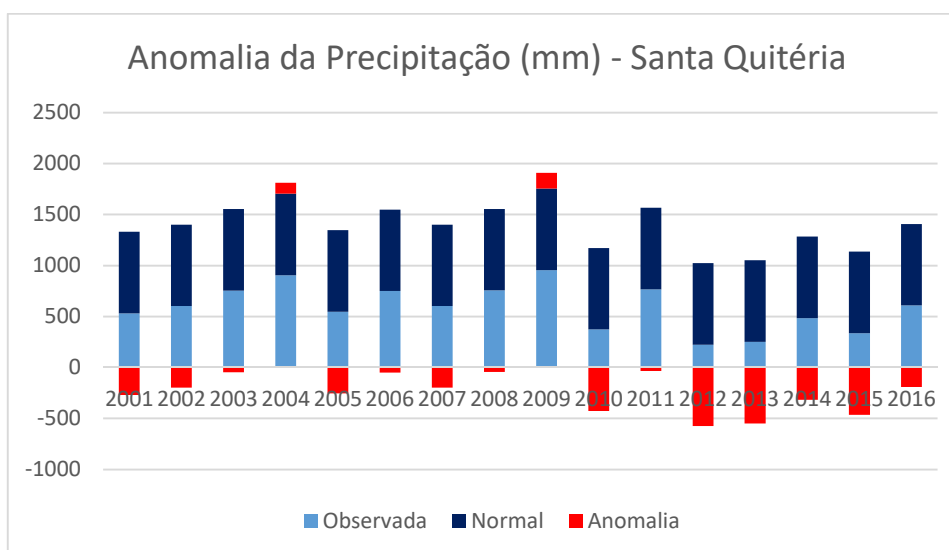
A anomalia interanual da precipitação respalda a aplicação do indicador IGDB 8 Incidência de secas, evidenciando a severidade da semiaridez climática nos municípios nos últimos 15 anos (2001-2016). Nos gráficos 21 e 22, os períodos de anomalia foram frequentes, destacando-se os anos de 2001 a 2003; 2005, 2007, 2010 e, atual de 2012 a 2016.

Gráfico 20 – Precipitação Pluviométrica e Anomalia (2001-2016) – Independência.



Fonte: Silva (2018).

Gráfico 21 – Precipitação Pluviométrica e Anomalia (2001-2016) – Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2018).

O IGBD8 apresentou índices de 2 e 1, que correspondem às classes de incidência alta e muito alta de seca. No decorrer da série histórica de 2003 a 2015, Santa Quitéria obteve 20 registros de seca, seguido de Independência, que teve 16 registros. No ano de 2015, cada município registrou pelo menos dois decretos de declaração emergência de seca. Em avaliação comparativa da série, isto equivale a pouco mais de 1 registro de seca/ano (ANA, 2017b).

Em análise dos indicadores geobiofísicos e respectivos índices, foi possível identificar os sistemas ambientais de maior, e menor suscetibilidade à desertificação. Os quadros 18, 19, 20 e 21 demonstram as classes de suscetibilidade e os resultados da aplicação dos índices, por sistema ambiental.

Quadro 18 – Índice Geobiofísico de Desertificação – Santa Quitéria.

Índice Geobiofísico de Desertificação	Intervalos
Muito Baixo	> 3,39
Baixo	3,01 - 3,39
Moderado	2,51 - 3,00
Alto	2,00 - 2,50
Muito Alto	<2,00

Fonte: Adaptado de Oliveira, Semedo, Oliveira (2014).

Quadro 16 – Índice Geobiofísico de Desertificação – Santa Quitéria.

Sistemas Ambientais	IGBD	SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO
Sertão de Santa Quitéria	2,63	Moderada
Sertão do Alto Groaíras	3,00	Moderada
Vertente Ocidental da Serra do Machado	3,00	Moderada
Vertente Setentrional da Serra das Matas	2,88	Moderada
Serras Secas	2,63	Moderada
Cristas Residuais, Inselbergs e lajedos	2,50	Alta
Planícies Ribeirinhas e área de inundação de várzea	3,38	Baixa

Fonte: Adaptado de Oliveira (2012); Sousa (2016).

Quadro 20 – Índice Geobiofísico de Desertificação – Independência.

Índice Geobiofísico de Desertificação	Intervalos
Muito Baixo	> 3,50
Baixo	3,01 - 3,50
Moderado	2,64 - 3,00
Alto	2,39 - 2,63
Muito Alto	<2,39

Fonte: Adaptado de Oliveira, Semedo, Oliveira (2014).

Quadro 21 - Índice Geobiofísico de Desertificação – Independência.

Sistemas Ambientais	IGBD	SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO
Sertão de Independência	3,00	Moderada
Sertão do Iapi	2,38	Muito Alta
Sertão de Tauá	2,63	Alta
Sertão de Novo Oriente	2,88	Moderada
Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca	2,63	Alta
Vertente Setentrional da Serra da Joantina	2,88	Moderada
Serras Secas	2,63	Alta
Cristas Residuais, Inselbergs e lajedos	2,25	Muito Alta
Planícies Fluviais e área de inundação de várzea	3,50	Baixa

Fonte: Adaptado de Oliveira (2012); Sousa (2016).

Para Santa Quitéria, a avaliação resultou na identificação de um sistema de suscetibilidade alta à desertificação: cristas, inselbergs e lajedos. Os indicadores que mais contribuíram ao índice foram os IGBDs 1, 3, 5 e 8.

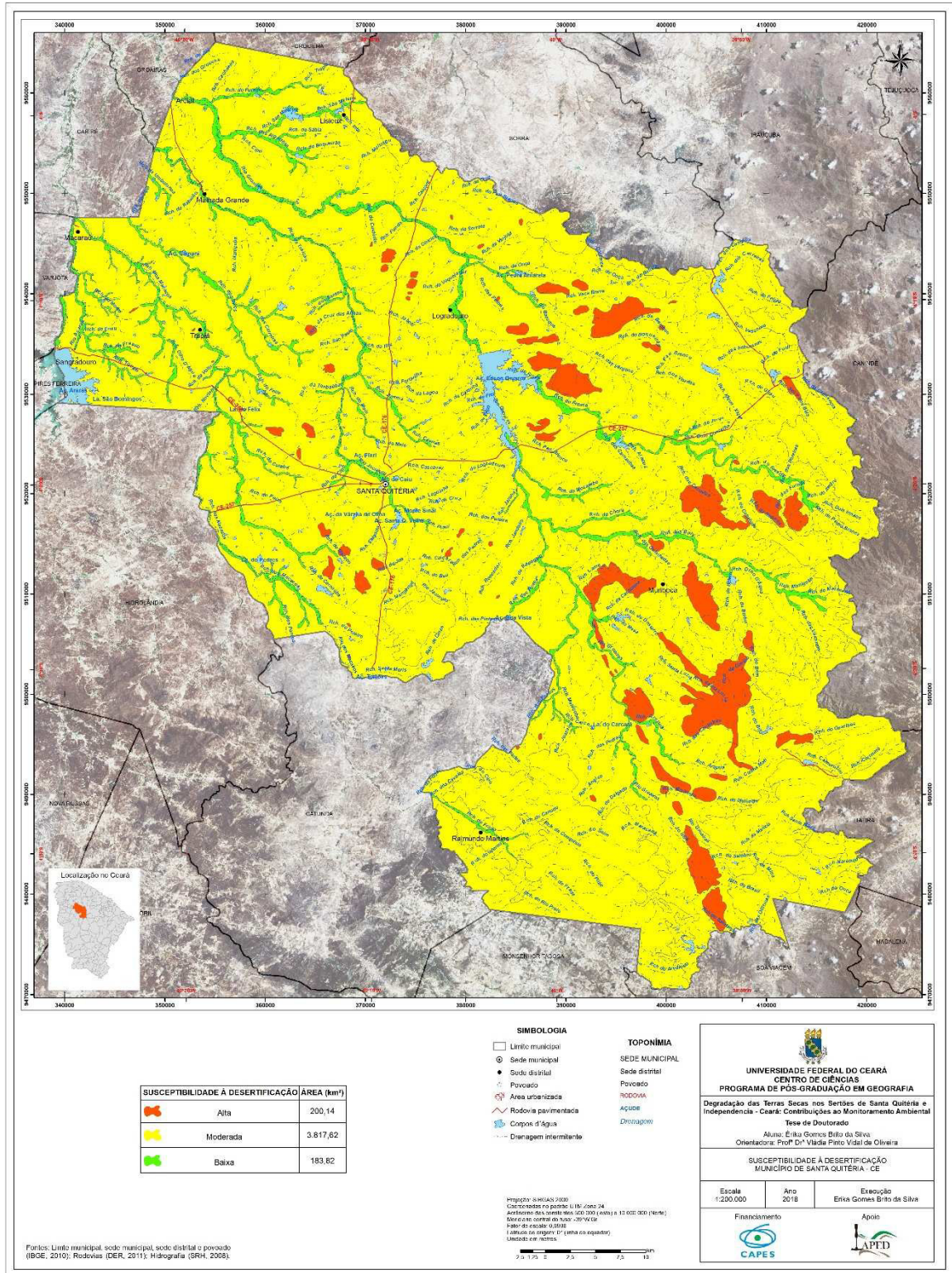
Esses indicadores estão referenciados às limitações naturais de uso dos recursos tais como a baixa permeabilidade das rochas, maior declividade, solos rasos com afloramentos e erosão e vulnerabilidade de secas. Os demais sistemas apresentaram índice de suscetibilidade moderada, enquanto as planícies foram classificadas com suscetibilidade baixa.

De um modo, os sistemas ambientais de Independência obtiveram classes de suscetibilidade moderada, alta, muito alta e baixa. As planícies fluviais foram classificadas com baixa suscetibilidade em função dos melhores valores dos aspectos geológico-geomorfológicos e pedológicos.

Os sistemas de alta suscetibilidade foram: Sertão do Iapi e Cristas, inselbergs e lajedos, dadas as condições de degradação identificadas, em quase todos os indicadores. Os sistemas Sertão de Tauá, Vertente da Serra da Pedra Branca e cristas apresentaram classe de suscetibilidade alta, em função dos indicadores IGBD 1, 2, 5 e 6.

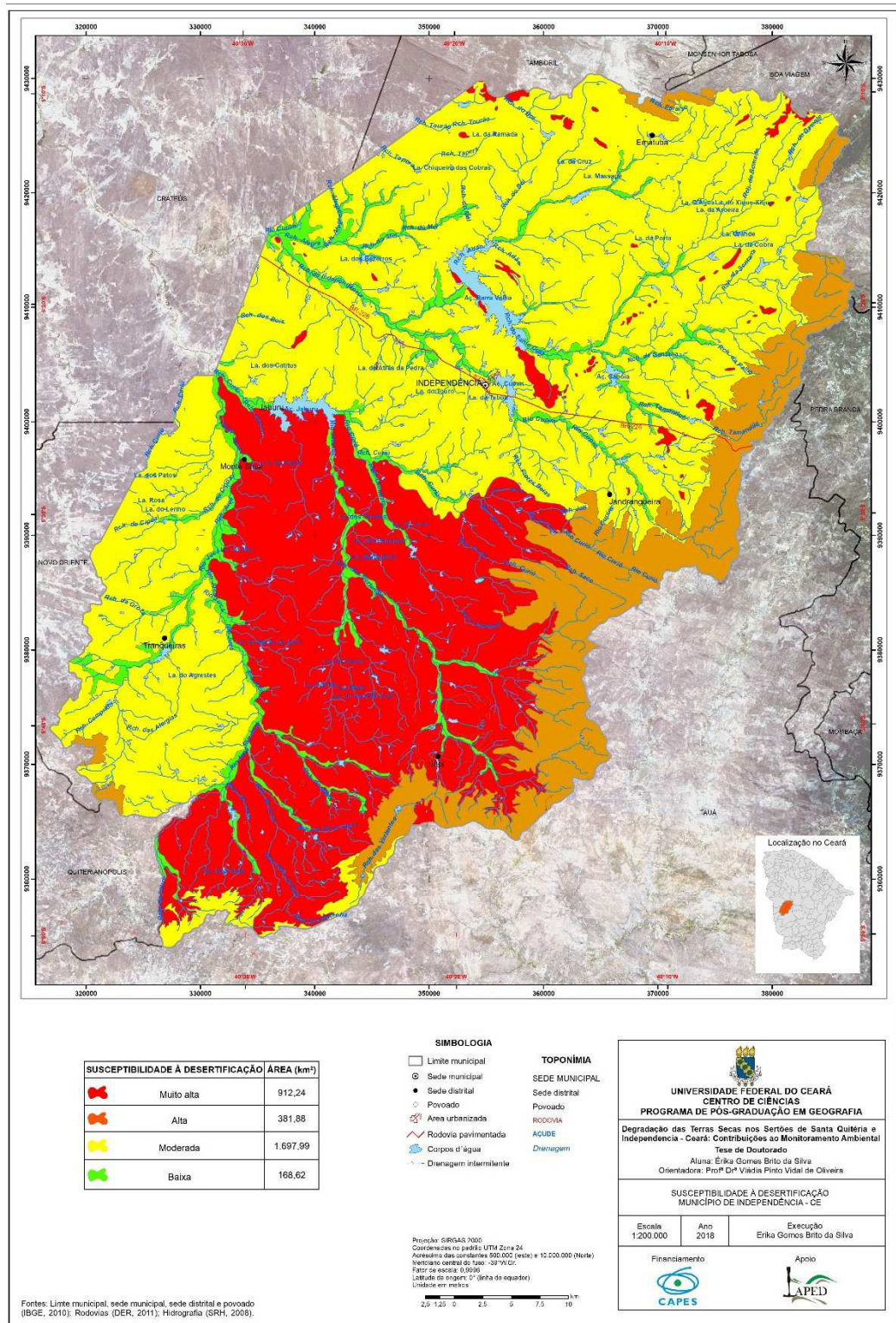
Já os sistemas Sertão de Independência, Sertão de Novo Oriente, e Vertente Setentrional da Joanhina apresentaram moderada suscetibilidade à desertificação. A distribuição espacial das classes de desertificação nos sistemas, segundo o município se expressam nos Mapas de Suscetibilidade à Desertificação (MAPAS 7 e 8).

Mapa 7 - Mapa de Suscetibilidade à Desertificação – Santa Quitéria.



Fonte: Silva (2018).

Mapa 8 - Mapa de Suscetibilidade à Desertificação – Independência.



Fonte: Silva (2018).

4.2 Indicadores Socioeconômicos de Desertificação

Nas tabelas 7 e 8 estão apresentados os resultados obtidos com a análise dos indicadores socioeconômicos padronizados para os sistemas ambientais em relação ao município, dada a ausência de informações de maior detalhe e compatibilidade à escala dos sistemas ambientais.

Tabela 7 - Indicadores Socioeconômicos de Desertificação – Independência.

Sistemas Ambientais	Indicadores Socioeconômicos de Desertificação (ISED)				
	Município de Independência				
	ISED1	ISED2	ISED3	ISED4	ISED5
Sertão de Independência	3	1	1	2	3
Sertão do Iapi	3	1	1	2	3
Sertão de Tauá	3	1	1	2	3
Sertão de Novo Oriente	3	1	1	2	3
Vertente Ocidental da Serra da Pedra Branca	3	1	1	2	3
Vertente Setentrional da Serra da Joanhina	3	1	1	2	3
Serras Secas	3	1	1	2	3
Cristas Residuais, Inselbergs e lajedos	3	1	1	2	3
Planícies Ribeirinhas e área de inundação de várzea	3	1	1	2	3

Fonte: Adaptado de Sousa (2016).

Tabela 8 - Indicadores Socioeconômicos de Desertificação – Santa Quitéria.

Sistemas Ambientais	Indicadores Socioeconômicos de Desertificação (ISED)				
	ISED1	ISED2	ISED3	ISED4	ISED5
Sertão de Santa Quitéria	2	1	1	2	1
Sertão do Alto Groaíras	2	1	1	2	1
Vertente Ocidental da Serra do Machado	2	1	1	2	1
Vertente Setentrional da Serra das Matas	2	1	1	2	1
Serras Secas	2	1	1	2	1
Cristas Residuais, Inselbergs e lajedos	2	1	1	2	1
Planícies Ribeirinhas e área de inundação de várzea	2	1	1	2	1

Fonte: Adaptado de Sousa (2016).

ISED 1 Captação de águas

O indicador foi analisado quanto à cobertura da população atendida por programas públicos de acesso à água de qualidade para o consumo humano. Dentre os programas selecionados estão: Projeto Água Doce e Programa São José.

O indicador foi pontuado na classe de valor igual a 4, referente ao acesso moderado à água no município de Independência. Com base nos dados dos dois projetos, estimou-se um total de 2019 famílias beneficiadas, o que representaria a 71,6% da população na zona rural do município.

Em Santa Quitéria, o indicador foi valorado com pontuação 2, associada à classe de cobertura baixa no acesso à água, com uma porcentagem de 26,1% da população atendida, o que equivale a 1069 famílias beneficiadas. Os resultados expressam que o acesso à água pela população difusa é baixo a moderado, onde é necessária a ampliação do número de obras hidráulicas, que visem a subsistência das comunidades no semiárido.

ISED2 Estrutura Fundiária

A estrutura fundiária foi organizada em 5 (cinco) classes: Não classificada, Grande Propriedade, Média Propriedade, Pequena Propriedade e Minifúndio. A partir da análise espacial da malha de imóveis rurais do INCRA/IDACE foi possível classificar quatro classes, em função do tamanho das propriedades: grande, média, pequena propriedade e minifúndio.

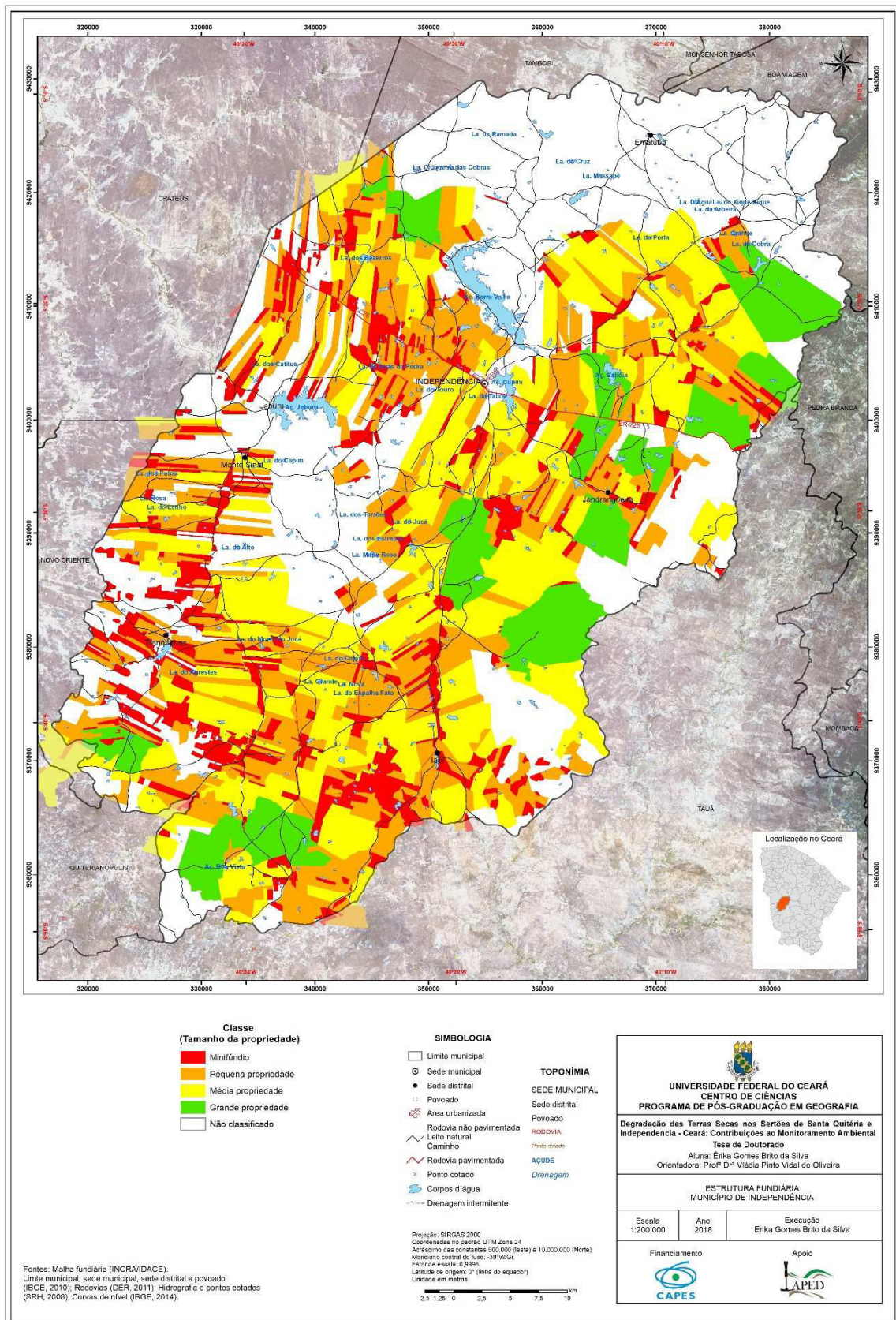
A classe “não classificada” foi enquadrada à exceção do critério de módulo fiscal. Associou-se a esta classe as propriedades que não tiveram definição na sobreposição da malha fundiária municipal.

O indicador apresentou média 2, correspondente à quantidade de propriedades. Isto representa que, a malha fundiária dos municípios é constituída pela maior quantidade de minifúndios e pequenas propriedades. Independência obteve o maior número de minifúndios, representando 56,8% das propriedades rurais, enquanto Santa Quitéria tem 46,4% de área ocupada por minifúndios (FIGURAS 57 e 58).

Em relação ao tamanho das propriedades em área (hectare), as grandes e médias propriedades responderam pela maior área/hectare. Em Independência, a área ocupada pela média propriedade foi 37% do município, confrontando-se com 18,8% da grande propriedade. Em Santa Quitéria, a área ocupada por grandes propriedades é superior à média propriedade, representando 42 % da malha fundiária municipal.

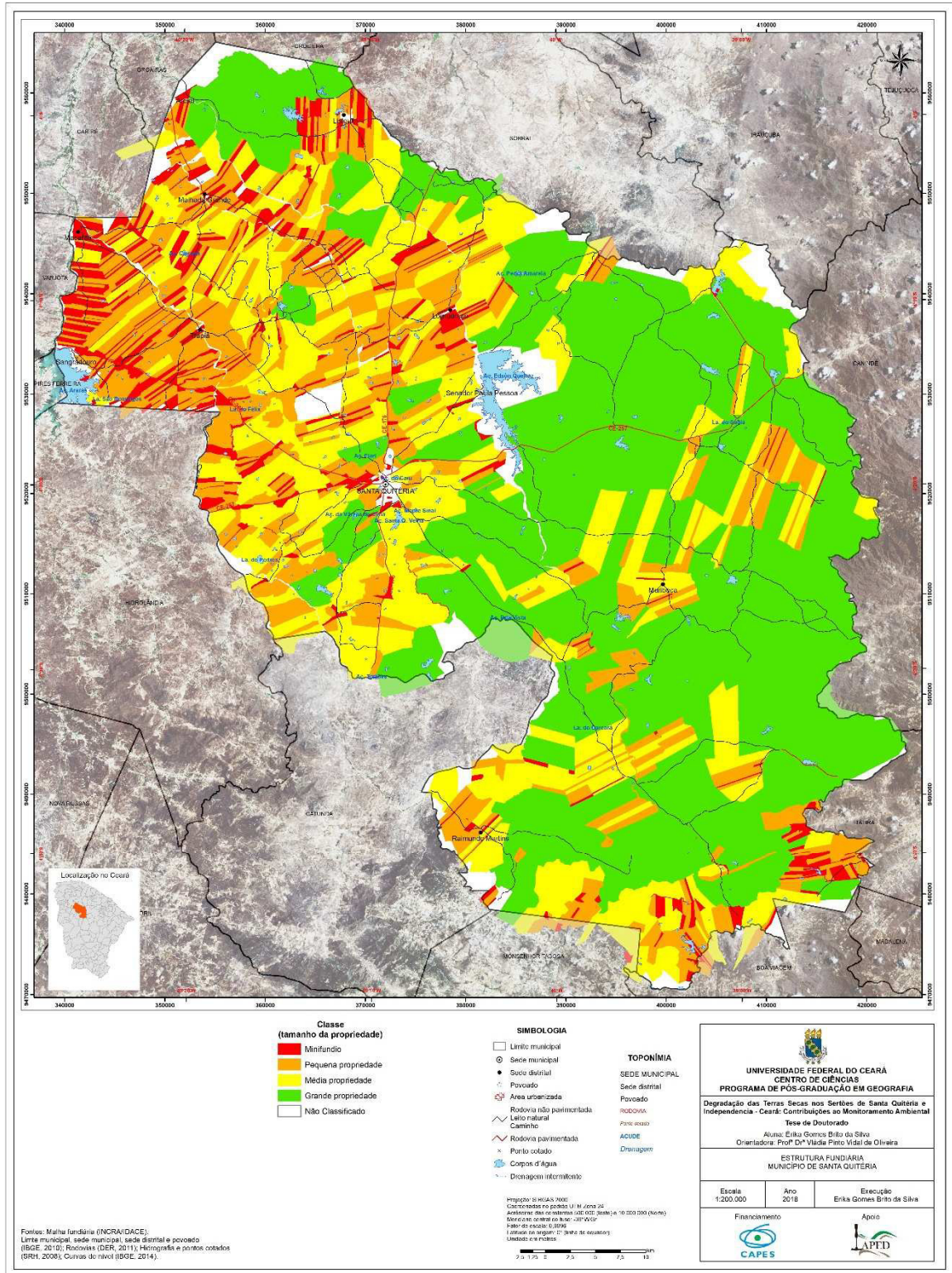
Esses resultados expressam uma estrutura fundiária dos municípios de estudo ainda seguem os moldes tradicionais em propriedades com tamanho inferior a um módulo fiscal, com o passar dos anos. Revelam-se aí também que, muito mais do que quantidade de propriedades, o uso dessas terras não é adequado.

Figura 57 – Estrutura Fundiária – Independência.



Fonte: Adaptado de INCRA/IDACE.

Figura 58 – Estrutura Fundiária – Santa Quitéria.



Fonte: Adaptado de INCRA/IDACE.

ISED 3 Agricultura Temporária

Nos municípios em estudo, a agricultura temporária foi classificada em situação de declínio. Os municípios apresentaram variação na quantidade produzida ao longo da série histórica, analisada em dois intervalos temporais: 1996 a 2006; e posteriormente, de 2006 a 2016. Avaliou-se as culturas de feijão, milho, mandioca, mamona e cana-de-açúcar.

No geral (1996-2016), houve queda em quase toda produção de culturas temporárias. No primeiro período, Santa Quitéria registrou ascensão na produção em todas as culturas temporárias: feijão (72,2%), milho (63,3%), mandioca (60,0%), cana-de-açúcar (86,9%). A exceção foi a produção em queda da mamona.

No segundo período, a produção sofreu queda substancial nas culturas de feijão (-78,4%), milho (-500%), mandioca (-1000%), e cana-de-açúcar (-1000%). Novamente, a exceção foi a produção de mamona, com alta superior a 97%.

Na série completa (1996 a 2016), Independência teve queda superior a 200% em sua produção de todas as culturas temporárias: milho, feijão e mandioca. A produção registrada no intervalo de 1996-2006 apresentou alta, com variação de 5 a 100%: feijão (5%), milho (72,3%) e mandioca (97,5%). No segundo período de análise, de 2006 a 2016 houve queda superiores de 300 a mais de 1000% em todas as produções.

Os resultados avaliados evidenciam uma queda na produtividade da terra com o passar dos anos, com contribuição dos anos de seca identificados nos últimos 15 anos.

ISED 4 Pecuária

Para ambos os municípios o ISED Pecuária foi pontuado com ascensão baixa da atividade. Com base no IVDP (RODRIGUES *et al.*, 2013), Santa Quitéria e Independência apresentaram os maiores rebanhos (bovinos, caprinos e ovinos), ocupando a segunda e a terceira posição entre os municípios do Estado do Ceará. Contudo, não obtiveram os maiores IVDP, estando em posição de municípios com baixa vulnerabilidade à desertificação por pecuária.

No período de 2006 a 2016, verificou-se que no município de Independência a taxa de crescimento dos rebanhos foram de: +10,71% rebanho bovino; +0,859% rebanho caprino; -1,731%. Santa Quitéria teve taxa de crescimento de +2,05% rebanho bovino; -14,2606% rebanho caprino; -14,65178% rebanho caprino.

Em análise comparativa das taxas de crescimento entre os municípios, pode-se concluir que rebanho bovino cresceu no período, sobretudo no município de Independência. O rebanho de caprino obteve uma tímida alta em Independência, enquanto registrou-se uma queda de mais de 14% no município de Santa Quitéria. O rebanho de ovinos teve queda na taxa de

crescimento em ambos municípios.

Os investimentos na pecuária foram responsáveis por manter a atividade ainda em crescimento no período, enquanto os períodos de seca, sobretudo, o marco de 2012 a 2016 contribuíram para a queda no tamanho dos rebanhos de caprinos e ovinos. No âmbito geral, no período de 1996 a 2016, os municípios apresentam tendência de crescimento da atividade pecuária entre 9 a 12%, aproximadamente.

Calculou-se para o ano de 2016 a carga animal da caatinga de 10,6 ha/bovino/ano no município de Santa Quitéria, e de 8,3ha/bovino/ha para Independência. Segundo Araújo Filho (2013), a capacidade de suporte da caatinga é de 10-12ha/animal/ano. A carga animal da caatinga hoje é de 4,6ha/bovino/ano. Com estes resultados pode-se concluir que a pecuária de bovinos é realizada em condições de sobrepastejo, em condições atuais de capacidade de suporte da caatinga.

ISED 5 Extrativismo Vegetal

O indicador foi analisado quanto à oferta de carvão e lenha nos municípios. Os municípios apresentaram variação na quantidade produzida ao longo da série histórica, analisada em dois intervalos temporais: 1996 a 2006; e posteriormente, de 2006 a 2016.

Para o município de Santa Quitéria, a produção de carvão e lenha foi pontuada em situação moderada. No decorrer da série completa, no interstício de 1996 a 2016, a produção de lenha cresceu timidamente em 14,2%, enquanto a quantidade de carvão produzida manteve-se mais estável, sem muita variação.

Em análise comparativa, ao longo de toda a série de avaliação do indicador, o município de Independência seguiu em queda na produção de carvão e lenha.

5 CONCLUSÕES

A degradação das terras secas nos municípios de Santa Quitéria e Independência foi avaliada de modo satisfatório a partir da aplicação de indicadores geobiofísicos e socioeconômicos de desertificação.

A avaliação da desertificação foi realizada à luz da análise sistêmica ao eleger como unidade de análise os sistemas ambientais para fins de um diagnóstico geoambiental das áreas de estudo. Para tanto, o levantamento dos dados e informações analíticas, geoestatísticas e geocartográficas foram tratados em Sistema de Informação Geográfica.

Desta feita, foram delimitados e caracterizados um total de 16 sistemas ambientais: nove sistemas no município de Independência e 7 sistemas estabelecidos para o município de Santa Quitéria. A definição destes sistemas foi etapa fundamental para a definição das potencialidades, limitações ao uso da terra, além da identificação dos principais problemas ambientais encontrados em cada um deles.

A adoção dos sistemas ambientais como unidade de análise permitiu uma visão integradora dos componentes ambientais (abióticos, bióticos) e antrópicos, onde as relações se expressam pela dinâmica ambiental atual e consequentes problemas ambientais.

Seguindo hierarquia da paisagem, com base no critério geomorfológico adotado por expressar a combinação mútua e indissociável dos elementos abióticos (potencial ecológico), bióticos (exploração biológica) e aspectos antrópicos (uso da terra) e suas relações de interação e interdependência revelam a dinâmica atual dos ambientes frente às suas potencialidades, limitações e os problemas ambientais.

A degradação da terra foi mensurada por meio de indicadores de desertificação (biofísicos e socioeconômicos) aplicados aos sistemas ambientais. A partir dos índices biofísicos e socioeconômicos selecionados estabeleceu-se graus de suscetibilidade variada à desertificação para cada um dos 16 sistemas ambientais identificados nos municípios estudados.

Os sistemas ambientais de Independência apresentaram quatro níveis de suscetibilidade à desertificação: Sertão do Iapi e Cristas, Inselbergs e Lajedos foram classificados com nível muito alto; os sistemas de Serras, Vertente da Serra da Pedra Branca e Sertão de Tauá tiveram nível alto de suscetibilidade; Vertente Setentrional da Serra da Joanhina, Sertão de Novo Oriente e Sertão de Independência apresentaram suscetibilidade moderada. O sistema de Planícies Fluviais foi o único sistema de suscetibilidade baixa.

Santa Quitéria apresentou três níveis de suscetibilidade: baixa, moderada e alta. Os Sistemas com suscetibilidade alta foram: o sistema de Planícies Fluviais foi o único sistema de

suscetibilidade baixa; Cristas, Inselbergs e Lajedos tiveram suscetibilidade alta, enquanto os demais sistemas apresentaram suscetibilidade moderada. Não houve classificação muito alta ou muito baixa.

A degradação da terra pode ser mensurada por meio de indicadores de desertificação (biofísicos e socioeconômicos) aplicados aos sistemas ambientais. A seleção dos indicadores atendeu aos objetivos de avaliação da suscetibilidade à desertificação, estabelecendo um grau de intensidade a partir dos Índices Geobiofísicos (IGBD) e índice socioeconômico (ISED).

Os indicadores geobiofísicos demonstraram que os municípios apresentaram níveis distintos de suscetibilidade. Santa Quitéria obteve o maior número de sistemas com suscetibilidade moderada à desertificação.

Para este quadro, os indicadores que mais contribuíram foram os IGBDs 2, 4, e 6, com média entre os valores 3, 57 e 3,43, referente à topografia, erosão e estrato da vegetação. Independência mostrou suscetibilidade moderada, alta e muito alta. Os indicadores que contribuíram para o maior índice 2 e 6 (topografia e estrato da vegetação), com a mesma média de 3,44.

Os indicadores socioeconômicos evidenciaram o manejo e a sustentabilidade das principais atividades de uso da terra, considerando-se como responsáveis pelo comprometimento dos recursos naturais e o desencadeamento de processos de desertificação pelas práticas de manejo nos ambientes semiáridos.

Os municípios estudados apresentaram suscetibilidade média a alta à desertificação quanto ao ISED. Em ponderação dos indicadores, a estrutura fundiária apresentou maior peso na composição do índice em função dos maiores valores apresentados pela matriz.

O monitoramento ambiental pode avançar por meio de aportes tecnológicos metodológicos (técnicas de SR e geoprocessamento, e trabalhos de campo na quantificação de parâmetros dos indicadores de desertificação, onde a informação é qualificadora.

A sistematização das informações em SIG favoreceu avanços na representação espacial dos indicadores de desertificação, sintetizados nos Mapas de Desertificação dos municípios de Santa Quitéria e Independência.

Ao monitoramento ambiental em escala local, os avanços podem ser obtidos pela agregação das informações dos componentes ambientais e socioeconômicas a partir do estabelecimento de pontos de controle georreferenciados nos sistemas ambientais, associando-as aos referenciais teóricos de medição dos parâmetros.

A metodologia aplicada no âmbito desta pesquisa vem sendo testada e aprimorada nos espaços semiáridos do Ceará, e mesmo internacionais, a exemplo de Cabo Verde, na África.

No entanto, para cada lugar em que a mesma é aplicada há enfrentamento de desafios a serem alcançados na avaliação e, conseqüentemente ao monitoramento ambiental.

Ainda que os indicadores usados estejam no rol internacional de temas para avaliação, a quantificação dos parâmetros defronta-se com alguns desafios a serem superados, tais como questões de escala; acesso e disponibilidade de dados secundários; falta de dados primários para uma avaliação mais profunda; compatibilidade a uma avaliação não só sistêmica, como também integrativa espacialmente entre os aspectos geobiofísicos e socioeconômicos passíveis de serem cartografados.

As principais dificuldades aqui enfrentadas deveram-se à compatibilidade das informações socioeconômicas às unidades de análise da paisagem. Os dados secundários ligados ao uso da terra somente eram compatíveis à escala municipal, limitando uma análise mais detalhada dos sistemas ambientais. Os dados primários coletados nos trabalhos de campo aumentariam precisão das informações cartografáveis e, mesmo já disponibilizadas por órgãos públicos competentes, ampliando a precisão da avaliação qualitativa com a quantificação dos parâmetros usados nos indicadores de desertificação.

Para o monitoramento ambiental em escala local requer-se a superação dessa problemática, ou seja, a falta de dados primários. É possível avançar com a incorporação das informações não oficiais às fichas de avaliação da paisagem utilizadas nos trabalhos de campo, possíveis de serem coletadas em amostra nas comunidades inseridas nos sistemas ambientais.

É necessário o continuado aprimoramento metodológico para alcance de uma padronização de indicadores biofísicos e socioeconômicos em quantidade mínima possível que possibilite o monitoramento ambiental em escala local ao longo dos anos no sentido de acompanhar a evolução dos processos de desertificação já estabelecidos, ou em andamento.

Em síntese, pode-se concluir que a pesquisa atingiu aos objetivos propostos. A avaliação da degradação da terra a partir da metodologia de indicadores de desertificação alcançou com êxito aos objetivos propostos. Apresentou uma análise quali-quantitativa da desertificação satisfatória à escala municipal. Os principais parâmetros associados à degradação da terra revelaram uma pauperização dos recursos de solos e vegetação em detrimento ao manejo inadequado das formas de uso da terra: agricultura de subsistência, pecuária e extrativismo vegetal.

REFERÊNCIAS

- AB`SÁBER, A. N. Problemática da desertificação e da savanização no Brasil Intertropical. São Paulo: **IGEOG /Universidade de São Paulo**, Geomorfologia. n.53, 1977.
- ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. (ed.). **Indicadores de la América del Sur**. Mendoza, Argentina: IICA-BID ATN JF 7905 – RG, 2006.
- ABRAHAM, E.; SALOMÓN, M. Indicadores y puntos de referencia de la desertificación utilizados en Argentina por diversos usuarios. *In*: ABRAHAM, E. M.; BEEKMAN, G. B. (ed.). **Indicadores de la América del Sur**. Mendoza, Argentina: IICA-BID ATN JF 7905 – RG, 2006.
- ABRAHAM, E. M.; MONTAÑA, E.; TORRES, L. Procedimiento y marco metodológico para la obtención de indicadores de desertificación em forma participativa. *In*: ABRAHAM, E.M.; BEEKMAN, G.B. (ed.). **Indicadores de la América del Sur**. Mendoza, Argentina: IICA-BID ATN JF 7905 – RG, 2006.
- ABRAHAM, E. M.; CORSO, M. L.; MACCAGNO, P. Tierras secas y desertificación em Argentina. *In*: LADA (org.). **Evaluación de la Desertificación en Argentina: Resultados del Proyecto LADA/FAO**. Buenos Aires: Gráfica Latina, 2011.
- ABRAHAM, E.; RUBIO, C.; SALOMÓN, M.; SORIA, D. Desertificación: problema ambiental complejo de las tierras secas. *In*: TORRES, L.; ABRAHAM, E.; PASTOR, G. (coord.). **Ventanas sobre el território: Herramientas teóricas para comprender las tierras secas**. Mendoza. Argentina. EDIUNC: Universidad Nacional de Cuyo. Colección Territorios, 2014.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ANA. **Monitor de Secas do Nordeste do Brasil**. 2017a. Disponível em: <http://monitordesecas.ana.gov.br>. Acesso em: 29 jun. 2017.
- _____. **Sistema de Informações Hidrológicas HIDROWEB: séries históricas**. 2017b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: 02 nov. 2017.
- ARAÚJO FILHO, J. A. **Manejo pastoril sustentável da Caatinga**. Recife: projeto Dom Helder Câmara. 2013. 200p.
- ARAUJO, G. H. de S.; ALMEIDA, J. R. de; GUERRA, A. J. T. *In*: **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- BARRETO, L. L. **Suscetibilidade ao processo de desertificação no núcleo dos Sertões dos Inhamuns: o caso da sub-bacia do riacho do Urubu – Mucuíim – Arneiroz – CE**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: UFC, 2015.
- BERNARDES, N. As Caatingas. São Paulo: **Estudos Avançados**, v.13, n.35, 1999.
- BERTALANFFLY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Trad. de Francisco Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETTO, F. **Conservação do Solo**. 5ª. Ed. São Paulo: Ícone. Coleção Brasil agrícola, 2005.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. São Paulo: Caderno de Ciências da Terra, nº 13, 1972.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Brasília: MMA, 2007. 134p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de ação e combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca – PAN-Brasil**. Brasília: Edições MMA, 2004.

BRASIL. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm. Acesso em: 25 jul. 2016.

BRITO, É. G. **Sistemas Ambientais Semi-áridos e as evidências de degradação/desertificação no município de Canindé-Ce**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2005.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Modelagem de dados em geoprocessamento. *In*: ASSAD, E.D.; SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura**. 2a.ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA/CPAC, 1998.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. Introdução. *In*: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (org.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos - SP. INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. p. 1-5. 2001.

CAMPELLO NETTO, M. S. C.; COSTA, M. R.; CABRAL, J. J. da S. P. Manejo integrado de água no semiárido brasileiro. *In*: CIRILO, J. A. *et al.* (org.). **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007.

CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. da C. R. As águas subterrâneas do Ceará: ocorrências e potencialidades. *In*: MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; BRITO, M. L. da. (org.). **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011.

CAVALCANTE, J. C. *et al.* Mapa Geológico do Estado do Ceará. *In*: **Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará**. Fortaleza: CPRM, 2003. Escala:1.500.000. CD.ROM. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/2355>. Acesso em: 16 jan. 2017.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAE-CE**. Fortaleza: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria dos Recursos Hídricos, 2010.

CEARÁ. Governo do Estado do Ceará. **Mapeamento temático das áreas de intervenção direta do Projeto Mata Branca no estado do Ceará**. Fortaleza: FUNCEME/CONPAM, Projeto de Conservação e Gestão Sustentável do Bioma Caatinga nos Estados da Bahia e do Ceará – Mata Branca, 2013.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. CGEE. **A drylands call for action: The Declaration of Fortaleza**. Brasília: Center for Strategic Studies and Management - CGEE, 2011. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/publicacoes/drylands.php>. Acesso em: 21 ago. 2015.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. CGEE. **Desertificação, degradação de terra e secas no Brasil**. Brasília: CGEE, 2016. Disponível em: <https://www.cgee.org.br/estudoscgee>. Acesso em: 19 jun. 2016.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. CEPED. **Anuário brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Volume Ceará. 2ª. ed. rev./ampl. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/ CEPED, 2013.

CIRILO, J. A. *et al.* Caracterização do Semi-Árido Brasileiro. *In*: CIRILO, J. A.; CABRAL, J. J. da S. *et al.* (org.). **O uso sustentável dos recursos hídricos em regiões semi-áridas**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2007.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. Diagnóstico do Município de Independência**. Francisco Edson Mendonça Gomes; Fernando A. C. Feitosa (org.). Fortaleza: CPRM/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial/ Residência de Fortaleza, 1998a.

_____. **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará. Diagnóstico do Município de Santa Quitéria**. Francisco Edson Mendonça Gomes; Fernando A. C. Feitosa (org.). Fortaleza: CPRM/Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial/ Residência de Fortaleza, 1998b.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. PEIXINHO, F.; CASTILHO, A. **Sistema de Informações de Águas Subterrâneas SIAGAS: Poços**. Disponível em: <http://siagasweb.cprm.gov.br>. Acesso em: 05 jun. 2017.

COGERH. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Bacias Hidrográficas Ceará**. Fortaleza: COGERH/SRH, 2016. Disponível em: <http://www.cogerh.ce.gov.br>. Acesso em: 29 jul. 2016.

CONTI, J. B. **Desertificação nos trópicos: proposta de metodologia de estudo aplicada ao Nordeste Brasileiro**. Tese de Livre Docência. São Paulo: USP, FFLCH - Departamento de Geografia, 1995.

COSTA, L. R. F. da. **Estruturação geoambiental e susceptibilidade à desertificação na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Santa Rosa – Ceará**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: UFC, 2014.

DESERTLINKS. Disponível em: <http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks>. Acesso em: 06 nov. 2015.

DREGNE, H. Envergadura y difusión del proceso de desertificación. *In: Colonización de los territorios áridos y lucha contra la desertificación: enfoque integral*. Moscú: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Comisión de la URSS de los asuntos de PNUMA. p.11 – 17, Cap.I, 1987.

DREW, D. **Processos interativos homem-meio ambiente**. Tradução de João Alves dos Santos. Revisão de Suely Bastos. Coord. Editorial. Antônio Christofolletti. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 224p.

EVALUACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DEL MILENIO. EM. **Ecosistemas y bienestar humano: Síntesis sobre Desertificación**. Washington, DC: World Resources Institute, 2005. Disponível em: <<https://www.greenfacts.org/es/ecosistemas/index.htm>>. Acesso em: 28 ago. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos do Município de Santa Quitéria, CE**. *In: Solos do Nordeste*. Recife: Embrapa Solos/UEPa, 2006. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

_____. **Mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos do Município de Independência, CE**. Recife: Embrapa Solos/UEPb, 2006. Disponível em: <<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.html>>. Acesso em: 02 dez. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO. **Population and Land Degradation**. 1995.

_____. **Land evaluation: towards a revised framework**. Rome: FAO, Land and Water discussion paper 6, 2007.

_____. **Water and Cereals in drylands**. Rome: FAO, 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/012/i0372e/i0372e.pdf>

FERNANDES, A. **Fitogeografia Brasileira**. Fortaleza: Multigraf, 1998. 340p.

FERREIRA, D. G. *et al.* **A Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e perspectiva**. Teresina: UFPI – Núcleo DESERT, 1994.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. da. S. 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**, vol. 1, no. 1, p.15-28, 2005.

FITZ, P.R. **Cartografia Básica: Nova edição**. São Paulo: Oficina de texto, 2008a.

_____. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de texto, 2008b.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. FUNCEME. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora: FUNCEME/Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. DNOCS, 2015a.

_____. **Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação do núcleo II – Inhamuns**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora: FUNCEME/Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. DNOCS, 2015b.

_____. **Índice de aridez para o Ceará**. 2017. Online. Disponível em: <<https://www.fun-ceme.br>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

_____. **Mapa Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará 2007**. Escala aproximada de 1: 600.000. Fortaleza: FUNCEME, 2009.

GLOBAL ENVIRONMENT FACILITY. GEF. **The Land Degradation Focal Area Portfolio Monitoring and Assessment Tool (PMAT): guidelines**. March, 2011. Disponível em: <<http://www.thegef.org>>. Acesso em: 25 mai. 2014.

GOMES, R. C. **Análise geoambiental da degradação do sistema e subsistemas da microbacia hidrográfica do riacho Carrapateiras - Tauá/CE**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2015.

GONÇALVES JÚNIOR, J. T. **Implicações geoambientais decorrentes da exploração de urânio no município de Santa Quitéria, Ceará**. Dissertação de Mestrado. Fortaleza: Universidade Estadual do Ceará, 2012.

HARE, F. K. *et al.* Desertificação: uma visão global. In: HARE, F. K. et al. (org.) **Desertificação: causas e consequências**. Lisboa: Fundação Caloute Gulbenkina, 1992. p. 12-108.

HASUI, Y.; CARNEIRO, C. D. R.; ALMEIDA, F. F. M. de; BARTORELLI, A. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. 900p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. 317p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGEa. **Brasil em Síntese. Ceará. Independência**. Rio de Janeiro: IBGE, 2014a. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

_____. **Brasil em Síntese. Ceará. Santa Quitéria**. Rio de Janeiro: IBGEb, 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 jun. 2015.

_____. **Produção Agrícola Municipal, Ceará: Independência e Santa Quitéria**. Rio de Janeiro: IBGEc, 1996-2016. Anual.

_____. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, Ceará: Independência e Santa Quitéria**. Rio de Janeiro: IBGEd, 1996-2016. Anual.

_____. **Pesquisa Pecuária Municipal, Ceará: Independência e Santa Quitéria**. Rio de Janeiro: IBGEe, 1996-2016. Anual.

ICNF. OBSERVATÓRIO NACIONAL DE DESERTIFICAÇÃO. **LUCINDA - Land Care in Desertification Affected Areas**. Disponível em: <<http://www.icnf.pt/portal/natu-raclas/ei/unccd-PT/ond/lucinda/Lucinda>>. Acesso em: 09 out. 2015.

INSTITUTO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO DO CEARÁ. IDACE. **Plataforma Territorial: Sertão de Crateús. Informações Fundiárias e Agrárias do Município: Independência**. Fortaleza: IDACE/INCRA, 2017a. Disponível em: <<http://www.idace.ce.gov.br>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

_____. **Plataforma Territorial: Sertão de Crateús. Informações Fundiárias e Agrárias do Município: Santa Quitéria**. Fortaleza: IDACE/INCRA, 2017b. Disponível em: <<http://www.idace.ce.gov.br>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR. IDEF. **Projetos: ovinocaprinocultura**. Disponível em: <<https://www.idef.org.br/projetos>>. Acesso em: 25 set. 2017.

INSTITUTO DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. INCRA. **Classificação dos imóveis rurais**. Online. 2013. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tamanho-propriedades-rurais>>. Acesso em: 25 mai. 2017.

_____. Estatísticas SNCR Santa Quitéria e Independência. In: INCRA. **Relatório estrutura fundiária do Estado do Ceará 2015, segundo municípios e classes de área em hectares**. Fortaleza: INCRA/SNCR, 2016.

_____. Módulo Fiscal. In: INCRA. **Sistema Nacional de Cadastro Rural: índices básicos de 2013**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br>>. Acesso em: 12 dez. 2017.

_____. **Relatório tipos de projetos criados e o número de famílias assentadas nos Projetos de Reforma Agrária 2013**. Fortaleza: INCRA/MDA, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. INSA. Mapa Área susceptível à Desertificação no Semiárido Brasileiro. In: INSA. **Sistema de gestão da informação e do conhecimento do semiárido brasileiro - SIGSAB**. Campina Grande: INSA, 2013. Disponível em: <<http://sigsab.insa.gov.br>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

_____. Mapa Municípios do Semiárido Brasileiro. In: INSA. **Sistema de gestão da informação e do conhecimento do semiárido brasileiro - SIGSAB**. Campina Grande: INSA, 2014. Disponível em: <<http://sigsab.insa.gov.br>>. Acesso em: 24 nov. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. INPE. **Sistema de Alerta Precoce contra Seca e Desertificação (SAP)**. São José dos Campos: INPE, 2016. Disponível em: <<http://sap.ccst.inpe.br/>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

_____. **TOPODATA: banco de dados geomorfométricos do Brasil**. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 26 mai. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. IPECE. Governo do Ceará. **Anuário Estatístico do Ceará 2015**. Fortaleza: IPECE, 2016. Disponível em:

<<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: 02 jul. 2017.

_____. **Anuário Estatístico do Ceará 2016**. Fortaleza: IPECE, 2017a. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso: 02 jul. 2017.

_____. **Perfil Básico das Regiões de Planejamento: Sertões de Crateús 2016**. Fortaleza, 2017b. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso: 02 jul. 2017.

_____. **Perfil Básico Municipal 2016: Independência**. Fortaleza: IPECE, 2017c. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso: 02 jul. 2017.

_____. **Perfil Básico Municipal 2016: Santa Quitéria**. Fortaleza: IPECE, 2017d. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso: 02 jul. 2017.

JACOMINE, P. K. T.; ALMEIDA, J. A.; MEDEIROS, L. A. R. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: Convênio MA/DNPEA-SUDENE/DRN; Convênio MA/CONTAP/USAID/ETA. Boletim Técnico n.28, Série Pedologia n.16, volumes I e II, 1973.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V.; Clima da Região Nordeste do Brasil. *In*: CAVALCANTI, I. F. de.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. da.; DIAS, M. A. F. da. S.; **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

KOSMAS, C., KIRKBY, M. J.; GEESON, N. **Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification**. European Commission publication EUR 18882, 1999. 87 p. Disponível em: <<http://www.kcl.ac.uk/projects/desertlinks>>. Acesso em: 06 nov. 2015.

LAND DEGRADATION ASSESSMENTS IN DRYLANDS PROJECT. LADA (org.). **Evaluación de la desertificación en Argentina: resultados del Proyecto LADA/FAO**. Buenos Aires: Gráfica Latina, 2011a.

_____. **Degradación de la tierra en zonas secas e identificación de prácticas de manejo sustentable recomendadas en la argentina**. Buenos Aires: FAO, 2011b. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/lada/>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

_____. **Land Degradation Assessments in Drylands: metodologia e resultados**. Roma: LADA/FAO, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/lada/>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; CRUZ, R. K. da.; MIRANDA, L.F.S.; HIRSCH, A.; GUIMARÃES, D. P. **Geoespacialização de indicadores cadastrais rurais no Brasil**. Sete Lagoas-MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2013. 261 p.

LEITE, F.R.B., SOARES, A.M.L., MARTINS, M.L.R. **Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará: 2ª aproximação**. Anais. *In*: VII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba: SBSR, 1993. p. 156-161.

LEITE, F.R. B., *et al.* **Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na microrregião do Médio Jaguaribe e parte das microrregiões do Baixo Jaguaribe e Serra do Pereiro – CE**. Fortaleza: FUNCEME, Governo do estado do Ceará, 2005.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos solos**. São Paulo: Oficinas de Textos, 2002.

LIMA, A. A. C.; OLIVEIRA, F. N. S.; AQUINO, A. R. L. de. **Limitações ao uso dos solos do Estado do Ceará por suscetibilidade à erosão**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2002. 19p.

LINIGER, H.; LYNDEN, G. V; NACHTERGAELE, G. S. **Un cuestionario para el: mapeo de la Degradación de la tierra y del manejo sustentable de la tierra (QM)**. Versión 1.0. Roma: CDE/WOCAT; FAO/LADA, ISRIC, 2008. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/lada/>>. Acesso: 05 nov. 2015.

_____. **Degradation assessment in drylands: um cuestionario para el: mapeo de la Degradación de la tierra y del manejo sustentable de la tierra (QM)**. Versión 2.0. Roma: FAO – Food and Agriculture Organization das Nações Unidas para a agricultura e alimentação, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/lada/>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

LOPEZ BERMÚDEZ, F. Las Sequías ¿un riesgo de desertificación para las tierras mediterráneas en el siglo XXI? Madrid: **El Boletín**, 26, 32-454 pp., 1995.

LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F.S.; MORATO, R.G. Aplicações do sensoriamento remoto na geografia. In: VENTURI, L.A.B. (org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de textos, 2005.

MAGALHAES, M. F.; VIEIRA, A. T.; SILVA, M. V. C. da.; SILVA, É. G. B. da. Mapeamento da cobertura vegetal como indicativo de áreas degradadas do município de Santa Quitéria – Ceará. In: OLIVEIRA, V. P. V; ZANELLA, M. E.; BIANCHI, C. (org.). XIX ENCONTRO DA REDE DE ESTUDOS AMBIENTAIS EM PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA – REALP 2017. **Anais...**, Fortaleza, 2017.

MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO. 2001. 126 p. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001298/129871POR.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2015.

MATALLO JUNIOR, H. (org.). **Glossário de termos e conceitos utilizados no contexto da UNCCD**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2009.

MEDEIROS, S. de S. *et al.* **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. MI. **Nova delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Brasília: Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional/Ministério da Integração Nacional, 2005.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. MI. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. **Anuário Brasileiro de Desastres Naturais 2013**. Brasília: MI, 2014.

MILLER, G. T. **Ciência Ambiental**. 11ª. ed. Tradução All Tasks. Revisão Técnica Wellington Braz Carvalho Delitti. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MOREIRA, I. V. D. **Vocabulário básico de meio ambiente**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Serviço de Comunicação Social -PETROBRAS/ Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente - FEEMA, 1992. 246 p.

NACHTERGAELE, Freddy O. *et al.* **Global Land Degradation Information System - GLADIS**. Versión 1.0. LADA Technical report n. 17, setemppter, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/nr/lada/>>. Acesso: 05 nov. 2015.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação ambiental e desertificação no nordeste brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará**. Tese de Doutorado. Niterói: Universidade Federal Fluminense - UFF, 2006.

_____. Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais: cenários e desafios. *In*: MEDEIROS, C. N.; GOMES, D. D. M.; ALBUQUERQUE, E. L.S.; BRITO, M. L. da. (org.). **Os recursos hídricos do Ceará: integração, gestão e potencialidades**. Fortaleza: IPECE, 2011.

_____. **O fenômeno da desertificação**. Goiânia: Editora UFG, 2013.

NASCIMENTO, F. R.; SAMPAIO, J. L. F. Geografia Física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista Casa da Geografia de Sobral**, Sobral, v.6/7, n.1, p.167-179, 2005.

NIMER, E. **Desertificação: realidade ou mito**. Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Geografia/ Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, ano 50, n. 1, p. 7-39, jan./mar., 1988. ISSN 0034- 723 X.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 2ª. Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

_____. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4ª. Ed. revista. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, V. P. V de. **Zoneamento Geo-ambiental do Sertão de Quixeramobim - Ce**. Mossoró: Coleção Mossoroense, Série C, volume DXX, 1990.

_____. A Problemática da degradação dos recursos naturais no domínio dos Sertões Secos do Estado do Ceará-Brasil. *In*: SILVA, J.B. da. *et al.* (Org.). **Litoral e Sertão, Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p.187 – 199.

_____. Indicadores biofísicos de desertificação, Cabo Verde/África. Fortaleza: **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 22, p. 147-168, mai. / ago. 2011. ISSN 1984-2201

_____. Sistemas ambientais de Santiago - Cabo Verde (África): indicadores biofísicos de desertificação. *In*: OLIVEIRA, V.P.V.; GOMES, I.G.; BAPTISTA, I; RABELO, L.S. (org.). **Cabo Verde: análise socioambiental e perspectivas para o desenvolvimento sustentável em áreas semiáridas**. Fortaleza: Edições UFC, 2012.

OLIVEIRA, V. P. V; PRINTZ, A. **Analysis of geoambiental structures and degraded areas**

in the municipality of Tauá. In: III International Waves Workshop, Anais...Freising-Weihenstephan, 2000.

OLIVEIRA, V. P. V. *et al.* Sustainable use of natural resources in the municipality of Tauá-Ce. In: Global change and regional impacts, Berlin: Springer, 2003.

OLIVEIRA, V. P. V.; SEMEDO, J. M.; OLIVEIRA, H. P. V. de. Análisis comparativo de los indicadores de desertificación de la isla de Santiago-Cabo Verde (África) y em la región de los Inhamuns (Ceará-Brasil). Lima, Perú: **Zonas Áridas** 15(2): 226-243. ISSN 1013-445X (versión impresa), ISSN 1814-8921 (versión electrónica), 2014.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e conservação da Caatinga**. 2ª. edição. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2005.

PEREIRA, R. C. M.; SILVA, E. V. da. Solos e Vegetação do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. PNUMA. **Evaluación de los ecosistemas del milenio (EM): informe de concenso científico sobre desertificación**. 2000, 2005. Disponível em: <http://www.greenfacts.org> . Acesso em: 26 jun. 2017.

PRINTZ, A. *et al.* Integration of the WAVES research results on the regional level by MOSDEL. In: III International Waves Workshop, **Anais**...Freising-Weihenstephan, 2000.

RÊGO, A. H. do. **Os sertões e os desertos: o combate à desertificação e a política externa brasileira**. Brasília: FUNAG, 2012. 204p.

RODRIGUES, V. *et al.* Avaliação do quadro de desertificação no Nordeste do Brasil: diagnóstico e perspectivas. In: GOMES, G.M.; SOUZA, H.R.; MAGALHÃES, A.R. (org.). **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 1995.

RODRIGUES, C. R. *et al.* Pecuária e desertificação nos municípios do estado do Ceará. **Anais**. VIII SOBER Nordeste, Parnaíba-PI, Brasil, novembro de 2013.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: n.16, p.81-90, 2005.

ROSÁRIO, L. do. (coord.). **Indicadores de desertificação para Portugal Continental**. Lisboa: DGRF/Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas, 2004a. 59p.

ROSÁRIO, L. do. Sobre indicadores de desertificação para Portugal Continental. In: LOREIRO, V. (coord.). **Desertificação: sinais, dinâmicas e sociedade**. Lisboa: instituto PI-AGET. Coleção Estudos e Documentos, 2004b. p.129-148.

SÁ, I. B.; RICHÉ, G. R.; FOTIUS, G. A. **As paisagens e o processo de degradação do semi-árido nordestino**. EMBRAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/154238/1/OPB1733.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2015.

SALES, M. C. L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste brasileiro. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 14, pp. 9-19, 2003.

SALES, M.C.L.; OLIVEIRA, J.G.B. de. Análise da Degradação Ambiental no Núcleo de Desertificação de Irauçuba. *In: SILVA, J.B. da. et al. Litoral e Sertão, Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro*. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006. p.201 – 209.

SALES, M.C.L.; OLIVEIRA, J.G.B. de. **Monitoramento da desertificação em Irauçuba**. Fortaleza: Imprensa Universitária UFC, 2015.

SCHENKEL, C. S.; MATALLO JÚNIOR, H (org.). **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 1999, 2003.

SILVA, F. B. R., *et al.* **Zoneamento Agroecológico do Nordeste: diagnóstico do quadro natural e agrossocioeconômico**. 2. v. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, Convênio EMBRAPA-CPATSA/ ORSTOM-CIRAD, Documentos, 80, 1994.

SILVA, R.M.A. **Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento**. Tese de doutorado. Brasília: UNB, 2006.

SILVA, É. G. B. da; OLIVEIRA, V. P. V. Análise das Precipitações Pluviométricas como Indicativo de áreas susceptíveis à desertificação nos sertões de Santa Quitéria e Independência, Ceará. **Comunicação Oral**. XIX Encontro da Rede de Estudos Ambientais em Países de Língua Portuguesa – REALP, Fortaleza, 12 a 15 de setembro de 2017.

SILVA, A. M. da; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. de. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003, 2004.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. SiBC.; SANTOS, H. G. dos. *et al.* (org). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª. Edição revista e ampliada. Brasília – DF: EMBRAPA, 2013.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS. SRH. Governo do Ceará. **Comitês de Bacias Hidrográficas 2016**. Disponível em: <<http://www.srh.ce.gov.br/>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

SOARES, A. M. L. *et al.* Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará – Brasil. Fortaleza: FUNCEME/UFC/UFPI, 1991. *In: ICID. Impactos de Variações Climáticas e Desenvolvimento Sustentável em Regiões Semi-áridas. Estudo Especial...* Fortaleza, 27 de fevereiro de 1992, 24p.

SOARES, A. M. L. *et al.* Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará. *In: GOMES, G.M.; SOUZA, H.R.; MAGALHÃES, A.R. (Org.). Desenvolvimento Sustentável no Nordeste*. Brasília: IPEA, 1995.

SOARES, Z. M. L. *et al.* Zoneamento geoambiental em uma área suscetível à desertificação no Estado do Ceará: o município de Independência. *In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Anais...* Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

SOUSA, M. L. M. de. **Susceptibilidade à degradação/desertificação na Sub bacia Hidrográfica do riacho Feiticeiro (Ceará/Brasil) e na microbacia da Ribeira Grande (Santiago/Cabo Verde)**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2016.

SOUZA, M.J.N. Bases naturais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. Parte I. *In*: LIMA, L.C.; MORAIS, J.O. de.; SOUZA, M.J.N. de. (org.). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. FUNECE, Fortaleza: 2000.

_____. Compartimentação Geoambiental do Ceará. *In*: SILVA, J. B; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E.W. C. (org.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

_____. Contexto geoambiental do Semiárido do Ceará: problemas e perspectivas. *In*: FALCÃO SOBRINHO, J.; FALCÃO, C. L. da C. (org.). **Semiárido: diversidades, fragilidades e potencialidades**. Sobral: Sobral Gráfica, 2006. Cap. 2, p. 14-33.

SOUZA, M.J.N. de (rel.). **Panorama da desertificação no estado do Ceará**. Fortaleza: GPCD-CE, 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 25 jan. 2016.

SOUZA, M.J.N.; OLIVEIRA, V.P.V. Semiárido do Nordeste do Brasil e o fenômeno da seca. *In*: HUBP, J. L.; INBAR, M. (comp.). **Desastres Naturales en América Latina**. México: Fondo de Cultura Econômica, 2002. Primera edición.

_____. Análise ambiental uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. Fortaleza: **REDE. Revista Eletrônica do PRODEMA**, v.7, n.2, p.42-59, nov. 2011. ISSN 1982-5528.

_____. Dinâmica das paisagens e degradação ambiental no semiárido do Ceará. *In*: CORREIA, L. J. de A.; OLIVEIRA, V. P. V.; MAIA, J. A. **Evolução das paisagens e ordenamento territorial de ambientes interioranos e litorâneos**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015. p.216-228.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas: métodos em questão**. São Paulo: IGEOG/USP, 1977.

SUERTEGARAY, D. M. A. Desertificação: Recuperação e Desenvolvimento Sustentável. *In*: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, Cap.5, 1995.

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

TRIGUEIRO, E.R. da C.; OLIVEIRA, V.P.V.de.; BEZERRA, C.L.F. Indicadores biofísicos e a dinâmica da degradação/desertificação no bioma caatinga: estudo de caso no município de Tauá, Ceará. Fortaleza: **REDE. Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. I, p. 1-25, 2009.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. UNCCD. **Elaboración de una Convención Internacional de Lucha Contra La Desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación en particular en África**. Texto final

de la Convección Doc. A/AC.241/27. UNCCD, 1994. Disponível em:
<http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/conventionText/conv-spa.pdf>

_____. **Desertification: a visual synthesis**. 2012.

_____. Climate change and desertification: anticipating, assessing & adapting to future change in drylands. *In: 3rd. UNCCD Scientific Conference*, Cancún, México: 9 -12 March 2015. Disponível em:
<http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/3sc.unccd.impulse-report.pdf>.

VASCONCELOS, A. M.; GOMES, I. P. Mapa Geocrológico. *In: Atlas Digital de Geologia e Recursos Minerais do Ceará*. Fortaleza: CPRM. Escala:1.500.000. CD-ROOM. Disponível em <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/2355>. Acesso em: 16 jan. 2017.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para identificação de processos de desertificação: manual de indicadores**. Recife: SUDENE/SEMA, 1978.

VERDUM, R. *et al.* Desertificação: questionando as bases conceituais, escalas de análise e consequências. **GEOgraphia** – Revista de Pós-graduação do Departamento de Geografia da Universidade Federal Fluminense, Niterói: UFF/EGG, vol. 3, n. 6, p. 83-91, 2001. Disponível em: <http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/viewArticle/68>

VIEIRA, A. T.; MAGALHÃES, M. F., SILVA, M. V. C. da. Uso da terra como facilitador da degradação ambiental no município de Santa Quitéria, Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.04, 2017, p.1329-1345.

WOCAT. OVERVIEW ON CONSERVATION APPROACHES AND TECNOLOGIES (org.) **About Wocat**. Disponível em: www.wocat.net/en/about-wocat.html
 Acesso em 20 abr. 2014.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. *In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (org.). Ceará: um novo olhar geográfico*. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia Geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas-SP: Editora Alínea, 2013.

SVOBODA, M. y FUCHS, B.A. **Manual de indicadores e índices de sequía**. Ginebra: ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL (OMM) y Asociacion Mundial para el Agua, Programa de gestion integrada de sequias, Serie 2 de herramientas y directrices para la gestion integrada de sequias, 2016.