



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

LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA

FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS E SÍTIOS URBANOS
NO VALE DO RIO BANABUIÚ - CE

FORTALEZA
2017

LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA

FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS E SÍTIOS URBANOS
NO VALE DO RIO BANABUIÚ - CE

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Geografia. Área de Concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial do Nordeste Semiárido.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira.

Coorientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos

FORTALEZA

2017

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)

C873f Costa, Luis Ricardo Fernandes da.
Fragilidade ambiental nos sistemas ambientais e sítios urbanos no vale do Rio Banabuiú -
CE / Luis Ricardo Fernandes da Costa. – 2017.
231 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de
Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2017.

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

Coorientação: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos.

1. Análise integrada. 2. Fragilidade ambiental. 3. Sítio urbano. 4. Sub-bacia hidrográfica
do Rio Banabuiú. I. Título.

CDD 910

LUIS RICARDO FERNANDES DA COSTA

FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS E SÍTIOS URBANOS
NO VALE DO RIO BANABUIÚ – CE

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutor em Geografia. Área de Concentração: Dinâmica Ambiental e Territorial do Nordeste Semiárido.

Aprovada em: 19/09/2017

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Maria Elisa Zanella
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Edson Vicente da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

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

Prof^a. Dr^a. Sónia Maria Duarte Melo Silva Victória
Universidade de Cabo Verde (Uni-CV)

A minha família, pelo amor e carinho incondicionais.

À geografia, pela oportunidade da vivência e prática da pesquisa séria e compromissada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e irmãos, pelo apoio, em especial da minha querida mãe, que sempre esteve presente em todas as decisões no meio acadêmico e pessoal. Seu apoio e incentivo são o combustível em momentos de desânimo.

A minha querida esposa Kaline da Silva Moreira, companheira de todas as horas. Muito obrigado pela grande paciência durante a fase de elaboração do trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira, pela orientação deste trabalho. Obrigado pelos excelentes conselhos e reflexões acerca da Geografia durante esses anos. Sua contribuição para a compreensão da importância dos estudos integrados foi fundamental na minha formação.

Ao Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos, que, na função de Coorientador deste trabalho foi fundamental para a compreensão e amadurecimento metodológico da pesquisa.

Ao Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza, por sugestões decisivas nos excelentes trabalhos de campo e no exame de qualificação. Sua contribuição sempre será relevante, além de seu trabalho sério, inspirador para todos.

À Prof^a. Dr^a Maria Eliza Zanella, pelas excelentes contribuições no exame de qualificação.

Ao Prof. Dr^a Edson Vicente da Silva (Cacau), que gentilmente aceitou participar da banca de avaliação deste trabalho.

Aos professores da Universidade de Cabo Verde, especialmente aos queridos orientadores Prof. Dr. José Manuel da Veiga Pereira e Prof^a. Dr^a. Sónia Maria Duarte Melo Silva Victória, que no período do Doutorado sanduíche foram fundamentais para o amadurecimento do trabalho. As contribuições teóricas e metodológicas foram imprescindíveis nessa etapa. Muito obrigado pelo acolhimento e oportunidade de conhecer locais de beleza cênica e relevância científica únicos.

Ao Prof. Carlos Lineu Frota Bezerra, pelas excelentes discussões acerca de aspectos vegetacionais relevantes para a pesquisa.

Ao Prof. Dr. Rubson Pinheiro Maia, pelo incentivo prestado durante o doutorado e ensinamentos que contribuíram na construção da Tese.

À Prof^a. Dr^a. Vanda Carneiro de Claudino Sales, pelos incentivos iniciais e pelas indicações de textos que enriqueceram a discussão no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço ao apoio e trabalho dos coordenadores do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, Prof.^a Dr^a. Adryane Gorayeb e o Prof. Dr. Christian Dennys Monteiro de Oliveira na atual gestão e ao Prof. Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles que atuou como coordenador durante parte do meu doutorado.

Aos Professores Fernandes Rodrigues e Mário Ângelo de Pedra Branca e Josias de Quixeramobim pelo apoio nos trabalhos de campo.

Ao Gabriel Fernandes e Lissandra Parente, pelo apoio nas análises estatísticas.

Ao secretário Erandi Araújo, que sempre esteve presente e atendeu a todas as demandas burocráticas na Pós-Graduação em Geografia.

Ao diretor Ferreira Cunha, núcleo gestor, corpo docente e discente da EEEP Flávio Gomes Granjeiro, do município de Paraipaba.

Aos meus queridos amigos, Sullivan Dantas, Lucas Lopes, John Lennon, Kauberg Gomes e Marília Damasceno, que estiveram próximos em todos esses anos. Muito obrigado pela excelente companhia de vocês. Importante destacar a grande contribuição do Lucas Lopes nos trabalhos de campo. Além do apoio fundamental na logística, foram momentos em que projetos se tornaram trabalhos importantes.

Aos meus amigos do Laboratório de Pedologia, Análise Ambiental e Desertificação (LAPED): Diego, Sávio, Ana Rosa, Losângela, Tasso, Ricardo Matos, Érica, Carlos, Karol, Hudson e Jamilly e do Laboratório de Geomorfologia: Henrique, Letícia, Mickaelle, Roberto, Raianny e Wesley.

A todos os professores do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, pela formação durante a graduação, mestrado e doutorado.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pelo apoio no financiamento desta pesquisa.

“Les travaux pratiques apparaissent donc comme le pivot de tout l'enseignement de la géographie dans le cadre de la licence. Ils offrent une excellente base de départ pour la préparation au diplôme et l'agrégation.”

Initiation aux travaux pratiques de Géographie

J. Tricart; M. Rochefort; S. Rimbart

RESUMO

Trata da problemática da degradação ambiental na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, estado do Ceará. Tem como objetivo estabelecer o grau de fragilidade ambiental (ROSS, 1994; SANTOS, 2011) da área. As bases conceituais estão elencadas em uma concepção sistêmica, orientadas para uma visão integrativa dos elementos da paisagem. A metodologia do trabalho, pautada nos estudos integrados (BERTRAND, 1971; TRICART, 1981; SOUZA, 2000; SOUZA e OLIVEIRA, 2011; SANTOS e SOUZA, 2014), procura estabelecer a relação de variáveis físico-ambientais e definir o mosaico para o estudo dos sistemas ambientais. Os procedimentos metodológicos adotados foram baseados na proposta de Libault (1971) para a pesquisa em geografia. A abordagem procedida possibilitou, a partir de uma análise integrada, visualizar a dinâmica dos sistemas ambientais, com uma variedade de processos morfodinâmicos que dinamizam a área da sub-bacia hidrográfica inserida no semiárido cearense. Os resultados demonstraram a importância da aplicação de diferentes modelos de fragilidade ambiental (potencial e emergente), com apoio de análises estatísticas, o que possibilitou ainda uma visão geral da situação dos sítios urbanos inseridos na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Palavras-chave: Análise integrada. Fragilidade ambiental. Sítio urbano. Sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

ABSTRACT

This paper addresses the problem of environmental degradation in the watershed of the Banabuiú River, in Ceará, Brazil. It aims to set the degree of environmental fragility (ROSS, 1994; SANTOS, 2011) of that area. The basic concepts are displayed in a systemic conception that is oriented to an integrative view of the landscape elements. The methodology is based on integrative studies (BERTRAND, 1971; TRICART, 1981; SOUZA, 2000; SOUZA and OLIVEIRA, 2011; SANTOS and SOUZA, 2014) and aims to establish a relation between physical and environmental variables and define the elements for the study of environmental systems. The methodological procedures adopted were based on Libault's (1971) postulate for geographical research. Through an integrated analysis, the approach adopted could verify the dynamics of environmental systems, with a variety of morphodynamic processes that dynamize the drainage basin area inserted in the semi-arid region of Ceará. The results show the importance of the application of different models of environmental fragility (potential and emergent). With the support of statistical analysis, it was possible to have an overview of the situation of the urban sites inserted in the drainage basin of the Banabuiú river.

Keywords: Integrative analysis. Environmental fragility. Urban site. Drainage basin of the Banabuiú River.

RÉSUMÉ

Traite de la problématique de dégradation de l'environnement dans le bassin de la rivière Banabuiú, État du Ceará. Il vise à établir le degré de fragilité environnementale (ROSS, 1994; SANTOS, 2011) de la zone. Les bases conceptuelles sont énumérées dans la conception systémique, orientée vers une vision intégrative des éléments du paysage. La méthodologie de travail, basée sur des études intégrées (BERTRAND, 1971; TRICART 1981; SOUZA, 2000; Souza et OLIVEIRA, 2011; SANTOS et SOUZA, 2014), cherche à établir le lien entre les variables physiques et environnementales et définir la mosaïque à l'étude systèmes environnementaux. Les procédures méthodologiques ont été basées sur la proposition de Libault (1971) pour la recherche en géographie. L'approche a procédé a permis à partir d'une analyse intégré, visualiser la dynamique des systèmes environnementaux, avec une gamme de processus morphodynamiques qui rationalisent la zone du bassin inséré dans la région semi-aride du Ceará. Les résultats ont démontré l'importance d'appliquer différents modèles de fragilité environnementale (potentiels et émergents), avec l'appui de analyse statistique, qui a également permis un aperçu de la situation des sites urbains insérés dans le bassin de la rivière Banabuiú.

Mots-clés: analyse intégrée. Fragilité environnementale. Site urbain. Bassin de la rivière Banabuiú.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Banabuiú	21
Figura 2 – Esquema demonstrando os três passos básicos para os estudos integrados.....	29
Figura 3 – Síntese metodológica para compreensão dos sistemas ambientais.....	31
Figura 4 – Parâmetros físicos e o gerenciamento de bacias	34
Figura 5 – Fluxo de relações de componentes abiótico e bióticos	36
Figura 6 – Exemplos de sítios urbanos voltados para a defesa	40
Figura 7 – Exemplos de sítios urbanos voltados para o comércio.....	41
Figura 8 – Perfil esquemático da porção central da bacia de São Paulo, do vale do Tietê ao do Pinheiros	46
Figura 9 – Topografia das altas colinas do Sumaré e Alto da Lapa.....	46
Figura 10 – Fluxograma metodológico de estruturação da pesquisa	53
Figura 11 – Esquema metodológico da organização do mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	58
Figura 12 – Delimitação das bacias do Estado do Ceará. Observar ao centro, a bacia hidrográfica do rio Banabuiú	72
Figura 13 – Geologia simplificada da bacia hidrográfica do rio Banabuiú	76
Figura 14 – Principais falhas da bacia hidrográfica do rio banabuiú.....	82
Figura 15 – Intrusões graníticas e sua repercussão no relevo	83
Figura 16 – Cristas influenciadas pelo Lineamento Senador Pompeu. Município de Solonópole	84
Figura 17 – Bloco diagrama da porção central da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú..	86
Figura 18 – Planície fluvial do rio Banabuiú. Município de Mombaça	90
Figura 19 – Ocorrência de seixos arredondados da Formação Faceira. Município de Nova Jaguaribara	91
Figura 20 – Perfil de Neossolo Quartzarênico em tabuleiros interiores no Município de Nova Jaguaribara	92
Figura 21 – Cristas residuais. Em primeiro plano aspectos da depressão sertaneja. Município de Boa Viagem	93
Figura 22 – Sertões pediplanados. Município de Quixadá	94
Figura 23 – Sertões de Quixeramobim. Notar o padrão de dissecação mais intenso, com ocorrência de colinas sertanejas	95

Figura 24 – Depressão sertaneja no padrão de dissecação moderado. Município de Boa Viagem	95
Figura 25 – Campo de inselberg no Município de Quixadá	97
Figura 26 – Foto panorâmica dos inselbergs em Quixeramobim	97
Figura 27 – Direção dos ventos associados as massas de ar no Nordeste do Brasil.....	103
Figura 28 – Representação da atuação Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	104
Figura 29 – Localização dos postos pluviométricos escolhidos para a caracterização hidroclimática	105
Figura 30 – Posto escolhido na cidade de Pedra Branca	106
Figura 31 – Posto escolhido na cidade de Quixadá	106
Figura 32 – Posto escolhido na cidade de Morada Nova	107
Figura 33 – Vista da parede do açude Quixeramobim	108
Figura 34 – Bombeamento das águas do açude Quixeramobim.....	109
Figura 35 – Principais açudes da bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	110
Figura 36 – Volume dos açudes na região da bacia hidrográfica do rio Banabuiú	111
Figura 37 – Distribuição espacial dos pontos de água cadastrados na sub-bacia do Banabuiú	112
Figura 38 – Perfil longitudinal da bacia hidrográfica do rio Banabuiú	124
Figura 39 – Localização dos municípios na bacia hidrográfica do rio Banabuiú	141
Figura 40 – Conjunto de gráficos com dados econômicos da população	153
Figura 41 – Índice de desenvolvimento municipal – IDHM dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do rio Banabuiú	174
Figura 42 – Localização da Unidade de Conservação Monumento Natural Os Monólitos de Quixadá	184
Figura 43 – Localização das sedes municipais inseridas na bacia hidrográfica do rio Banabuiú	202
Figura 44 – Planície fluvial do rio Quixeramobim. Observar a ocupação de risco nas margens.....	204
Figura 45 – Vista do centro da cidade de Pedra Branca	204

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Organização dos graus ecodinâmicos da paisagem.....	37
Quadro 2 – Setorização das unidades de fragilidade ambiental	38
Quadro 3 – Representação da dimensão interfluvial média e o grau de entalhamento dos vales	59
Quadro 4 – Esquema das letras representativas dos tipos de modelado	60
Quadro 5 – Classificação da fragilidade quanto a morfometria.....	62
Quadro 6 – Classificação da fragilidade quanto aos tipos de solo.....	63
Quadro 7 – Classificação da fragilidade quanto ao uso e ocupação/vegetação	64
Quadro 8 – Síntese da relação dos dados geológicos com a geomorfologia	98
Quadro 9 – Relação dos condicionantes naturais (climáticos e geomorfológicos) e as espécies vegetais predominantes	123
Quadro 10 – Sistema ambiental: planície ribeirinha e áreas de inundação sazonal	131
Quadro 11 – Sistema ambiental: tabuleiros interiores do baixo banabuiú	132
Quadro 12 – Sistema ambiental: sertões pediplanados de Morada Nova/Ibicuitinga	133
Quadro 13 – Sistema ambiental: sertões moderadamente dissecados de Quixadá/Quixeramobim	134
Quadro 14 – Sistema ambiental: sertões dissecados de Mombaça/Senador Pompeu.....	135
Quadro 15 – Sistema ambiental: sertões dissecados de Boa Viagem/Madalena.....	136
Quadro 16 – Sistema ambiental: pedimentos dissecados	137
Quadro 17 – Sistema ambiental: maciços residuais – serras secas	138
Quadro 18 – Sistema ambiental: cristas residuais e inselbergs	139
Quadro 19 - Síntese histórica dos municípios pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.	144
Quadro 20 - Indicadores socioeconômicos referentes a porcentagem dos extremamente pobres e da renda per capita.	149
Quadro 21 - Indicadores referentes a longevidade, mortalidade e fecundidade	155
Quadro 22 - Síntese dos dados referentes ao IDHM.....	157
Quadro 23 - Dados referentes a infraestrutura dos municípios	175
Quadro 24 - Uso e ocupação/vegetação da bacia hidrográfica do rio Banabuiú	181

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplo de combinação das classificações dos três indicadores de fragilidade ambiental	66
Tabela 2 - Exemplo de combinações das classificações dos três indicadores de fragilidade ambiental e o somatório dos valores	67
Tabela 3 - Intervalos das classes de fragilidade ambiental	70
Tabela 4 - Estimativa da população dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú – Ano de 2016	147
Tabela 5 - População de Jaguarêta e Morava Nova nos anos (1991/2000/2010)	148
Tabela 6 - Produto Interno Bruto (PIB - %), dos municípios (2013)	176
Tabela 7 - Empregos formais por município (2016)	177
Tabela 8 - Efetivo de bovinos, caprinos e ovinos nos municípios (2015)	178
Tabela 9 - Culturas temporárias dos municípios (2015)	179
Tabela 10 - Códigos da fragilidade ambiental	187
Tabela 11 - Frequência e percentuais dos códigos para os três indicadores de fragilidade	188
Tabela 12 - Classificação da fragilidade ambiental sem distinção entre potencial e emergente	191
Tabela 13 - Classificação da fragilidade ambiental com distinção entre potencial e emergente	192
Tabela 14 - Classificação da fragilidade ambiental com peso no uso e ocupação/vegetação e sem distinção entre potencial e emergente	195
Tabela 15 - Classificação da fragilidade ambiental emergente e potencial com peso no uso e ocupação/vegetação e com distinção entre potencial e emergente	196
Tabela 16 - Classificação dos ambientes segundo a fragilidade, para os modelos com e sem o peso no componente uso e ocupação do solo	200

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Histograma do somatório dos indicadores de fragilidade ambiental	70
Gráfico 2 - Distribuição das unidade de uso e ocupação	182
Gráfico 3 - Frequência da fragilidade no Relevo	189
Gráfico 4 - Frequência da fragilidade no Solo.....	189
Gráfico 5 - Frequência da fragilidade quanto ao Uso e ocupação/vegetação	190
Gráfico 6 - Classificação geral da fragilidade ambiental	193
Gráfico 7 - Classificação geral da fragilidade ambiental com peso em uso e ocupação/vegetação	197
Gráfico 8 - 1º modelo de comparação entre a fragilidade do ambiente com e sem o peso no componente uso e ocupação do solo	199
Gráfico 9 - 2º modelo de comparação entre a fragilidade do ambiente com e sem o peso no componente uso e ocupação do solo	200

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Básico	74
Mapa 2 – Geologia	87
Mapa 3 – Declividade e hipsometria	100
Mapa 4 – Geomorfologia	101
Mapa 6 – Águas superficiais e potencial hidrogeológico.....	113
Mapa 5 – Associação de solos	125
Mapa 7 – Sistemas ambientais	140
Mapa 8 – Uso e ocupação/vegetação	183
Mapa 9 – Modelo 1 e 2 da fragilidade ambiental.....	194
Mapa 10 – Modelo 3 e 4 da fragilidade ambiental	198
Mapa 11 – Sítios - imagens de satélite.....	207
Mapa 12 – Sítios - plantas	208
Mapa 13 – Sítios - declividade.....	209
Mapa 14 – Relação fragilidade e sítios - 1.....	210
Mapa 15 – Relação fragilidade e sítios - 2.....	211
Mapa 16 – Relação fragilidade e sítios - 3.....	212
Mapa 17 – Relação fragilidade e sítios - 4.....	213

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IPECE	Instituto de Pesquisas do Ceará
IDACE	Instituto de Desenvolvimento Agrário do Ceará
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SAD 69	South American Datum 69
ZEE	Zoneamento Ecológico-Econômico
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TGS	Teoria Geral dos Sistemas
COGERH	Companhia de Gerenciamento de Recursos Hídricos
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA	25
2.1 Estudos integrados como ferramenta para o ordenamento territorial	25
2.2 Análise da fragilidade ambiental	35
2.3 Dinâmica socioambiental em sítios urbanos	40
2.4 Procedimentos metodológicos e operacionais	50
2.5 Fases da pesquisa	51
2.5.1 <i>Levantamento bibliográfico e cartográfico</i>	54
2.5.2 <i>Geoprocessamento, mapeamento temático e tratamento dos dados</i>	56
2.5.3 <i>Expedições de campo</i>	61
2.6 Fragilidade ambiental	62
2.6.1 <i>Tratamento estatístico na aplicação da fragilidade ambiental</i>	65
3 OS SERTÕES CENTRO-OCIDENTAIS E O VALE DO BANABUIÚ	72
3.1 Localização	72
3.2 Aspectos geológico-geomorfológicos	75
3.3 Condições hidroclimáticas	102
3.4 Solos e cobertura vegetal	114
3.5 Unidades de integração: os sistemas ambientais	126
4 CONTEXTO HISTÓRICO, ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E USO E OCUPAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BANABUIÚ	141
4.1 Ocupação e breve contexto histórico	141
4.2 Contextualização socioeconômica da região	146
4.2.1 <i>População</i>	147
4.2.2 <i>Indicadores socioeconômicos</i>	149
4.2.3 <i>Saúde, educação e Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM)</i>	155
4.2.4 <i>Infraestrutura</i>	174
4.3 Atividades econômicas e uso e ocupação do solo	175
4.3.1 <i>Uso e ocupação</i>	180
4.3.2 <i>Unidades de conservação</i>	184
5 FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO PARÂMETRO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	186

5.1 Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.....	187
5.2 Considerações sobre os sítios urbanos inseridos na bacia hidrográfica do rio Banabuiú.....	201
CONCLUSÕES.....	215
REFERÊNCIAS.....	218

1 INTRODUÇÃO

A análise ambiental, enquanto instrumento para os geógrafos, tem se evidenciado como elemento mediador frente a acelerada modificação pelo qual o espaço geográfico vem sendo submetido devido às atividades humanas.

Planejar e pensar os mais diferentes tipos de ambiente é atividade do Geógrafo, ainda mais quando abre espaço para o diálogo com outros profissionais das ciências naturais e sociais, enriquecendo mais o seu trabalho e sua contribuição para com a sociedade.

A partir das ações procedidas que culminam ou subsidiam o ordenamento territorial, no sentido de organização e reorganização de variados espaços, acaba por se tornar uma possibilidade de ferramenta que pode ser apreciada, com base nos estudos integrados, em diversas escalas de análise.

Nesse sentido, a dicotomia geografia física x geografia humana acaba enfraquecendo-se, evidenciando uma deficiência na capacidade de lidar com dimensões múltiplas da realidade. A teoria, aliada com a prática, nesse ponto é elemento de abstração e análise necessário para o fortalecimento e amadurecimento do pesquisador.

Dessa maneira, a Tese se constitui como uma construção em um primeiro momento, dos conceitos para a compreensão do tema, e dessa forma um aprofundamento sobre os eixos que compõem a teoria e a prática do objeto de estudo, procurando relacionar a problemática ambiental em diferentes escalas de análise.

A fragilidade ambiental, ponto de partida para a análise da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú é adaptada no trabalho, com o objetivo de comparar diferentes modelos e sua importância na análise ambiental.

Dessa forma, a categoria de paisagem é adotada no trabalho, com o objetivo de compreender como a dimensão teórica do conceito perpassa a prática como trajetória e construção do conhecimento, além de discussões da importância do espaço urbano na dinâmica do uso e ocupação do solo em áreas diversas.

Assim, podemos compreender que os estudos integrados das condições geoambientais são realizados através do entendimento da caracterização geral dos componentes naturais (geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos e cobertura

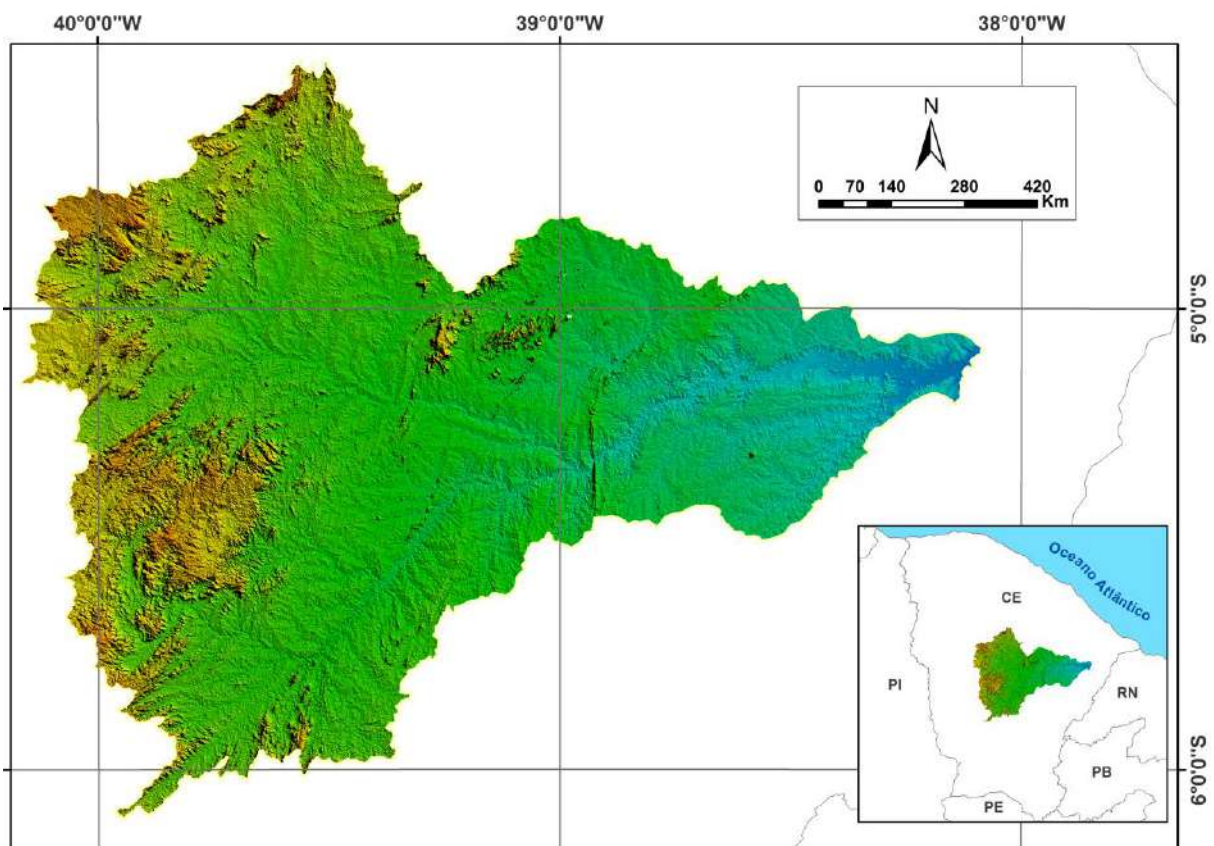
vegetal) com sua perspectiva de integração ou de relações mútuas. Isso difere do somatório ou da estratificação/superposição desses componentes.

Essa discussão teórica sobre os estudos integrados será basilar para a diferenciação da Tese no âmbito dos trabalhos que discutem essa temática. Além da dimensão da bacia hidrográfica, que pode ser concebida como célula básica de análise ambiental e permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e processos e interações que nela ocorrem, será mencionado o papel do sítio urbano.

Este último, não apenas no sentido geomorfológico a qual seus estudos pioneiros estão atrelados, mas a toda relação que o mesmo possui com outras escalas. O conceito de escala será imprescindível nessa discussão, atrelando a dimensão espacial como ponto de partida.

Assim, o trabalho foi estruturado de forma a estabelecer uma relação inicial de estudos voltados à análise integrada, chegando à discussão dos modelos de fragilidade ambiental propostos, e um segundo momento, onde é avaliado de forma qualitativa a relação da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú com os sítios urbanos e seus entornos.

Figura 1: Localização da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú



Fonte: SRTM. Elaboração: Costa, 2015.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Buscar a compreensão da fragilidade ambiental comparando diferentes modelos como indicadores de degradação ambiental na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar os elementos setoriais e das unidades de integração, ou seja, os sistemas ambientais da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.
- Definir o grau de degradação ambiental através da análise dos vetores de degradação definidos pelo mapeamento do uso e ocupação área de estudo.
- Elaborar diferentes modelos de fragilidade ambiental (geral e potencial e emergente) para a sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.
- Relacionar os possíveis vetores de degradação ambiental com os sítios urbanos e suas áreas de entorno.

1.2 Hipóteses

De modo a complementar os objetivos e destacar as hipóteses que nortearão o desenvolvimento do trabalho, é importante que se tenha em mente o principal ponto para a convergência da problemática, ou seja, os questionamentos que têm como objetivo o debate ao longo da Tese, a fim de se tentar contribuir no avanço das discussões acerca da problemática ambiental.

É possível determinar a fragilidade ambiental (potencial e emergente) em bacias hidrográficas no contexto semiárido de forma satisfatória? Dessa forma, como a aplicação dessa metodologia pode auxiliar no planejamento e ordenamento territorial? Ainda em relação à discussão metodológica inserida na fragilidade ambiental, é importante levantar outra questão, ou seja, ***com a aplicação***

de diferentes modelos da referida metodologia, qual é a relação que a variável de uso e ocupação pode ter na análise e interpretação dos resultados?

Outro ponto a ser levantado e que tem implicações referentes à escala de análise adotada procura levantar uma discussão acerca de como a problemática urbana pode ou não interferir na dinâmica ambiental da bacia. Dessa forma, compreendendo a complexidade de relação de fluxos entre diferentes ambientes, e a necessidade de análise em estudos multi e interescales, ***é possível estabelecer uma correlação entre o grau de fragilidade ambiental na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú e a vulnerabilidade aos problemas ambientais urbanos na área da bacia?***

Dessa forma, a discussão acerca dessa problemática no âmbito da Tese nos oferecerá, a princípio, dois caminhos, de modo a estabelecer as bases para o desenvolvimento da pesquisa. Assim, é importante perceber como a degradação/desertificação pode ou não estar relacionada aos problemas ambientais na área da bacia e promover vetores mais susceptíveis à degradação ambiental.

- É possível a aplicação e análise da fragilidade em ambientes com dinâmica semiárida, resultando na estimativa de processos relacionados à degradação ambiental. Nesse sentido, a variável uso e ocupação pode ser um elemento norteador na interpretação e análise do grau de fragilidade ambiental nesses ambientes.

Para tanto, partindo do pressuposto que a análise da fragilidade é viável e pode ser realizada de forma satisfatória, atendendo possíveis demandas relacionadas ao ordenamento territorial, a análise interescalar se põe como outra possibilidade de conexão entre as áreas rurais e os núcleos urbanos inseridos na bacia. Assim, o objetivo é visualizar possibilidades de relação, que serão desenvolvidas ao longo dos resultados da pesquisa. Nesse sentido,

- É possível analisar ambientes de núcleos urbanos e áreas do entorno, levando-se em consideração os dados referentes à fragilidade ambiental da área da sub-bacia. Nesse sentido, respeitando as limitações da escala, é

viável estabelecer quais cidades são mais susceptíveis a problemas de vulnerabilidade ambiental.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

A fundamentação teórica do trabalho foi pautada, sobretudo, na discussão acerca dos estudos integrados. Com base na teoria sistêmica de Bertalanffy (1973), e posteriormente fonte para análises de caráter similar, difundidas por diversos autores no Brasil. Nesse sentido, a discussão terá sobressaltos acerca da análise geossistêmica, com considerações sobre a concepção teórica por qual a tese trilha, com observações acerca de possíveis distorções encontradas no desenvolvimento do trabalho.

A discussão, dessa maneira, caminhará para o estabelecimento da teoria geossistêmica, sobretudo a linha francesa, como basilar para a concepção teórica do trabalho, promovendo um esforço no incremento de atributos que fortaleçam o método em questão como caminho para compreensão dos processos de degradação ambiental atuais.

2.1 Estudos integrados como ferramenta para o ordenamento territorial

Os estudos integrados têm desempenhado papel importante dentro das ciências da natureza, fato esse que se justifica pelos inúmeros trabalhos que buscam a visão sistêmica do meio ambiente. A Geografia nesse sentido tem um papel importante e unificador nesse processo.

A relação sociedade-natureza, bem como todo o saber e conhecimento sobre o mundo e as coisas, há muito tempo tem estado condicionado pelo contexto geográfico e ao mesmo tempo, associado ao ecológico e cultural em que produz e reproduz as variações da formação social (ROCHA, 2011).

Para tanto, autores como Bertalanffy (1973), Bertrand (1971), Tricart (1977,1981), Oliveira (1990), Christofolletti (1999), Souza (2000), e Souza e Oliveira (2011), estabelecem as bases teóricas e metodológicas da pesquisa, a ressaltar que o esforço para o manuseio dos elementos por qual o trabalho percorreu objetivou a análise sistêmica, pautada em sua grande esfera nos estudos da geografia física.

Ainda em relação a geografia física, é importante destacar a importância de não apenas estudar os componentes da natureza por si mesmos, mas investigar a unidade resultante da interação e as conexões existentes nesse conjunto (CHRISTOFOLETTI, 1987).

Para isso, Christofolletti (1987), discute a questão espacial da Geografia, em que indica que o objeto desta deve ter expressão areal, a materializar-se visualmente em panoramas paisagísticos perceptíveis na superfície terrestre.

Um dos primeiros estudiosos a discutir o enfoque sistêmico foi Bertalanffy (1973), que trouxe outra forma de compreender a natureza, ou seja, de forma sistêmica. Mesmo os sistemas sendo conhecidos e estudados há séculos, acrescentou-se a ideia de estudá-los como entidades (um complexo de elementos em interação) e não um aglomerado de partes.

Sotchava (1977) propôs uma classificação baseada nos estudos sistêmicos. O autor propõe o conceito de geossistema, baseado não nos estudos dos componentes da natureza, mas nas conexões entre eles, não a restringir à morfologia da Paisagem e suas subdivisões, mas, de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc.

Embora as concepções do autor tivessem semelhanças com a base da teoria sistêmica de Bertrand (1971), a escala de abrangência era diferenciada. Isso, acabou por causar confusões do ponto de vista do trato metodológico. Para Sothava os geossistemas poderiam possuir variadas dimensões, enquanto para o francês (Bertrand), os geossistemas seriam da ordem das dezenas ou centenas de quilômetros quadrados (CAVALCANTI e CORRÊA, 2016).

No Brasil, o conceito de geossistemas foi difundido inicialmente com o texto de Bertrand (1971), que o considera como,

O geossistema corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis. Ele resulta da combinação de fatores geomorfológicos (natureza das rochas e dos mantos superficiais, valor de declive, dinâmica das vertentes...), climáticos (precipitações, temperaturas...) e hidrológicos (lençóis freáticos epidérmicos e nascentes, pH das águas, tempos de ressecamento do solo...). É o "potencial ecológico" do geossistemas. Ele é estudado por si mesmo e não sob o aspecto limitado de um simples "lugar" (BERTRAND, 1971, p.147).

Tal concepção geossistêmica está atrelada à categoria geográfica na qual o trabalho é baseado, ou seja, a concepção de Paisagem, que no contexto de concepção da presente pesquisa tem como base compreendê-la não só como uma simples adição de elementos geográficos disparatados, mas também como uma determinada porção do espaço, resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, interagindo uns sobre os

outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1971).

O mesmo autor propõe um sistema de classificação taxonômico de classificação das paisagens, considerando dessa forma seis níveis hierárquicos, subdividindo em unidades superiores e unidades inferiores.

Bertrand (1971) dessa forma define as unidades superiores em Zona, Domínio e Região, ocupando assim maiores extensões territoriais. Nas unidades inferiores, compreendidas em Geossistema, Geofácia e Geótopo, o autor utiliza critérios mais específicos, considerando os fatores do potencial ecológico (geologia, geomorfologia, clima e hidrologia) e da exploração biológica (solo, vegetação e fauna).

Nesse sentido, é necessário que possa haver a distinção dos elementos do geossistema, ou seja, a expressão concreta da superfície terrestre constitui relevância espacial para a análise geográfica, onde torna-se necessário que tais elementos surjam ocupando áreas e territórios e que sejam visualizados em documentos tais como fotos aéreas, imagens de radar, satélites e outros (CHRISTOFOLETTI, 1987)

Na década de 1970 um grande salto metodológico é atingido com a publicação do livro “Ecodinâmica”, de Jean Tricart, em 1977. Para tanto, o autor ressalta que a ótica dinâmica deve ser o ponto de partida da avaliação, devendo guiar a classificação dos meios no nível taxonômico mais elevado.

Tricart (1977) sugere a distinção de três grandes tipos de meios morfodinâmicos, em função da intensidade dos processos atuais, a saber: os meios estáveis, transição e instáveis.

Essa situação pode ter diferentes origens, susceptíveis de se combinarem entre elas. A geodinâmica interna intervém em numerosos casos, em particular no vulcanismo, cujos efeitos são mais imediatos do que os das deformações tectônicas. Uma corrida de lavas e uma chuva de cinzas são manifestações brutais, de características catastróficas.

As deformações tectônicas comandam todos os processos nos quais intervém a gravidade, favorecendo a dissecação das áreas elevadas, com incisão dos cursos d’água e crescimento correlato dos declives das encostas.

Essa metodologia influenciou muitos pesquisadores posteriormente, justamente pela sua aplicabilidade nos estudos ambientais. Ross (1994) e (Souza

(2000), baseado nos estudos de Tricart (1977), propõe uma classificação ecodinâmica do meio ambiente.

Ross (1994) faz adaptações da análise de Jean Tricart, especificando as unidades estáveis e instáveis. Segundo o autor, mesmo as unidades estáveis possuem instabilidade potencial, o que vem a gerar uma análise da fragilidade ambiental.

Souza (2000) estabelece graus de sustentabilidade (Muito Baixa, Baixa, Moderada e Alta), baseadas em quatro categorias, a saber: potencial geoambiental e limitações de uso dos recursos naturais disponíveis; condições ecodinâmicas e vulnerabilidade ambiental; indicadores quanto ao uso compatível do solo de cada unidade geoambiental (SOUZA, 2000).

Para tal, podemos compreender que os estudos integrados das condições geoambientais são realizados através do entendimento da caracterização geral dos componentes naturais (geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos e cobertura vegetal) com sua perspectiva de integração ou de relações mútuas entre si. Isso difere do somatório ou da estratificação/superposição desses componentes, que conduzem a apreciações parciais e incompletas (OLIVEIRA, 1990).

Ainda de acordo com Oliveira (1990), a visão de conjunto dos componentes naturais exige a percepção dos mecanismos de integração da natureza, considerando a sua complexidade e heterogeneidade. Por estas razões, os levantamentos integrados têm sempre um enfoque sistêmico.

Nessa perspectiva, Souza (2015) reforça o cunho metodológico dessa análise, ao afirmar que os sistemas ambientais são integrados por variados componentes e mantêm relações mútuas entre si, sendo perpetuamente sujeitos às trocas de matéria e de energia. Os componentes são relativos ao suporte (litotipos, geoformas e águas subterrâneas), ao envoltório (clima e águas superficiais) e à cobertura (solos e biodiversidade).

Nesse sentido os estudos sistêmicos são importantes mecanismos para a compreensão integrada do ambiente. O esquema abaixo (figura 1) evidencia esse processo de forma a esclarecer como esse caminho, de forma geral, pode ser desenvolvido.

Figura 2: Esquema demonstrando os três passos básicos para os estudos integrados



Fonte: Costa, 2016.

No esquema é possível perceber os três caminhos básicos para a efetivação e integração de dados para os estudos sistêmicos. Inicialmente com a base para os estudos setoriais, servindo de subsídio e oferecendo, dependendo da escala e natureza do trabalho, o elemento chave para a visualização de processos da morfodinâmica atual.

A geomorfologia, que na maioria dos casos tem papel fundamental na compreensão dos agentes atuantes, seja pela natureza das formas ou do comportamento da declividade frente as intervenções antrópicas, atua como um critério guia para subsidiar análises posteriores (SOUZA, 2007).

Em consonância com os dois fatores anteriores, as condições hidroclimatológicas, essenciais para a compreensão da dinâmica hídrica superficial e subsuperficial. Saber como os eventos de natureza pluviométrica extrema ou mesmo como os cursos d'água estão organizados, seja em áreas rurais ou em sítios urbanos de grande, médio e pequeno porte, é imprescindível para o planejamento e gestão territorial.

Por fim, e não menos importante, os solos e a cobertura vegetal, que poderão estar associadas a variados tipos de degradação ambiental e sua avaliação e utilização dependerá da natureza do trabalho realizado.

O fator de integração é a variável que melhor se adequa as necessidades de estudo. A geomorfologia integrada tem se mostrado como elemento de integração e mostrado resultados satisfatórios em diversos estudos. A preocupação

que a cartografia geomorfológica tem em evidenciar os processos morfodinâmicos e como estes influenciam na dinâmica das comunidades humanas é parte essencial desse fator de integração.

Por fim o produto subsidiário, que nada mais é o resultado das etapas anteriores. Nesse ponto pode-se ter um mapa de Zoneamento ambiental ou mesmo de Unidades de Intervenção, assim como de Vulnerabilidade Ambiental. O importante é que o caminho, dependendo da escolha do pesquisador, esteja claro e atenda aos requisitos básicos dos estudos sistêmicos.

Christofoletti (1999) destaca a importância dos estudos sistêmicos, mas não se esquecendo do valor das suas partes componentes. Para tanto, o autor frisa que a abordagem holística sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de aninhamento (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Souza e Oliveira (2011) discutem a importância da interdisciplinaridade nos estudos atuais. Para tanto, os autores enfatizam a necessidade de percepção do conjunto tido como requisito fundamental da interdisciplinaridade, que requer a consideração dos mecanismos que integram funcionalmente o ambiente, considerando a sua complexidade e heterogeneidade.

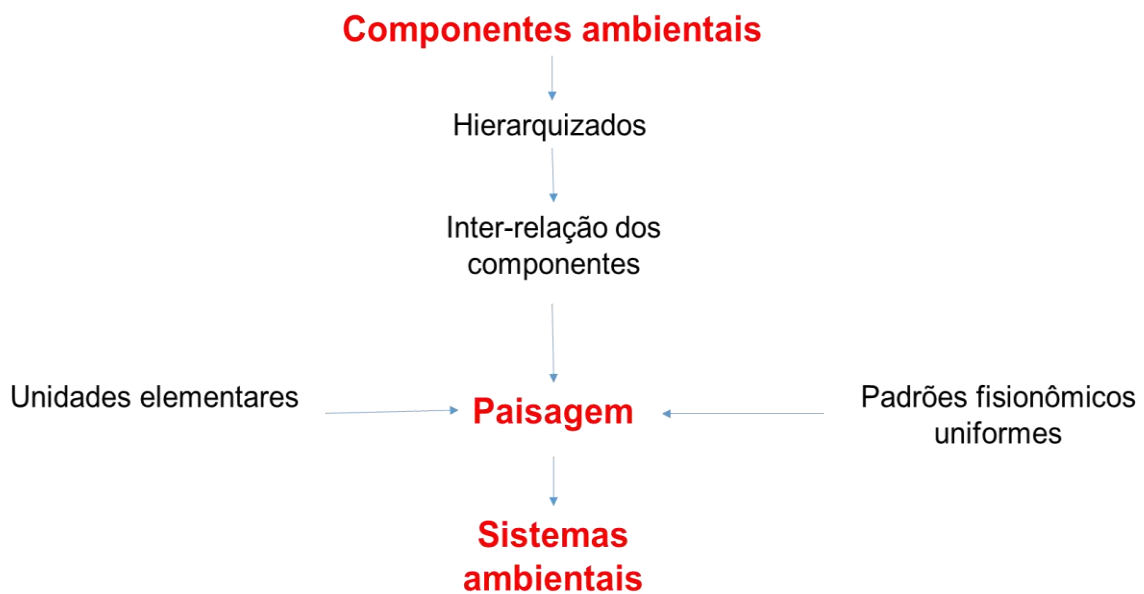
Os sistemas ambientais representam entidades organizadas na superfície terrestre, onde sua espacialidade se torna uma característica fundamental e necessária. (CHRISTOFOLETTI, 1999).

A análise geoambiental em tal contexto procura fundamentar-se como um instrumento para a análise sistêmica. A identificação e hierarquização dos componentes são de fundamental importância para o sucesso na análise dos sistemas ambientais, assim como aponta os autores:

Os sistemas ambientais são identificados e hierarquizados conforme a inter-relação dos seus componentes geoambientais, suas dimensões e características de origem e evolução. Considerando a diversidade interna dos sistemas, são delimitadas as unidades elementares contidas em um mesmo sistema de relações que configura, espacialmente, os subsistemas. Sob esse aspecto, a concepção de paisagem assume significado para a delimitação das subunidades, em decorrência da exposição de padrões fisionômicos uniformes ou de relativa homogeneidade (SANTOS e SOUZA, 2014, p. 222 e 223).

Nesse sentido, os sistemas ambientais podem ser aplicados em diversas unidades de planejamento, seja em áreas de bacias hidrográficas até núcleos urbanos de pequenas e médias cidades. O importante na análise é procurar satisfazer os critérios de integração dos elementos biofísicos em cada situação, como demonstrado na abaixo.

Figura 3: Síntese metodológica para compreensão dos sistemas ambientais



Fonte: Costa, 2016.

Para a compreensão, por exemplo, de sítio urbano em consonância com a bacia hidrográfica, é válido ressaltar o esforço na abordagem holística, na qual será evidenciada adiante.

A bacia hidrográfica pode ser concebida como unidade básica de análise ambiental, que permite conhecer e avaliar seus diversos componentes e os processos e interações que nela ocorrem. A visão sistêmica e integrada do ambiente está implícita na adoção desta unidade fundamental (BOTELHO e SILVA, 2004).

Nessa perspectiva, a bacia hidrográfica pode ser considerada como uma área drenada por uma rede de canais fluviais, influenciados por diversas características topográficas, litológicas, tectônicas, de solos, de vegetação, além dos padrões de uso e ocupação. A bacia hidrográfica, nessa perspectiva, representa um

complexo sistema integrado de inter-relações ambientais, socioeconômicas e políticas (MORAGAS, 2005).

Para a pesquisa adotou-se a compreensão da bacia hidrográfica como um sistema. Dessa forma, mesmo compreendendo que a sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú faz parte de um sistema maior (Bacia hidrográfica do Rio Jaguaribe), o termo bacia hidrográfica também é utilizado para se referir a área de pesquisa.

Os problemas enfrentados no planejamento dos recursos hídricos têm incitado a utilização cada vez mais de abordagens integradas, e, como já foi dito anteriormente, a bacia de drenagem é uma dessas possibilidades.

Segundo Pires e Santos (1995), abordagens de planejamento e gerenciamento que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de trabalho têm evoluído bastante. Os autores destacam ainda que

As características biogeofísicas dessas bacias apresentam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos. No início, o processo de gerenciamento e planejamento de bacias hidrográficas visa basicamente à solução de problemas relacionados à água, prioridade para o controle de inundações, para a irrigação, navegação ou para o abastecimento público e industrial (PIRES e SANTOS, 1995, p.41).

Ainda segundo os autores, essa abordagem mais complexa busca solucionar conflitos entre os usuários e dimensionar a qualidade e quantidade de recursos que cabe a cada um, assim como suas responsabilidades sobre tais recursos (PIRES e SANTOS, 1995).

Vale ressaltar que o gerenciamento de uma bacia hidrográfica não é feito de forma isolada. A bacia de drenagem como unidade de análise diverge de unidade de gerenciamento. As palavras de Pires *et al.*, (2005) elucidam melhor essa questão, quando afirmam que

Estas considerações determinam a necessidade da distinção entre “unidade de análise” e “unidade de gerenciamento”. O primeiro conceito é eminentemente técnico-científico; o segundo, eminentemente político-administrativo. Gerir uma BH não significa submeter ou restringir a análise apenas às determinações da realidade interna à dinâmica da mesma. Há uma multiplicidade de relações internas e externas a BH que deve ser computada na análise, sem que isso implique em contradição com o recorte adotado pela gestão (PIRES *et al.*, 2005, p.20).

Os autores dessa forma sintetizam o uso da bacia hidrográfica como unidade de intervenção e planejamento pelo fato de:

- No âmbito local, é mais favorável a aplicação de uma abordagem que compatibilize o desenvolvimento econômico e social com a proteção dos ecossistemas naturais, considerando as interdependências com as esferas globais.
- O gerenciamento da bacia hidrográfica permite a democratização das decisões, congregando as autoridades, os planejadores e os usuários (privados e públicos) bem como os representantes da comunidade (associações sócio profissionais, de proteção ambiental, de moradores etc.).
- Permite a obtenção do equilíbrio financeiro pela combinação dos investimentos públicos (geralmente fragmentários e insuficientes, pois o custo das medidas para conservação dos recursos hídricos é alto) e a aplicação os princípios usuário-pagador e poluidor-pagador, segundo os quais os usuários pagam taxas proporcionais aos usos, estabelecendo-se, assim, diversas categorias de usuários.

Por fim pode-se adotar o conceito de bacia hidrográfica para a conservação de recursos naturais, com a possibilidade de avaliar, em uma determinada área geográfica, o seu potencial de desenvolvimento e a sua produtividade biológica, determinando as melhores formas de aproveitamento dos mesmos, com o mínimo impacto ambiental (PIRES *et al.*,2005).

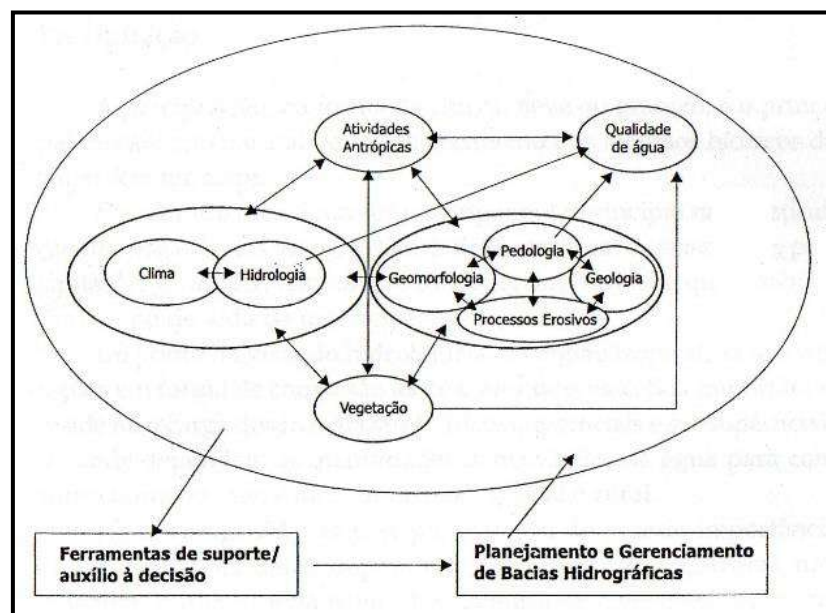
Dentre as principais causas que ameaçam a qualidade ambiental em uma bacia hidrográfica, estão relacionadas as atividades não sustentáveis, com o objetivo de lucro imediato, que não computam os custos ambientais e sociais, repassando-os a terceiros (PIRES *et al.*,2005).

Dentre as formas de análise da bacia hidrográfica, os parâmetros físicos se mostram como um caminho que, juntamente com a concepção da análise sistêmica, tornam-se uma ferramenta coerente para a análise e intervenção nessa célula de análise. No contexto semiárido, a hidrologia de superfície é fundamental na análise de variáveis ambientais, como aponta Nascimento (2012),

Parte da riqueza em recursos naturais acontece por conta das águas superficiais que têm suas demandas aumentadas no tempo e no espaço, em razão dos seus usos múltiplos, sobretudo em terras secas no Trópico Semiárido - como o semiárido brasileiro-, que sofre com secas cíclicas, com a distribuição das chuvas direcionando os regimes fluviais temporários e intermitentes (NASCIMENTO, 2012 p.82).

Para tanto, as abordagens de planejamento e gerenciamento que utilizam a bacia hidrográfica como unidade de trabalho têm evoluído bastante, pois as características biogeofísicas dessas bacias apresentam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos (LORANDI e CANÇADO, 2005).

Figura 4: Parâmetros físicos e o gerenciamento de bacias hidrográficas



Fonte: Lorandi e Cançado, 2005.

Dessa forma, podemos classificar os parâmetros físicos e o gerenciamento de bacias hidrográficas em clima (temperatura e precipitação), geomorfologia (cabe destacar a análise morfométrica), geologia (substrato rochoso), pedologia (processos erosivos) e cobertura vegetal. Nessa análise não podemos desconsiderar a atuação antrópica, assim como todos os seus impactos, que irão afetar de maneira significativa a qualidade da água (LORANDI e CANÇADO, 2005).

A escolha da análise da fragilidade ambiental utilizando a bacia hidrográfica como recorte espacial recorreu a todas essas justificativas aqui citadas, compreendendo que o gerenciamento, quer seja no âmbito ambiental, político ou socioeconômico, perpassa pela bacia hidrográfica.

2.2 Análise da fragilidade ambiental

O esforço para o aprimoramento de metodologias que contemplem múltiplas variáveis na geografia e nas ciências ambientais tem sido um desafio. Nesse sentido, a questão metodológica na geografia, e mais especificamente uma geografia que aqui denominamos de geografia socioambiental (MENDONÇA, 2001), tem sido fruto, ou pelo menos deveria ser, de maior empenho nesse amadurecimento teórico-metodológico.

Bases integrativas que fortaleceram os estudos setoriais, e posteriormente a fase sistêmica na análise dos ambientes ainda permeia grande parte das pesquisas derivadas da ótica da análise integrativa em geografia (BERTRAND, 1971; SOTCHAVA, 1977; SOUZA, 2000; ROSS, 2006; SOUZA e OLIVEIRA, 2011; SANTOS e SOUZA, 2014).

Nessa perspectiva, a fragilidade ambiental (ROSS, 1994), empregada a partir de diversos indicadores, como relevo, solo, uso e ocupação, condições climáticas, além de outras variáveis foi adotada como base metodológica para a presente pesquisa. Como toda proposta metodológica, acaba por apresentar problemas de ordem de interpretação e aplicação que serão melhor discutidos nos resultados.

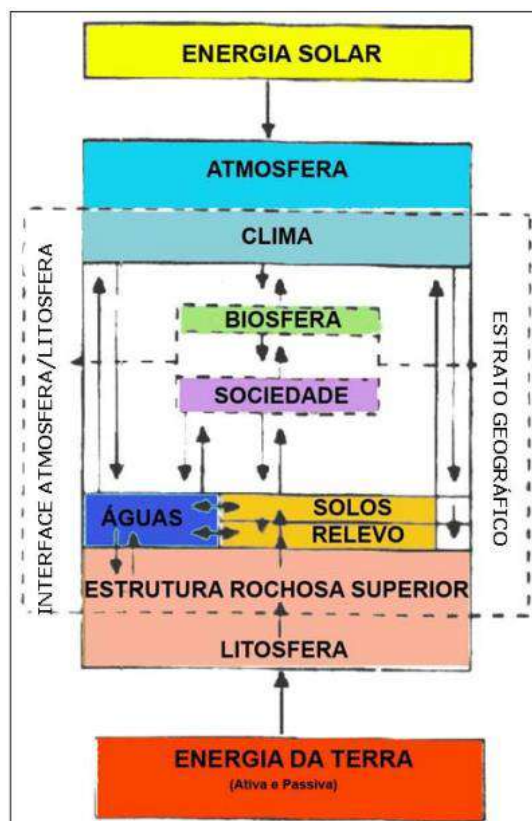
Estudos vem aplicando a fragilidade ambiental (RODRIGUES, 1998; SPÖRL, 2001, 2007; SILVEIRA, 2009; ROSS e AMARAL, 2009; SANTOS, 2011; ADAMI *et al.*, 2012; THOMAZINI, 2013; FERREIRA, 2014; ALMEIDA, 2014; CRISPIM, 2016; GONÇALVES, 2016; SALES, 2017), dentre outros, em diversas regiões, na medida do possível, adaptando a referida metodologia em diversos estudos ambientais, sejam em áreas rurais, com escalas de análise abrangentes, ou, mais especificamente em estudos urbanos (SANTOS e ROSS, 2012), com escalas de análise de maior detalhe e evidenciando problemas socioambientais em sítios urbanos.

O estudo da análise da fragilidade do ambiente pressupõe etapas que procuram determinar o grau de intervenção antrópica sobre o meio, de tal modo que procurar sistematizar as variadas interferências do homem nos fluxos de matéria e energia. Ross (1994), destaca que os ambientes naturais alterados pelas ações humanas são comandados, de um lado, pela energia solar através da atmosfera e, por outro lado, pela energia do interior da terra através da litosfera (ROSS, 1994).

Essa troca permanente de energia e matéria, aliada a presença de água em seus três estados físicos, é a responsável pela dinâmica e pela presença de vida vegetal e animal na terra (ROSS, 1994). Essa dinâmica pode ser visualizada na figura 4, onde é ressaltada a importância da compreensão dos diferentes agentes que, combinados, proporcionam a vida na Terra.

O estrato geográfico (ROSS, 2006), é a síntese de todos esses processos atuando entre a parte superior da litosfera e baixa atmosfera.

Figura 5: Fluxo de relações de componentes abiótico e bióticos



Fonte: Ross, 2006.

Os estudos que versam sobre a fragilidade ambiental são de natureza qualitativa, com o cuidado inicialmente da análise setorial e posteriormente a inter-relação dos componentes, atribuindo valores e estabelecendo relações de maior ou menor fragilidade.

Como base nos graus de estabilidade do ambiente proposto por Tricart (1977), é possível estabelecer inicialmente se as condições físico-ambientais são favoráveis ou não, levando-se em consideração a morfogênese e a pedogênese.

Abaixo é possível visualizar a concepção de Tricart (1977) e como os graus de estabilidade são aplicáveis ao ambiente.

Quadro 1: Organização dos graus ecodinâmicos da paisagem

Ecodinâmica do ambiente	
Meios Estáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura vegetal suficientemente densa ou fechada para impedir eficazmente ações associadas com a morfogênese mecânica; • Dissecação moderada do relevo, sem maiores incisões fluviais, sem solapamentos vigorosos dos cursos d'água e vertentes de lenta evolução; • Regiões tectonicamente calmas desde longos tempos e ausência de manifestações vulcânicas e sismicidade capazes de desencadear paroxismos morfodinâmicos de aspectos catastróficos; • Nítida predominância da pedogênese em face da incapacidade das ações pluviais e eólicas de remover e transportar materiais; • Solos maduros e espessos em equilíbrio natural com os demais componentes naturais; • Recobrimento vegetal primário pouco alterado ou em franca recuperação, evoluindo para condições similares aos originais.
Meios de Transição ou "Intergrades"	<p>Apresentam características de transição entre os meios estáveis e os meios fortemente instáveis marcando a passagem gradual entre os mesmos. Conforme Tricart não existe nenhum corte, mas a presença de um contínuo para marcar a transição entre estabilidade x instabilidade. Admite que a caracterização desses meios depende da interferência permanente da morfogênese/e exercendo-se de maneira concorrente sobre um mesmo espaço. Assim, o balanço pode favorecer uma ou outra: predominando a pedogênese passa-se aos meios estáveis, preponderando a morfogênese os meios tendem à instabilidade.</p>

Meios Fortemente Instáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Têm características opostas aos meios estáveis e a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural; • Cobertura vegetal ausente ou muito aberta para impedir manifestações da morfogênese mecânica; • Geodinâmica interna muito instável intervindo através de ações variadas, como por exemplo, o vulcanismo através de corrida de lavas ou de chuvas de cinzas que têm efeitos imediatos catastróficos sobre o ambiente; • Relevos fortemente dissecados e com classes de declives muito altas que impedem a intensificação dos processos pedogenéticos; • Presença de solos muito rasos ou de chãos pedregosos; • Condições bioclimáticas agressivas; • Áreas submetidas a processos de desertificação.
---	--

Fonte: Tricart, 1977; Souza e Oliveira, 2011.

Com base na classificação de Tricart (1977), Ross (1994), estabelece os graus de fragilidade do ambiente. Nesse sentido o autor amplia o conceito, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, variando de Muito Fraca a Muito Forte.

Da mesma forma para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis. Mesmo sendo unidades onde a intervenção humana tem menor impacto, ainda sim apresentam um grau de Instabilidade Potencial qualitativamente previsível face as suas características naturais e possível inserção humana (ROSS, 1994).

Nesse sentido, de forma qualitativa, a fragilidade ambiental é hierarquizada de acordo com o grau de fragilidade (quadro 2), variando de muito baixa (1) a muito forte (5), como é observado na tabela abaixo.

Quadro 2: Setorização das unidades de fragilidade ambiental

UNIDADES DE FRAGILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE INTENSIDADE DA FRAGILIDADE	
	QUALITATIVA	NUMÉRICA
	Muito baixa	1
	Baixa	2

FRAGILIDADE POTENCIAL	Média	3
	Forte	4
	Muito forte	5
FRAGILIDADE EMERGENTE	Muito baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito forte	5

Fonte: Ross 1994, adaptado de Santos, 2011.

A necessidade de melhor compreender os graus de fragilidade foi importante avanço nessa metodologia para os estudos integrados, pois proporciona um melhor rigor e visualização de problemas que antes não eram apreendidos.

Nessa perspectiva a análise da fragilidade ambiental é possibilidade para a visualização de problemas em diferentes escalas e unidades de planejamento, pois o tratamento metodológico possibilita isso, além da diversidade de recortes e unidades de intervenção que podem ser utilizados.

Dessa forma a mensuração dos impactos ocasionados pela ação de agentes que alteram a dinâmica espacial é elemento basilar para o exercício do planejamento e gestão do território. Na perspectiva de sistematização e análise do ambiente, podem ser realizados estudos em diversas esferas e escalas de análise, como é apontado abaixo.

Dentro desta perspectiva de planejamento econômico e ambiental do território, quer seja ele, municipal, estadual, federal, bacia hidrográfica, ou qualquer outra unidade, é absolutamente necessário, que as intervenções humanas sejam planejadas com objetivos claros de ordenamento territorial, tomando-se como premissas a potencialidade dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes. (ROSS, 1994, p. 64).

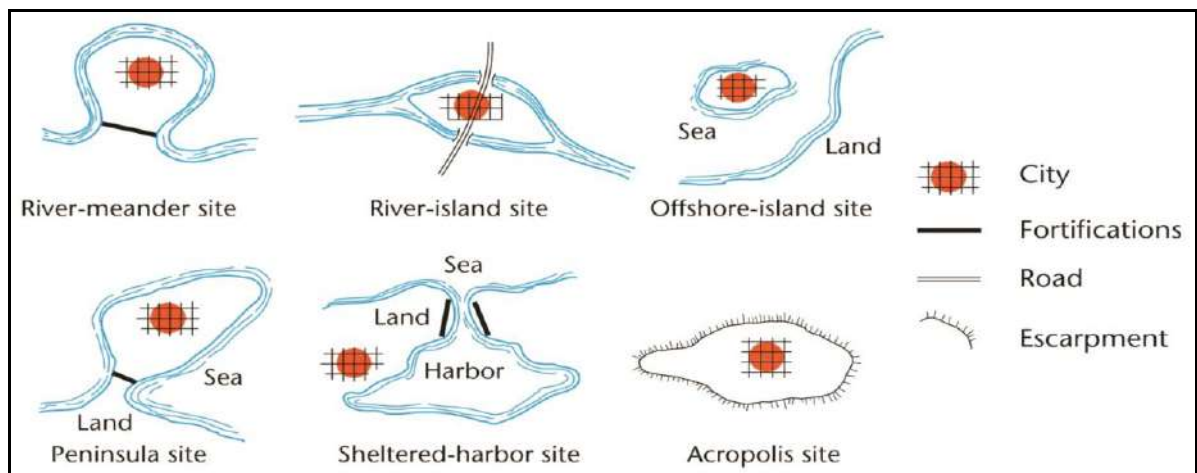
Em razão do caráter integrador apresentado, compreende-se que a fragilidade ambiental encerra o resultado do diagnóstico ambiental, considerando inclusive a ação das atividades humanas (SANTOS, 2011), podendo ser utilizado tanto para áreas rurais como urbanas.

2.3 Dinâmica socioambiental em sítios urbanos

A problemática do déficit de ordenamento territorial nas cidades brasileiras vem acentuando-se. A rápida e intensa alteração das paisagens naturais em paisagens artificiais geradas, sobretudo, pelas construções humanas, acaba por resultar em inúmeros problemas para os cidadãos (MENDONÇA e LEITÃO, 2008).

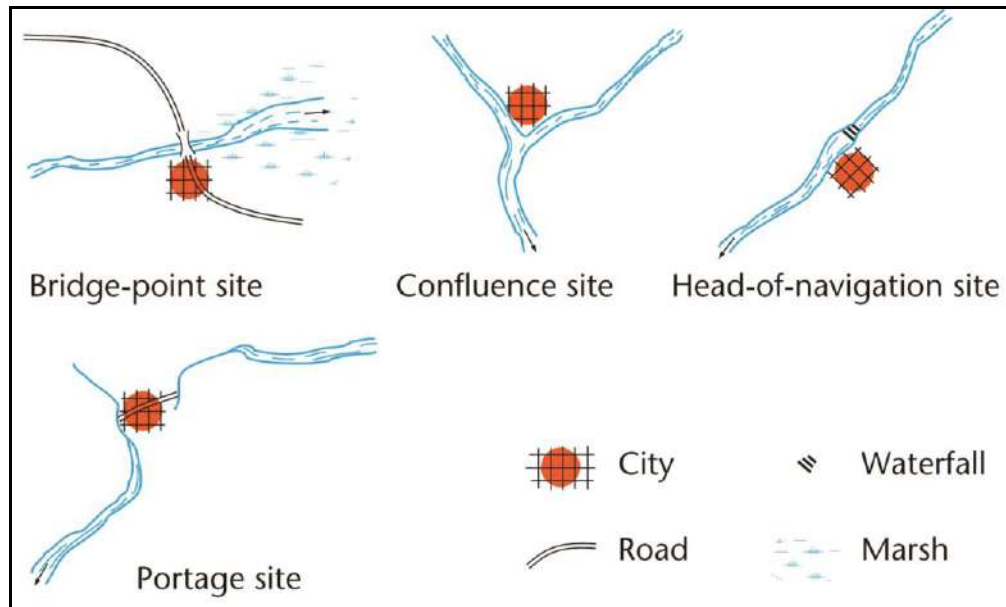
O estudo do sítio urbano enquanto objeto de análise é importante, tendo em vista os variados elementos que proporcionam integração dos elementos físicos, associado às atividades humanas. Exemplos no próprio desenvolvimento das cidades está atrelada a importância da localização de seus sítios, muitas vezes relacionados a área de planícies fluviais, terraços antigos ou até mesmo em regiões com presença de grandes escarpas (Figura 6 e 7), dificultando a invasão de outros povos ou na articulação com o comércio.

Figura 6: Exemplos de sítios urbanos voltados para a defesa



Fonte: retirado e adaptado do trabalho *Urban site and situation*, disponível na internet.

Figura 7: Exemplos de sítios urbanos voltados para o comércio



Fonte: retirado e adaptado do trabalho *Urban site and situation*, disponível na internet.

O estabelecimento do sítio urbano como categoria analítica, pressupõe um arcabouço teórico para a concepção desta unidade de cunho integrativa relacionando com os elementos da morfodinâmica atual, com o objetivo de compreender como os processos que ocorrem no meio físico interferem na organização e malha urbana.

Nesse sentido, é importante evitar análises reducionistas, como aponta Aguiar (2016), compreendendo assim, aspectos singulares e gerais, considerando os pontos de vista dos diversos segmentos sociais, articular diferentes escalas, além de estabelecer conexões entre a natureza e os problemas sociais e econômicos.

Os sistemas morfodinâmicos, compreendidos a partir da dinâmica geomorfológica integrada, são o ponto de discussão para a forma de intervenção no meio físico. Estabelecer as diversas formas de interação ambiental e a posterior representação cartográfica é elemento basilar nos estudos geográficos integrados.

A discussão acerca do sítio urbano como unidade de planejamento na Geografia se mostra como um debate essencial para a própria reavaliação dos estudos integrados como forma de intervenção no meio físico. A preocupação com a organização do espaço geográfico, materializado no ordenamento do território é ponto crucial para intervenções que beneficiem e valorizem o espaço urbano e suas áreas de entorno, promovendo o que Souza (2003, 2015) vem discutir como desenvolvimento urbano.

Nesse sentido, o sítio urbano é o local onde a cidade está assentada, ou seja, onde teve possibilidade de desenvolver sua malha urbana ao logo do tempo. Para fins de compreensão e do escopo do trabalho, a expressão sítio urbano, segundo Ab'Saber (1956) “foi tomada em seu sentido geográfico mais simples, ou seja, o de um pequeno quadro de relevo que efetivamente aloja um organismo urbano”.

Ab'Saber (1975), ao expor a utilização da paisagem pelo homem afirma “utilizando-se da paisagem sempre a seu favor, os homens estão um pouco por toda parte. Aqui, cultivam os setores mais férteis dos terrenos, acolá usam o chão dos planaltos ou das colinas, e até mesmo partes de pântanos enxugados, para o sítio de suas cidades”.

Nesse contexto, o autor expressa a importância do meio como fator imprescindível para o estabelecimento das populações humanas, mas com a preocupação do uso do conhecimento da paisagem, ou seja, utilizando-se do conhecimento integrativo da natureza para a ocupação em diversos ambientes.

O conhecimento do homem sempre foi importante para sua sobrevivência, utilizando-se do recursos naturais para seu desenvolvimento (ROSS, 2007), e sua experiência para instalar sua moradia nos mais diversos ambientes, assim como afirma Tricart (1962),

Autrefois, l'Homme installait ses maisons en se fondant sur une expérience empirique séculaire qui lui permettait de reconnaître tant bien que mal les emplacements dangereux, soumis périodiquement aux inondations, ou à des chutes de rochers, à des avalanches, voire à des glissements de terrain (TRICART, 1962).

No âmbito da geografia, o estudo do sítio urbano sempre foi importante para o reconhecimento do ambiente urbano e de sua dinâmica local, promovendo análises já de cunho integrativo utilizando o sítio e situação geográfica como análises preliminares na pesquisa, assim como afirma o autor:

As inter-relações sociedade-natureza sempre fizeram parte dos estudos sobre o ambiente urbano. No período da “Geografia Tradicional”, era através das categorias de sítio e situação geográficas da cidade, que se analisava a construção do ambiente urbano, buscando uma explicação racional para o processo de organização socioespacial dos homens. Isso porque as referidas relações constituíam, ao mesmo tempo, objeto e fundamento teórico-metodológico essencial da Geografia (CASTILHO, 2011.p 873).

O sítio urbano, no contexto da geografia física aplicada, pode ser compreendido como o local onde a cidade está assentada, ou seja, onde a mesma se desenvolveu, obedecendo, ou não, as limitações que o meio físico impôs ao longo do tempo.

A compreensão do sítio nessa perspectiva não diminui ou desconsidera a importância de outros elementos como situação urbana mencionada por exemplo, abordando não apenas o contexto onde a cidade está inserida, mas um sistema de relações de que um elemento mantém com outros elementos, onde estes estejam próximos ou distantes Dolfuss (1973 *apud* MIYAZAKI, 2013), pois o objetivo aqui exposto é evidenciar os atributos que o sítio urbano oferece para subsidiar o planejamento e gestão ambiental.

Ainda nessa discussão, o sítio e situação urbana podem ser apreendidos na dinâmica da morfologia urbana, onde esta última por sua vez procura enfatizar aspectos referentes aos fluxos e processos que constituem toda dinâmica da produção do espaço. Nesse aspecto, concordamos com Miyazaki (2013), onde afirma que sítio urbano não define e não explica todo os aspectos da dinâmica urbana e áreas do entorno, e muito menos explica todas as variáveis locais.

Por meio da morfologia urbana, que contempla também o sítio urbano, talvez se abra um caminho para que os aspectos naturais sejam compreendidos pelos estudos urbanos, não de forma isolada ou definidora das formas, mas a partir da articulação com a ação humana no âmbito da produção do espaço. O que se busca destacar é que o sítio não define e nem explica tudo (MIYAZAKI, 2013.p.33).

Diferentes áreas do conhecimento científico tratam do estudo da morfologia, porém, cada uma por meio de caminhos e abordagens específicas. Mesmo no caso da Geografia, há muitos estudos que tratam desse tema a partir de diferentes pontos de vista, desde análises pautadas na forma em si, por meio da utilização de modernas técnicas de geoprocessamento, por exemplo, até aquelas com foco nos conteúdos culturais, sociais, políticos etc., baseadas em perspectivas históricas, econômicas, semióticas, entre outras (MIYAZAKI, 2013).

Natureza de trabalhos anteriores

O objetivo de evidenciar os estudos já realizados sobre o sítio urbano como tema central tem como intuito situar melhor a temática e como a mesma será desenvolvida na tese. A intenção aqui não é fazer um levantamento detalhado de todo o material produzido acerca do tema, mas apresentar trabalhos relevantes que contribuíram para o desenvolvimento teórico e procedimental da pesquisa.

Em relação aos trabalhos produzidos sobre a utilização do sítio urbano, merecem destaque, Ab'Saber (2007), Tricart (1962), Moreira (1972), Souza (1981), Souza *et al.*, (2009), Santos (2011), Zanella (2012), dentre outros. Nesse sentido, o objetivo não é fazer um levantamento detalhado acerca dos trabalhos já realizados, mas reunir as contribuições que melhor exprimem a concepção teórico-metodológica do trabalho, na qual será melhor detalhada no capítulo sobre os sítios escolhidos.

Jean Tricart (1962), na obra *Épiderme de la Terre* faz uma discussão sobre geomorfologia aplicada (TRICART, 1962; ROSS, 2014) e sua utilidade para os mais variados fins. Nessa perspectiva podem ser:

- **Aplicações indiretas:** auxiliar pesquisas na Geologia estrutural, na Pedologia e nas pesquisas biogeográficas;
- **Aplicações diretas:** prospecção mineral, serviços de obras públicas de grande envergadura, como estradas, hidrelétricas, ferrovias, obras de engenharia civil diversas, planejamentos hidráulicos ligados à irrigação, energia, navegação, entre muitas outras.

Tricart (1962) ao elencar essa gama de possibilidade para a geomorfologia aplicada, dedica parte da obra para o estudo do sítio urbano. Na obra o autor evidencia a importância da compreensão do relevo e suas implicações sobre as cidades. Esse estabelecimento de relação entre uma geomorfologia em movimento, ou seja, uma geomorfologia preocupada nos processos morfodinâmicos e sua possível implicação as comunidades humanas, como pode-se ler,

Si l'on veut donner à la question son expression la plus générale, donc la plus abstraite, on peut dire que la géomorphologie est la discipline qui a pour objet spécifique d'étudier les caractères et les modifications de la surface de contact entre le milieu solide de l'Ecorce terrestre (lithosphère)

et ses enveloppes gazeuses (atmosphère) et liquide (hydrosphère)
(TRICART, 1962 p. 13 e 14).

Nessa perspectiva, os agentes atmosféricos, em conjunto com a parte superior da litosfera tem a capacidade de desencadear todos esses processos que interferem nas áreas rurais e urbanas.

O estudo do sítio urbano, que acaba por exigir um poder de síntese por parte do geógrafo, acaba por ser uma temática desprezada em muitos estudos acadêmicos, justamente por exigir uma visão integrativa de vários elementos da Geografia. Além do domínio da geomorfologia, como ponto inicial para a compartimentação e análise posterior, variáveis relacionadas aos solos e cobertura vegetal e o grau de intervenção nessas áreas não podem ser desconsiderados, além de estudos de geografia urbana que possam complementar a análise almejada.

Ab'Saber (2007), ao defender sua Tese de doutorado em 1956 sobre o sítio urbano de São Paulo, evidencia bem esse difícil diálogo de integração da Geografia, promovendo um exercício que faz a dicotomia geografia física x geografia humana não existir. Nessa altura fica evidente o importantíssimo papel da geomorfologia como fator de integração para os estudos ambientais.

Ab' Saber (2007), ao tratar da morfologia do sítio urbano de São Paulo mostra que a originalidade do local reside na existência de um pequeno mosaico de colinas, terraços fluviais e planícies de inundação, pertencentes a um compartimento restrito e muito bem individualizado do relevo da porção sudeste do Planalto Atlântico Brasileiro.

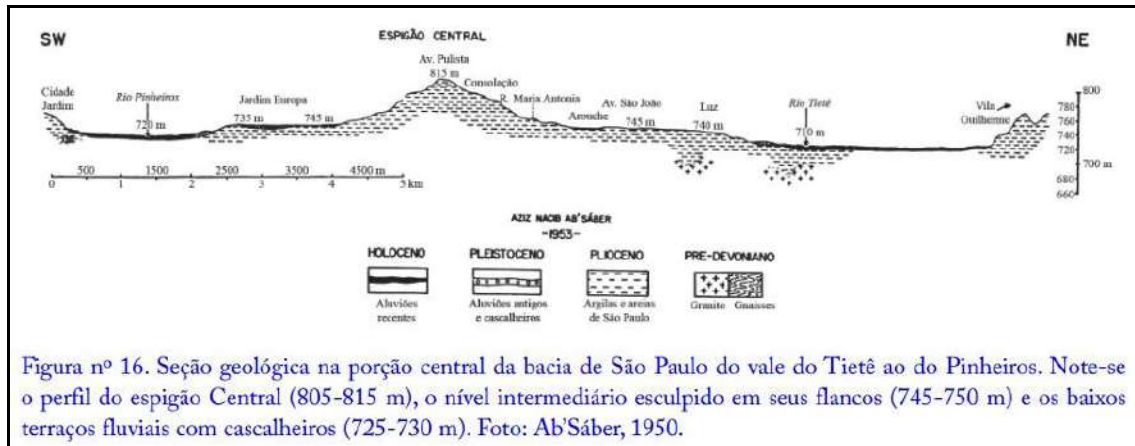
Nesse sentido, as áreas de relevo que interessa ao estudo do sítio urbano de São Paulo fica praticamente restrita ao sistema de colinas, terraços e planícies do ângulo interno de confluência dos rios Tietê e Pinheiros (AB' SABER, 2007). Importante perceber a importância da compreensão da rede de drenagem na própria configuração e interpretação das morfologias associadas ao sítio local.

A contribuição da compreensão da evolução da bacia de São Paulo, para as análises do autor, foram essenciais para a interpretação geomorfológica dos processos agradacionais e degradacionais.

De tal modo, segundo o Ab' Saber (2007) “o esqueleto urbano e suburbano da aglomeração paulistana se justapôs à bacia sedimentar do alto Tietê, que o estudo do sítio atual da metrópole equivale, sob muitos aspectos, a um estudo

da própria região fisiográfica, restrita e individualizada” conhecida por Bacia de São Paulo.

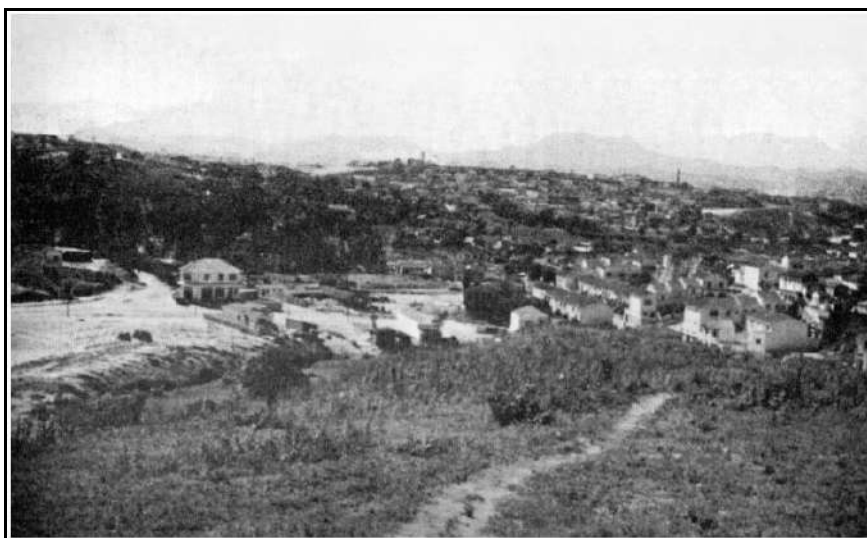
Figura 8: Perfil esquemático da porção central da bacia de São Paulo, do vale do Tietê ao do Pinheiros.



Fonte: Ab'Saber (1956).

A compreensão da importância do relevo, além da cartografia geomorfológica é inerente aos estudos ambientais. Nessa perspectiva o autor utiliza dos dados acerca de parâmetros específicos como a topografia, geologia e geomorfologia para a interpretação do sítio urbano da cidade. Importante destacar, além dos dados levantados, o conhecimento levantado nos trabalhos de campo e sua fundamental importância para a interpretação e descrição detalhados do objeto de estudo.

Figura 9: Topografia das altas colinas do Sumaré e Alto da Lapa



Fonte: Ab' Saber (1956)

Outra contribuição importante para a geografia foram os trabalhos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que realizaram inúmeros trabalhos, em diversas escalas, acerca do território brasileiro. São trabalhos que refletem um período da Geografia voltada aos estudos, sobretudo, de reconhecimento de áreas, mas não menos importantes que estudos de natureza da Geografia Crítica, crescentes a partir da década de 1980.

Moreira (1972), concebe o artigo para o então órgão de trabalho (IBGE) acerca do sítio urbano de Teresina. Com uma profunda base nos estudos geomorfológicos, a autora descreve as características da cidade de Teresina, iniciando pelas características do sítio urbano local e posteriormente fazendo toda a análise dos aspectos socioeconômicos.

O objetivo o trabalho, mais voltado para o ordenamento territorial, era de sistematizar um conjunto de informações geográficas que viesse a ser útil ao planejamento do desenvolvimento da cidade de Teresina.

Localizada no médio curso do rio Parnaíba, em área próxima a confluência do rio Poti, Teresina tem um sítio de planície aluvial, ocupando um baixo interflúvio que se alonga entre os dois rios (MOREIRA, 1972).

Segundo Moreira (1972), o sítio de planícies, com características de topografia suave e esbatida, vem, desde então, facilitando o crescimento do espaço urbano de Teresina, não encontrando maiores empecilhos para o seu amplo desenvolvimento.

Importante notar na discussão da autora acerca da importância do substrato geológico e das unidade geomorfológicas para a compreensão do sítio urbano, mas não esquecendo de importantes variáveis, como os componentes hidro-climatológicos, que são essenciais para a compreensão, em conjunto com as variáveis geológico-geomorfológicas, dos impactos mais frequentes a esses ambientes, as inundações.

Moreira (1972) ao compartimentar as unidades de relevo de Teresina, classifica-os da seguinte maneira: rios Parnaíba e Poti, terraços aluviais, vertentes, os baixos níveis interfluviais e as chapadas.

O sítio urbano de Teresina, segundo a autora, se configura como um típico sítio assentado em áreas de planícies e antigos terraços fluviais, o que vai favorecer o a susceptibilidade a inundações periódicas.

Outra importante contribuição está registrada no trabalho de Souza (1981), acerca de considerações sobre o sítio urbano de Sobral. Fruto do trabalho da Tese de doutorado, o objetivo do trabalho não foi efetivamente estudar a temática, e sim as condições geomorfológicas e ambientais dos vales do Acaraú e Coreaú.

O autor faz considerações importantes, destacando, para a realidade cearense, a localização dos sítios, que na maioria das vezes estão situados nas margens dos cursos d'água.

Souza (1981) ainda destaca que muitos sítios urbanos estão nos baixos terraços fluviais dos eixos principais de drenagem ou dos afluentes, com sérios problemas quando as cidades acabam avançando para áreas inapropriadas.

Por fim o autor destaca a cidade de Sobral, constituída essencialmente na planície fluvial do rio Acaraú e com sugestões, para a época, de expansão da cidade para o eixo das rampas que partem da serra da Meruoca.

A contribuição para a cidade de Fortaleza demonstra o potencial que o planejamento urbano-ambiental proporciona. A partir da análise dos compartimentos de relevo e posteriormente com o aporte dos estudos integrados foi possível estabelecer um amplo material de qualidade para a cidade.

Dessa forma, Souza *et al.*, 2009, com a produção do Diagnóstico Geoambiental do Município de Fortaleza, exprime toda a gama de possibilidades que o estudo do sítio urbano pode oferecer, estabelecendo um diálogo interdisciplinar entre várias áreas do conhecimento. Cabe destacar que foi um trabalho realizado por uma equipe de profissionais, de diferentes áreas e atuações que contribuíram para a efetivação do projeto.

Nesse sentido é importante destacar pontos que estabelecem o conteúdo e a forma como esse estudo foi executado, principalmente em relação aos aspectos físico-ambientais, como:

- Diagnóstico ambiental
- Delimitação dos sistemas ambientais
- Metodologia de cunho integrativo
- Uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto
- Produtos indicando potencialidades e limitações dos sistemas ambientais

- Conexão com a legislação ambiental
- Subsidiar e fortalecer estudos de natureza ambiental (planejamento urbano e ordenamento territorial)

Santos (2011), contribui com o ordenamento territorial de Fortaleza avançando, a partir do trabalho anterior, e propondo produtos como o mapa de riscos socioambientais de Fortaleza. Da mesma forma utilizando-se da geomorfologia como subsídio para o planejamento ambiental. Nesse sentido o autor utilizou a fragilidade ambiental, adaptada de Ross (1994), para visualizar os níveis de estabilidade e instabilidade do terreno.

Dessa forma, o autor, utilizando da classificação taxonômica de Ross (1994), apresenta as unidade morfoestruturais, morfoesculturais, padrões de formas, formas de relevo e processos atuais/atividades antropogênicas.

O diferencial desse trabalho, em comparação com vários outros, certamente é a utilização, além das técnicas de geoprocessamento, da fixação da metodologia de mapeamento geomorfológico. Nesse sentido, o esclarecimento das bases teórico-metodológico da geomorfologia, principalmente influenciadas por Moreira (1969), Tricart (1965), Ab' Saber (1975), Barbosa *et al.*, (1982), Ross (1992,1994) e Souza (2000) são contempladas nesse trabalho.

Zanella (2012), contribui acerca dos efeitos das inundações em Curitiba, destacando em sua discussão a importância do sítio urbano. Nesse sentido a autora procura associar o efeito das inundações no meio urbano, como pode-se notar “o sítio urbano é de fundamental importância para o entendimento das inundações, já que seu estudo trata de questões relacionadas ao comportamento climático, aos processo de infiltração e escoamento superficial”.

Já é possível notar a componente hidroclimatológica associada aos estudos aplicados. Essa variável é de fundamental importância pelo fato evidenciar um dos principais problemas das cidades, as inundações, como pode-se perceber nas palavras de Zanella (2012),

As cidades brasileiras, de modo geral, sobretudo as de maior porte, têm apresentado, muito frequentemente, situações críticas relacionadas à drenagem de águas superficiais quando da ocorrência de episódios pluviais concentrados. Além disso, as áreas das planícies de inundações dos rios vêm sendo ocupadas irregularmente, tornando ainda mais problemática a

situação das inundações para a população que lá se instala (ZANELLA, 2012 p. 173).

São riscos potencializados principalmente pela configuração da cidade, que muitas vezes ignora os corpos hídricos superficiais, como lagoas, rios e riacho. Somado a componente topográfica acabam surgindo áreas mais ou menos susceptíveis a esses processos.

2.4 Procedimentos metodológicos e operacionais

Os procedimentos metodológicos são essenciais para a compreensão do objeto de pesquisa. Sem uma sistemática de trabalho bem definida, a pesquisa não obtém resultados satisfatórios, assim como o trabalho torna-se frágil do ponto de vista científico.

A metodologia, assim como aponta Ross (2014), é a espinha dorsal de qualquer pesquisa. Para a aplicação de uma determinada metodologia é preciso, dominar o conteúdo teórico e conceitual, além de ter habilidade de manuseio do instrumento técnico de apoio.

Segundo Ross (2014) a pesquisa necessita se apoiar em um tripé fundamental: domínio do conhecimento específico-teórico e conceitual; domínio da metodologia a ser aplicada; domínio das técnicas de apoio para a operacionalização do trabalho.

Nesse sentido, o trabalho tem orientação metodológica nos estudos integrados, numa perspectiva sistêmica e holística, procurando estabelecer uma discussão acerca do ordenamento territorial, propondo, em alguns momentos, possibilidades de intervenção nos variados sistemas ambientais identificados na pesquisa.

Bertrand (1968), Tricart (1977, 1981), Moreira (1969), Ab' Saber (1969), Souza (2000), Souza e Oliveira (2011), Santos (2014) consubstanciam-se como elementos que nortearam o Método empregado na tese.

As etapas, assim como o tratamento técnico da pesquisa serão explicitados no tópicos posteriores, com o objetivo de esclarecer todas as etapas metodológicas da organização e elaboração dos produtos, assim como evidenciar os procedimentos cartográficos utilizados para o alcance dos objetivos.

2.5 Fases da pesquisa

A proposta metodológica adotada foi a de Libault (1971), que sistematiza, de modo genérico, a pesquisa em geografia. De modo aplicável, o autor distingue os quatro níveis de pesquisa em: nível compilatório; nível correlatório; nível semântico e nível normativo.

O **nível compilatório** corresponde a primeira fase da pesquisa, onde são coletados os dados referentes ao tema, de modo que estabeleçam um arcabouço de dados provenientes da linha adotada. Nessa etapa os dados foram coletados, analisados e selecionados de acordo com a necessidade da pesquisa.

Trabalhos das mais variadas naturezas foram consultados para a identificação e caracterização dos componentes setoriais como (geologia, geomorfologia, clima, recursos hídricos, solos e vegetação, para que a posteriori servisse de base para a interpretação dos componentes ambientais.

A fixação das escalas de trabalho, assim como a escolha das imagens de satélite e todo o material cartográfico de base faz parte dessa etapa.

O **nível correlativo** corresponde a fase de correlacionar os dados e estabelecer dessa forma interpretações dos dados já coletados. É a fase para o aprimoramento de tudo que foi coletado, com o objetivo de, além de fazer uma seleção do material, estabelecer o caminho para a próxima fase.

O **nível semântico** relaciona-se à possibilidade de se aproveitar ou não, todas as informações levantadas nos dois momentos anteriores. Nessa etapa, são gerados todo o trabalho cartográfico base para os resultados posteriores. Essa etapa é fundamentada pelo fato de agregar todas as informações e proporcionar, de maneira prática, os produtos sintéticos das duas primeiras fases.

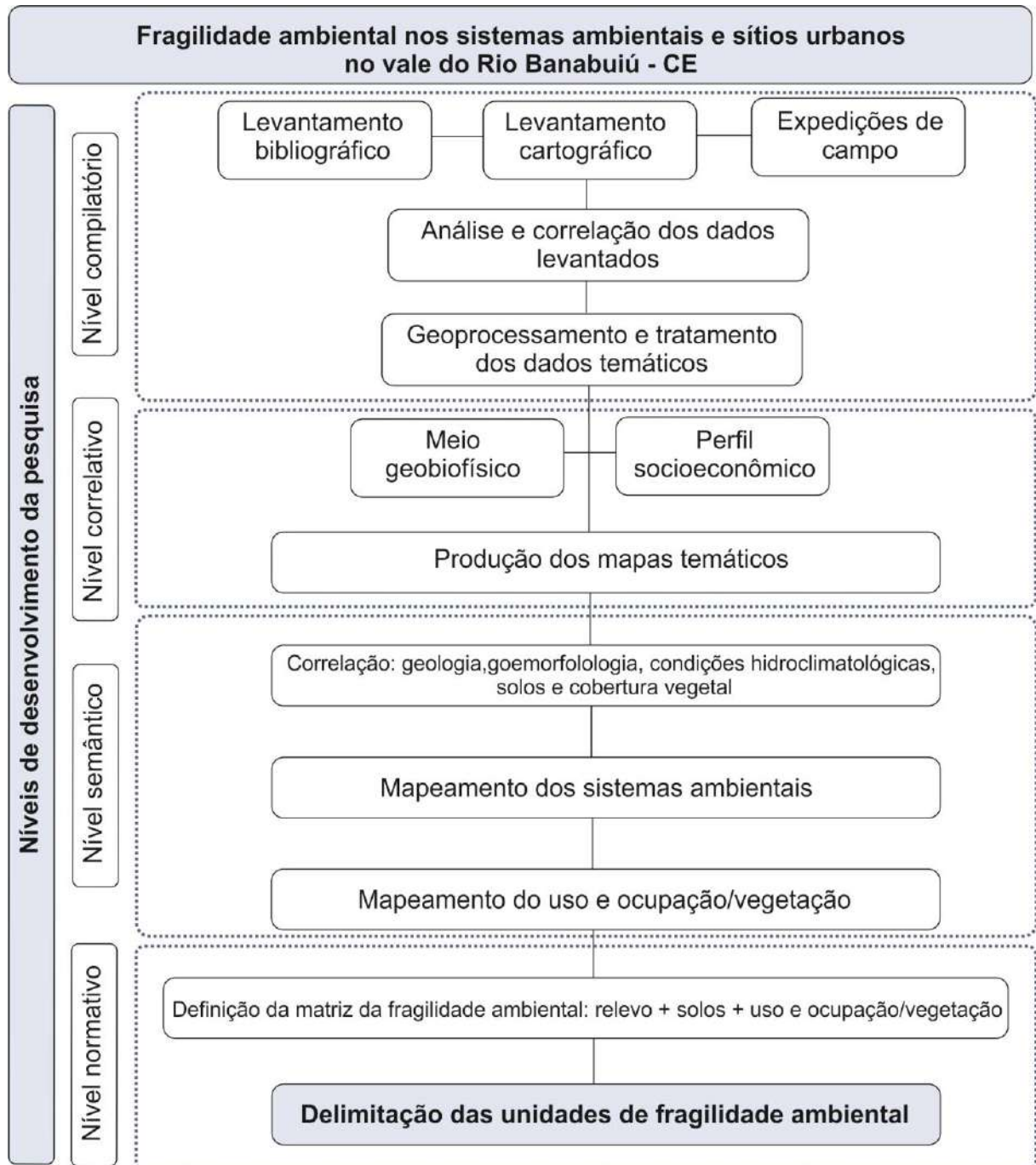
Por fim, o **nível normativo** refere-se aos resultados, desde então refinados pelas três fases anteriores. É nessa etapa que são produzidos os mapas síntese, fruto das inter-relações proporcionadas na etapa anterior.

Logo abaixo é apresentado o fluxograma teórico-metodológico da pesquisa, discriminando todas as etapas inseridas nas quatro fases da pesquisa de Libault (1971). Esse esquema foi construído para a compreensão das etapas de construção da tese, de modo que fique claro o percurso metodológico efetuado.

Para efeito de compreensão mais abrangente, foram incluídos, além das fases metodológicas empregadas na pesquisa, os principais autores que sustentam

as concepções teórico-metodológicas, de modo que possa ser estabelecida relação entre o Método e as fases de operacionalização.

Figura 10: Fluxograma metodológico de estruturação da pesquisa.



Fonte: Organizado por Costa, 2017. Baseado nos quatro níveis de pesquisa de Libault, 1971.

2.5.1 Levantamento bibliográfico e cartográfico

A revisão bibliográfica é parte essencial para a produção de qualquer trabalho científico, seja ele de cunho técnico ou acadêmico. O levantamento dos dados acerca da temática almejada proporciona o suporte para a discussão teórica e os caminhos que o pesquisador pode percorrer.

Dessa forma, compreender como as bases teóricas de determinado tema estão elencadas, dá-se subsídios para a complementação de novas discussões, assim como evidenciar quais as contribuições e as limitações de determinado tema.

De tal modo, foram levantados trabalhos realizados que mantinham relação com a temática da Tese. Para tanto, foram feitas pesquisas em Anais de congresso, monografias, dissertações, teses, livros, periódicos e registros de natureza similar.

As leituras e discussões tiveram como tema central o estudo da degradação/desertificação inicialmente, assim como a análise ambiental em diversas escalas e unidades de planejamento. Em seguida foi feito um levantamento acerca do estudo do sítio urbano e de sua contribuição para os estudos integrados.

Com a finalidade de conceber o trabalho de forma organizada e coerente, nesse ponto é ressaltado o caráter operacional da pesquisa, a fim de esclarecer as etapas pelas quais o trabalho passou, assim como a base de dados foi utilizada para a elaboração da Tese.

O mapeamento da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú foi de grande importância para a interpretação e subsidiar os produtos integrativos. Essa etapa tem grande importância, pois, ao espacializar as diferentes categorias de áreas para estudo, nos disponibilizam dados importantes acerca da dinâmica geoambiental da área, essencial para o conhecimento dos sistemas ambientais, fruto inicialmente do conhecimento setorizado do meio físico.

Nessa linha, é indispensável esse cuidado metodológico, como é apontado por Moreira (1969), ao afirmar que “é indispensável a consulta à bibliografia que possa interessar à área. A geologia, a familiarização com as fotografias aéreas e interpretação de cartas topográficas, assim como a elaboração de perfis e cortes também auxiliam”.

Para tanto, foram utilizados os seguintes materiais para a elaboração da base cartográfica da área. No tópico posterior será apresentado como as bases apresentadas auxiliaram na elaboração dos produtos cartográficos e do tratamento metodológico interescalar (Bacia hidrográfica e sítio urbano).

- Divisão municipal do Estado do Ceará em formato *shapefile*, elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), 2010.
- Imagens do *Shuttle Radar Topografia Mission* (SRTM), e disponibilizada por meio de *download* do Banco de Dados do Serviço Geológico Americano: <<http://earthexplorer.usgs.gov>>, com resolução espacial de 30 m, datadas para a pesquisa em 2015.
- Cartas topográficas da DSG/SUDENE, em escala de 1:100.000, digitalizadas, essenciais para o mapeamento da rede de drenagem e posterior correlação dos dados altimétricos com a geomorfologia.
- Mapa geológico digital do Estado do Ceará, da Companhia de Recursos Minerais (CPRM), na escala 1:500.000 e publicado em 2003.
- Mapa geológico do projeto RADAMBRASIL em escala de 1: 1.000.000, publicado originalmente em 1982, disponibilizado de forma digital e posteriormente georreferenciado.
- Mapa geomorfológico do projeto RADAMBRASIL em escala de 1: 1.000.000, publicado originalmente em 1982, disponibilizado de forma digital e posteriormente georreferenciado.
- Mapa de compartimentação Geoambiental do Ceará em formato *shapefile*, na escala 1:600.000, coordenado pelo Prof. Dr. Marcos José Nogueira de Souza e publicado em 2007 pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME).

- Mapa Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado do Ceará, na escala de 1:600.000, da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e disponível em meio digital pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA).
- Arquivos digitais em formato *shapefile* com a delimitação das bacias hidrográficas do estado do Ceará, na escala 1:100.000, disponibilizada pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Ceará (COGERH).
- Imagens de satélite *LANDSAT 8* com resolução espacial de 30 metros, bandas 4, 3 e 2 disponíveis para *download* do Banco de Dados do Serviço Geológico Americano: <<http://earthexplorer.usgs.gov>> datadas de setembro e outubro de 2015.
- Imagens do satélite *Rapideye* com resolução espacial de 5 metros, bandas 1, 2 e 3, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Na confecção dos mapas optou-se pela utilização do Sistema de Projeção: Sirgas 2000 – Universal Transversa de Mercator (UTM); Todas as bases projetadas originalmente no Datum Horizontal SAD – 69 foram convertidas para o primeiro.

2.5.2 Geoprocessamento, mapeamento temático e tratamentos dos dados

Nessa etapa será apresentado como mapas foram elaborados até o presente da pesquisa, de tal forma que fique claro como as bases anteriormente mencionadas foram utilizadas para subsidiar as pesquisas na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

O mapeamento temático obedeceu o grau de necessidade de cada produto, assim como a disponibilidade das bases que foram utilizadas. Os mapas de geologia, geomorfologia e solos foram elaborados na escala de 1: 600.000 e

impressos em papel no tamanho A2. Essa escala foi utilizada devido à grande extensão da bacia hidrográfica (19.810 km², CEARÁ, 2009).

A base da área de pesquisa, ou seja, a delimitação da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, a qual deu subsídios para a confecção de todos os outros mapas, foi feita utilizando as Folhas Sistemáticas da DSG/SUDENE em escala de 1: 100.000, onde foi realizada toda vetorização dos cursos d'água.

A escolha da base da SUDENE para a delimitação da área foi definida pela qualidade dos seus dados, o que permitiu maior segurança no manuseio dos dados cartográficos. Devido à imprecisão de bases digitais que contemplassem os cursos d'água dentro da área, optou-se pela vetorização utilizando-se desse recurso.

Para a confecção do mapa geológico foram utilizadas as bases da CPRM (2003) e do projeto RADAMBRASIL (1981). Embora sejam trabalhos diferenciados, ambos deram subsídio para as análises da área de estudo. No entanto, utilizaram-se as cores e legendas da CPRM (2003), devido à disponibilidade do material em forma digital.

O mapa geomorfológico, representado na impressão na escala 1:600.000 tem análise compatível com escala de 1:250.000. É importante destacar que o mapeamento geomorfológico seguiu os critérios estabelecidos pela 4ª fase de mapeamento do projeto RADAMBRASIL. Entretanto, é coerente assinalar o trabalho aqui proposto não seguiu de forma idêntica os passos realizados no projeto citado, pelo fato de ser um trabalho acadêmico e não ser composto por equipe multidisciplinar.

Cabe destacar a importância do mapeamento geomorfológico na análise da bacia hidrográfica estudada. Nesse sentido é necessário elencar alguns critérios que foram utilizados para o aporte teórico-metodológico do mapa geomorfológico.

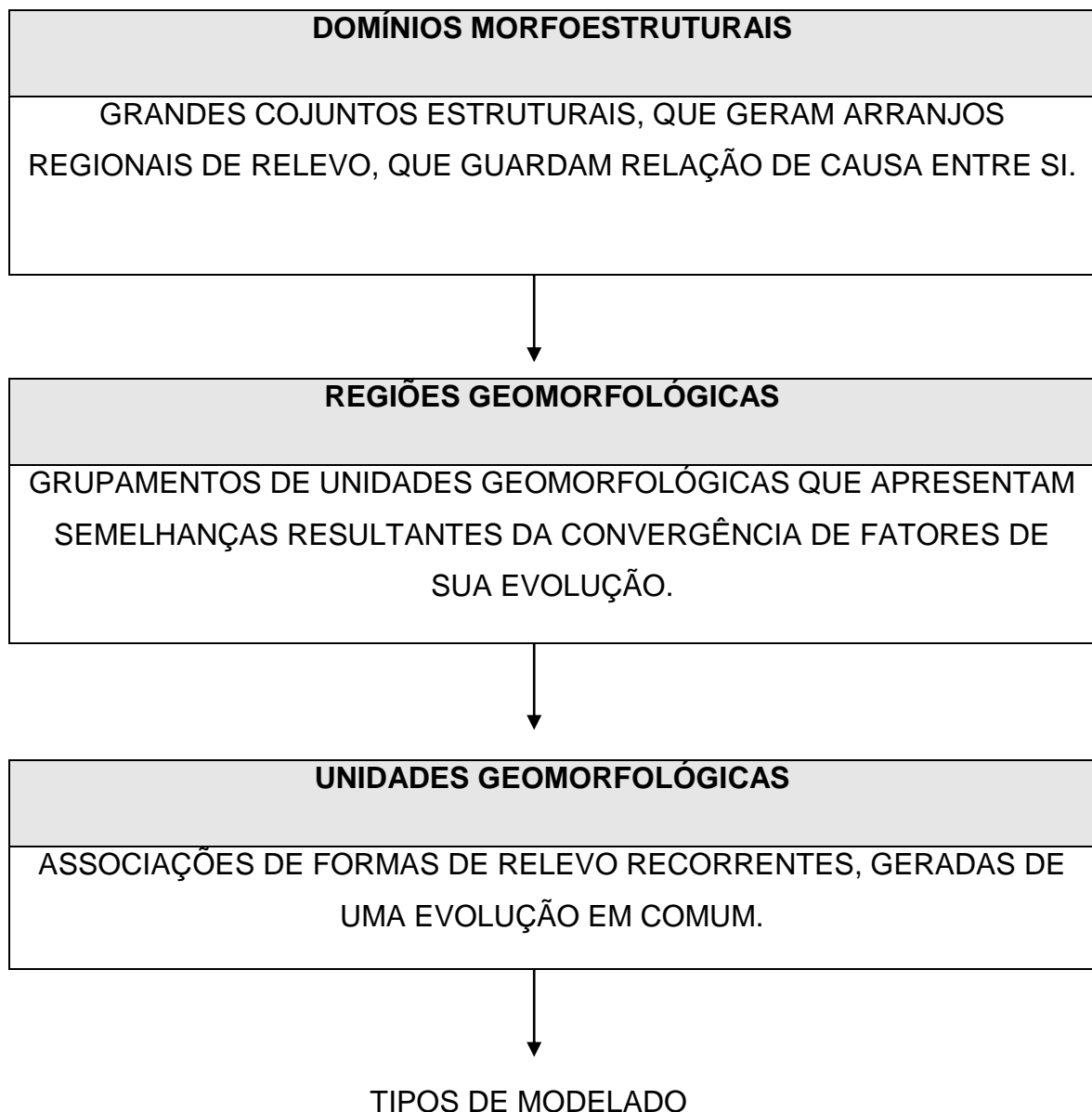
Os mapas geomorfológicos, segundo Ross (1994), ao contrário dos demais mapas temáticos, apresentam um grau de complexidade maior. Essa complexidade decorrer principalmente de dificuldade de se apreender e representar uma realidade abstrata (ROSS, 1994).

O mapa geomorfológico, nesse sentido é o eixo integrador para as análises que vem posteriormente no trabalho, daí a sua importância no trabalho. É com o mapa das formas de relevo que o geógrafo apreender a dinâmica do meio

natural, seja ele pouco ou bastante alterado, para depois intervir de acordo com a necessidade local.

O mapa geomorfológico da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú está dividido em 4 táxons, de acordo com a metodologia baseada em Barbosa *et al.*, (1982), e organizado de acordo com a escala de cada unidade e dos processos atuantes. De forma exemplificada o mapa foi setorizado em domínios morfoestruturais, regiões geomorfológicas, unidades geomorfológicas e tipos de modelados, como pode ser observado no esquema abaixo.

Figura 11: Esquema metodológico da organização do mapa geomorfológico da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú



A partir dessa classificação e obedecendo aos princípios do mapeamento geomorfológico, foi realizada, através de ferramentas de geoprocessamento, a extração dos dados referentes a dimensão interfluvial média e o grau de entalhamento dos vales. Os valores para o estabelecimento dos valores dessas duas variáveis foi efetivada utilizando a proposta de Ross (1992).

O estabelecimento desses índices está elencado ao 4º táxon da classificação proposta em Barbosa *et al.*, (1982), que especifica os tipos de modelado, e dessa forma a necessidade do detalhamento das formas e dos padrões de dissecação.

O quadro seguinte apresenta a chave das letras que sintetiza a classificação e demonstra quais os processos atuantes. Associadas ao 4º táxon, temos os tipos de modelado que podem ser: A - formas de Acumulação identificadas por planícies de diferentes gêneses; D - formas de Denudação (dissecação), esculpidas pelos processos erosivos como morros, serras, chapadas e P – formas de aplanamento, representando os pediplanos, modelados pelos processos preponderantemente de morfogênese mecânica.

Quadro 3: Representação da dimensão interfluvial média e o grau de entalhamento dos vales

DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA (CLASSES)	MUITO GRANDE(1)	GRANDE(2)	MÉDIA(3)	PEQUENA(4)	MUITO PEQUENA(5)
GRAU DE ENTALHAMENTO DO VALE (CLASSES)	>1500	1500 A 700	700 A 300	300 A 100	<100
Muito baixa(1) (< de 10 m)	11	12	13	14	15
Baixa(2) (10 a 20 m)	21	22	23	24	25
Média(3) (20 a 40 m)	31	32	33	34	35
Forte(4) (40 a 80 m)	41	42	43	44	45
Muito forte(5) (> 80 m)	51	52	53	54	55

Fonte: Adaptado de Ross, 1992.

Quadro 4: Esquema das letras representativas dos tipos de modelado

TIPOS DE MODELADO
(A) - Acumulação
Apf – Planícies e terraços fluviais
Ati – Tabuleiros interiores com coberturas colúvio-eluviais detríticas
(D) - Denudação
Da – Níveis residuais elevados dissecados em cristas
Dc – Níveis residuais rebaixados dissecados em colinas rasas
(P) - Aplanamento
Pd1 – Superfície pediplanada
Pd2 – Superfície pediplanada parcialmente dissecada

Fonte: Adaptado de Barbosa *et al.*, 1982 e Ross, 1992.

Para a sistematização do mapa de solos foram utilizados os dados referentes aos estudos de solos realizados no Ceará. Para tanto, foi utilizado o mapa Exploratório/Reconhecimento de solos do Estado do Ceará (1972), ao analisar as diferentes classes mapeadas dentro da bacia.

O mapa de Sistemas Ambientais, de cunho integrador, foi elaborado com o auxílio de dos dados do mapa geomorfológico e pedológico, com o intuito de agregar informações específicas aos sertões (índice e dissecação do relevo e classes de solo) com o objetivo de analisar de forma objetiva as áreas homogêneas da área de estudo.

O mapa de uso e ocupação foi confeccionado através da análise das imagens de satélite: imagem LANDSAT 8, composição 6, 5 e 4, de resolução espacial de 30 metros, acrescido da banda 8 de resolução espacial de 15 metros, permitindo assim a análise na escala de 1:60.000. Utilizou-se ainda da base de mapas utilizada no Programa Estadual de Combate à Desertificação (PAE) e o Zoneamento Ecológico-Econômico dos núcleos de desertificação do Estado do Ceará, publicado em 2015 pela FUNCEME.

Para a realização do trabalho cartográfico foram utilizados instrumentos para interpretação e produção de materiais, a saber: Software ArcGis 10.1 (licença disponível no Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará) para a produção dos mapas; imagens de satélite Landsat 8, com a utilização de diferentes composições de bandas, necessária para a visualização dos diferentes tons de verde, corpos d'água e bancos de sedimento, aspecto importante

para análise dos componentes ambientais das imagens; dados da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), obtidas através da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) além de computadores para o processamento dos dados.

A pesquisa além do caráter integrativo, ou seja, utilizando-se da análise sistêmica para a discussão e análise da Paisagem, buscou agregar as discussões referentes ao sensoriamento remoto para que dessa forma o trabalho adquirisse maior qualidade no que se refere ao geoprocessamento como uma ferramenta na análise ambiental.

2.5.3 Expedições de campo

O reconhecimento dos atributos em campo é etapa primordial para a melhor compreensão dos dados levantados em gabinete. Nos estudos de geografia física, o estabelecimento de metodologias dessa natureza são imprescindíveis para a validação dos trabalhos.

Segundo Moreira (1969), o trabalho de campo é feito após o reconhecimento prévio da área, para estabelecimento da legenda a ser preparada e da importância dos fatos a serem estudados. Daí a importância da organização e planejamento do cronograma da pesquisa. Nesse sentido, o trabalho de campo é essencial na averiguação e correção do material produzido em gabinete, permitindo uma evolução na produção e amadurecimento do trabalho.

Foram realizados sete trabalhos de campo, distribuídos entre os anos de 2014, 2015 e 2016, com o objetivo de reconhecimento geral da área, assim como a análise dos atributos geoambientais (geologia, geomorfologia, solos, recursos hidroclimáticos e cobertura vegetal), sistemas ambientais e aspectos socioeconômicos. Na medida em que esses atributos eram analisados, a análise integrativa dos elementos era empregada, produzindo

As expedições citadas acima foram realizadas com o apoio de materiais como: câmera fotográfica digital, GPS, altímetro barométrico e mapas de reconhecimento geral e temáticos da região. Outros instrumentos deram subsídios para a análise de atributos geoambientais, onde cabe destacar do solo, tais como: martelo pedológico, trado holandês, enxada, pá e faca.

2.6 Fragilidade ambiental

Nessa tópicos é evidenciado as etapas relacionadas a fragilidade ambiental e sua aplicação na área da bacia. O mapa de fragilidade ambiental é produto fundamental para a compreensão dos graus de estabilidade e instabilidade do meio ambiente. Nessa perspectiva o mapa de fragilidade ambiental foi elaborado utilizando os preceitos estabelecidos por Ross (1994) e Santos (2011).

Os mapas de geomorfologia, além do de sistemas ambientais, são a base para a fixação da fragilidade ambiental, resultados da análise setorial e integrativa dos elementos da paisagem.

Dessa forma, para este trabalho optou-se pela aplicação da fragilidade ambiental em diferentes modelos, que embora respeitando as bases da análise integrativa presentes na metodologia, difere no sentido de atribuir valores e intervalos de análise para a mensuração dos graus de fragilidade do ambiente.

Classes de fragilidade para o relevo

Os dados referentes aos índices de dissecação do relevo, já evidenciados anteriormente, são essenciais para a construção do mapa de fragilidade ambiental, pois demonstram o grau de entalhamento dos vales.

Com base no Quadro 5, as categorias para a análise da fragilidade ambiental, quanto as suas propriedades morfométricas podem ser visualizadas na tabela abaixo.

Quadro 5: Classificação da fragilidade quanto a morfometria

CLASSIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE	MATRIZ MORFOMÉTRICA
1 – Muito baixa	11
2 – Baixa	21, 22, 12
3 – Média	31, 32, 33, 13, 23
4 – Forte	41, 42, 43, 44, 14, 24, 34
5 – Muito forte	51, 52, 53, 54, 55, 15, 25, 35, 45

Fonte: Adaptado de Ross, 1992, 1994.

Classe de fragilidade para os solos

Quanto aos solos, Ross (1994), estipula as seguintes classes, baseadas nas propriedades físicas como textura e estrutura do solos, o autor discrimina da seguinte maneira. Além da adaptação referente a mudança de nomenclatura dos tipos de solos conforme a Embrapa (1999), a classe de Neossolos Flúvicos foi incluída na classe de fragilidade muito forte, devido a susceptibilidade dos processos de fluviais extremos, quando ocorre inundações em maior parte dessas áreas.

Quadro 6: Classificação da fragilidade quanto aos tipos de solo

CLASSIFICAÇÃO DA FRAGILIDADE	TIPOS DE SOLOS
1 – Muito baixa	-
2 – Baixa	-
3 – Média	Neossolos Flúvicos Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico e Distrófico
4 – Forte	Luvissolos Planossolos Chernossolos
5 – Muito forte	Neossolos Litólicos.

Fonte: Adaptado de Ross, 1992, 1994, Souza, 2000 e Crispim, 2014.

Classes de fragilidade para o uso da terra

Para o estabelecimento do grau de fragilidade ambiental relacionado ao uso da terra, em decorrência da área de estudo, foram realizadas adaptações que evidenciassem as características, além do uso e ocupação da bacia, mas das condições da cobertura vegetal. Com base nessas observações foi elaborada o Quadro 7, que apresenta os graus de fragilidade para essa categoria.

Para essa classificação levou-se em consideração para a vegetação, o grau de alteração por parte das alterações antrópicas, levando-se em consideração os trabalhos de campo, e a análise de imagens de satélite.

Quadro 7: Classificação da fragilidade quanto ao uso e ocupação/vegetação

FRAGILIDADE	USO E OCUPAÇÃO/VEGETAÇÃO
1 - Muito Baixa	Caatinga/mata seca moderadamente conservada com características naturais semelhantes do recobrimento vegetal original e com dinâmica ambiental progressiva, podendo apresentar porte arbóreo, arbustivo e herbáceo. São áreas, que pela dificuldade de acesso, muitas vezes localizadas em regiões com declividades mais acentuadas, possuem um estado de conservação mais acentuado.
2 - Baixa	Caatinga/mata de tabuleiro degradada, com características de recobrimento vegetal secundário, alterada por atividades antrópicas principalmente para o extrativismo vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
3 - Média	Mata Ciliar ribeirinha degradada e fortemente degradada com características de recobrimento vegetal secundário transformado e com dinâmica ambiental com tendência regressiva, alterada pelas atividades humanas, como o extrativismo mineral e vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
4 - Forte	Caatinga degradada com características do recobrimento vegetal primário transformadas e com dinâmica ambiental com tendências regressivas, com inclusões de afloramentos rochosos, culturas de subsistência e pastagens extensivas.
5 - Muito Forte	Caatinga fortemente degradada submetida a processos de desertificação e com solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos, com presença dispersa de espécies de caatinga arbustivo-arbórea, arbustivo-herbácea, cactáceas, exposições rochosas, matações, solos erodidos com intensa utilização pelo pastoreio extensivo.

Fonte: Adaptado de Ross, 1992 e do Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação no Estado do Ceará, 2015.

Nessa perspectiva, para a efetivação do mapeamento dos sítios urbanos, será considerada variáveis como a altimetria para a descrição local, mas principalmente os dados obtidos através da análise da declividade, respeitando a escala de 1:60.000 que será adotada, utilizada ainda para análise da fragilidade ambiental das áreas do entorno aplicadas aos diferentes modelos propostos para a bacia.

Classes de declividade

Declividade (%)	
0-3	Plano
3-8	Suavemente ondulado
8-20	Ondulado
20-45	Fortemente ondulado
45-75	Montanhoso
>75	Escarpado

Fonte: EMBRAPA, 1979.

2.6.1 Tratamento estatístico na aplicação da fragilidade ambiental

A fim de classificar a fragilidade ambiental em 5 diferentes categorias, foi utilizado o método das medidas separatrizes quantil, onde foi realizada as devidas separações das classes e foi feito alguns gráficos e tabelas para descrever o comportamento da fragilidade. No geral foi observado um alto nível de fragilidade nos ambientes estudados.

Para entendermos melhor a metodologia aplicada neste trabalho, devemos primeiramente compreender porquê usá-la.

O grande objetivo do estudo é analisar o nível de fragilidade de determinados locais, para isso foram considerados aspectos relevantes quanto ao relevo, o solo e o uso e ocupação/vegetação do ambiente, cada um desses aspectos foram avaliados em uma escala crescente de 1 a 5, da seguinte maneira:

1. Fragilidade - Muito baixa
2. Fragilidade - Baixa
3. Fragilidade - Média
4. Fragilidade - Forte
5. Fragilidade - Muito forte

Então para cada “polígono” do ambiente que foi avaliado, foram considerados um total de três indicadores de fragilidade.

A grande questão a ser respondida é como juntar as notas atribuídas aos três indicadores para podermos classificar a fragilidade do ambiente testado como um todo, classificando-os em muito baixa, baixa, média, forte ou muito forte. Isso é necessário pois o ambiente é formado por três indicadores, os quais possivelmente não estarão na mesma “categoria” de fragilidade, pois pode ocorrer de o solo ser classificado com fragilidade “muito baixa”, o relevo com fragilidade “Forte”, e o uso e ocupação/vegetação com fragilidade “Média”, então avaliando o ambiente como um todo, como classificá-lo? Essa é a questão principal que trataremos adiante.

O objetivo básico é integrar os três indicadores em apenas um nível de fragilidade. Para tal feito tem-se de recorrer a alguns métodos estatísticos e matemáticos.

Simulando as possibilidades de combinações das notas dos indicadores

Os valores numéricos assumidos nas classificações de cada indicador de fragilidade medido são os números 1,2,3,4 e 5. Em decorrência desse fato, é possível escrever todas as possíveis combinações de classificações para os três indicadores. Na Tabela 1 a seguir é possível visualizar uma demonstração das combinações:

Tabela 1: Exemplo de combinação das classificações dos três indicadores de fragilidade ambiental

Relevo	Solo	Uso e ocupação/vegetação
1	1	1
1	1	2
1	1	3
1	1	4
1	1	5
1	2	1
1	2	2
1	2	3
1	2	4
1	2	5
		⋮

Uma opção para “mesclarmos” os indicadores e obtermos um só valor é o SOMATÓRIO, ou seja, somando as classificações dos três indicadores têm-se apenas um número, ao qual através deste pode-se finalmente classificar a fragilidade ambiental por completo segundo as 5 categorias variando de “muito baixa” a “muito forte”. Na Tabela 2 tem-se o mesmo exemplo demonstrado

anteriormente, só que agora com uma coluna indicando o somatório dos valores dos indicadores.

Tabela 2: Exemplo de combinações das classificações dos três indicadores de fragilidade ambiental e o somatório dos valores

Relevo	Solo	Uso e ocupação/vegetação	Somatório
1	1	1	3
1	1	2	4
1	1	3	5
1	1	4	6
1	1	5	7
1	2	1	4
1	2	2	5
1	2	3	6
1	2	4	7
1	2	5	8
		⋮	⋮

Agora já definido como será avaliado a fragilidade ambiental nos polígonos medidos, através do somatório das classificações dos indicadores relevo, solo e uso e ocupação/vegetação. Com este número em mãos não temos a informação completa sobre o nível de fragilidade, para categorizar esses dados vamos utilizar uma técnica de medidas separatrizes, a qual é detalhada adiante.

Medidas separatrizes

Tanto a média quanto o desvio padrão podem não ser medidas adequadas para representar um conjunto de dados, pois:

- a) São afetados, de forma exagerada, por valores extremos.

b) Apenas com esses dois valores não temos ideia da assimetria ou simetria da distribuição dos dados.

Para contornar esses fatos, outras medidas têm de ser consideradas.

Medidas separatrizes são números que dividem uma sequência de dados ordenados em partes que contém a mesma quantidade de elementos. Por exemplo, supomos que temos os seguintes números 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10, caso queiramos separar em cinco partes iguais teríamos: 1,2 – 3,4 – 5,6 – 7,8 – 9,10, e poderíamos dizer que os números que separam esses grupos em grupos com 2 elementos cada um são: 2, 4, 6 e 8.

Uma medida separatriz bastante conhecida popularmente é a mediana, como se sabe, a mediana divide a distribuição em duas partes iguais quanto ao número de elementos de cada parte, ou seja, 50% dos elementos são valores menores que a mediana e 50% são maiores. Existem diversas outras medidas separatrizes conhecidas, os quartis, por exemplo, permitem dividir os dados em quatro partes iguais quanto ao número de elementos em cada uma, os decis em dez partes iguais.

De modo geral, podemos definir uma medida, chamada *quantil* de ordem p ou *p-quantil*, indicado por $q(p)$, onde p é uma proporção qualquer, $0 < p < 1$, tal que $100 \cdot p\%$ das observações sejam menores do que o *p-quantil*. Indicamos, abaixo, alguns quantis e seus nomes particulares.

$q(0,25)$: 1º Quartil = 25º percentil

$q(0,50)$: Mediana = 5º Decil = 50º percentil

$q(0,75)$: 3º Quartil = 75º percentil

$q(0,40)$: 4º Decil

$q(0,95)$: 95º percentil

O elemento que indica a medida separatriz para determinados dados são:

- Quartis
 - $Q(x) = x \cdot n / 4$, onde n é o número de observações no banco de dados, e x é o quartil.
- Decis

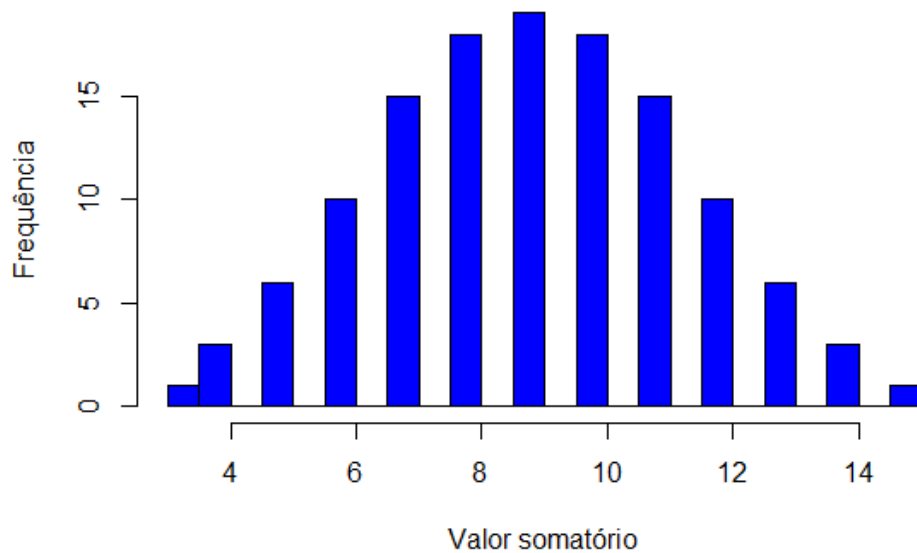
- $D(z) = z \cdot n / 10$, onde n é o número de observações no banco de dados, e z é o Decil.
- Quintis
 - $Q(y) = y \cdot n / 5$, onde n é o número de observações no banco de dados, e y é o Quintil.
- Percentis
 - $P(k) = k \cdot n / 100$, em que n é o número de observações, e k é o percentil.

Note que se o elemento for um número inteiro, então o *p-quantil* que estamos procurando identificar é um dos elementos da sequência ordenada.

Se o resultado não for um número inteiro, isto significa que o *p-quantil* é um elemento intermediário entre dois elementos da sequência ordenada que ocupam as posições aproximadas por falta ou por excesso do valor calculado. Neste caso, o *p-quantil* é definido como a média aritmética dos valores que ocupam estas posições aproximadas.

Voltando ao raciocínio sobre as classificações da fragilidade ambiental, podemos usar o método do quantil para separarmos a fragilidade em 5 classes. Como explicado anteriormente, nós descobrimos todas as possibilidades de combinações dos indicadores, depois realizamos o somatório. No Gráfico 1 apresentamos o histograma da soma dos três indicadores de fragilidade do ambiente.

Gráfico 1: Histograma do somatório dos indicadores de fragilidade ambiental



No Gráfico 1 pode-se visualizar a frequência dos valores do somatório. Os valores variam de 3 a 15, sendo 3 a nota mínima que é “muito baixo” para todos os fatores, e 15 a nota máxima, que é “muito forte” em todos os fatores.

Como o objetivo está em dividir a fragilidade em 5 classes, separou-se os dados em grupos iguais de 20% dos elementos cada um, possibilitando assim finalmente construir os intervalos de valores que indiquem as classes de fragilidade do ambiente. Os intervalos adotados desta forma são:

Tabela 3: Intervalos das classes de fragilidade ambiental

Fragilidade	Intervalo
Muito baixa	Menor que 7
Baixa	7 ou 8
Média	9 ou 10
Forte	11 ou 12
Muito forte	Maior que 12

Teste de independência Qui-quadrado

O teste Qui-quadrado verifica se existe relação/associação entre duas variáveis, através da comparação das frequências obtidas dos cruzamentos entre as mesmas.

Basicamente são testadas as seguintes hipóteses:

H₀: As variáveis não estão associadas.

H₁: As variáveis são associadas.

Rejeita-se a hipótese nula caso a estatística do teste χ^2 seja maior que o quantil de 95% da distribuição Qui-Quadrado com $(r - 1)(c - 1)$ graus de liberdade, onde r e c são o número de categorias de cada variável. Outro fator de rejeição da hipótese nula é quando o valor p associado a estatística seja menor que o nível de significância adotado.

Para os testes realizados nesta seção, foi utilizado o método de simulação de Monte Carlo, pois a maior parte das tabelas apresentaram classes com poucas observações. Este método realiza simulações para buscar corrigir possíveis erros de aproximação do teste Qui-quadrado.

3 OS SERTÕES CENTRO-OCIDENTAIS E O VALE DO BANABUIÚ

Nesse capítulo serão abordados os elementos que constituem os elementos biofísicos da área. Nesse sentido, será evidenciado os componentes ambientais (geologia, geomorfologia, solos, clima e vegetação), e posteriormente a leitura integradas dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

3.1 Localização

A Bacia hidrográfica rio Banabuiú (figura 12), está localizada na porção centro-norte do estado do Ceará, entre as coordenadas 5° 27' e 5° 12' de latitude sul e 38° 55' e 38° 17' de latitude oeste, com uma área de aproximadamente 19.810 Km².

A bacia do Banabuiú constitui-se como uma sub-bacia do rio Jaguaribe, juntamente com as sub-bacias do Alto, Médio e Baixo Jaguaribe e sub-bacia do Salgado. A área da bacia compreende, essencialmente, os municípios localizados nos sertões centrais, limitando-se com quase todas as bacias do estado, com exceção das bacias do Coreaú, do litoral e a sub-bacia do salgado (CEARÁ, 2009).

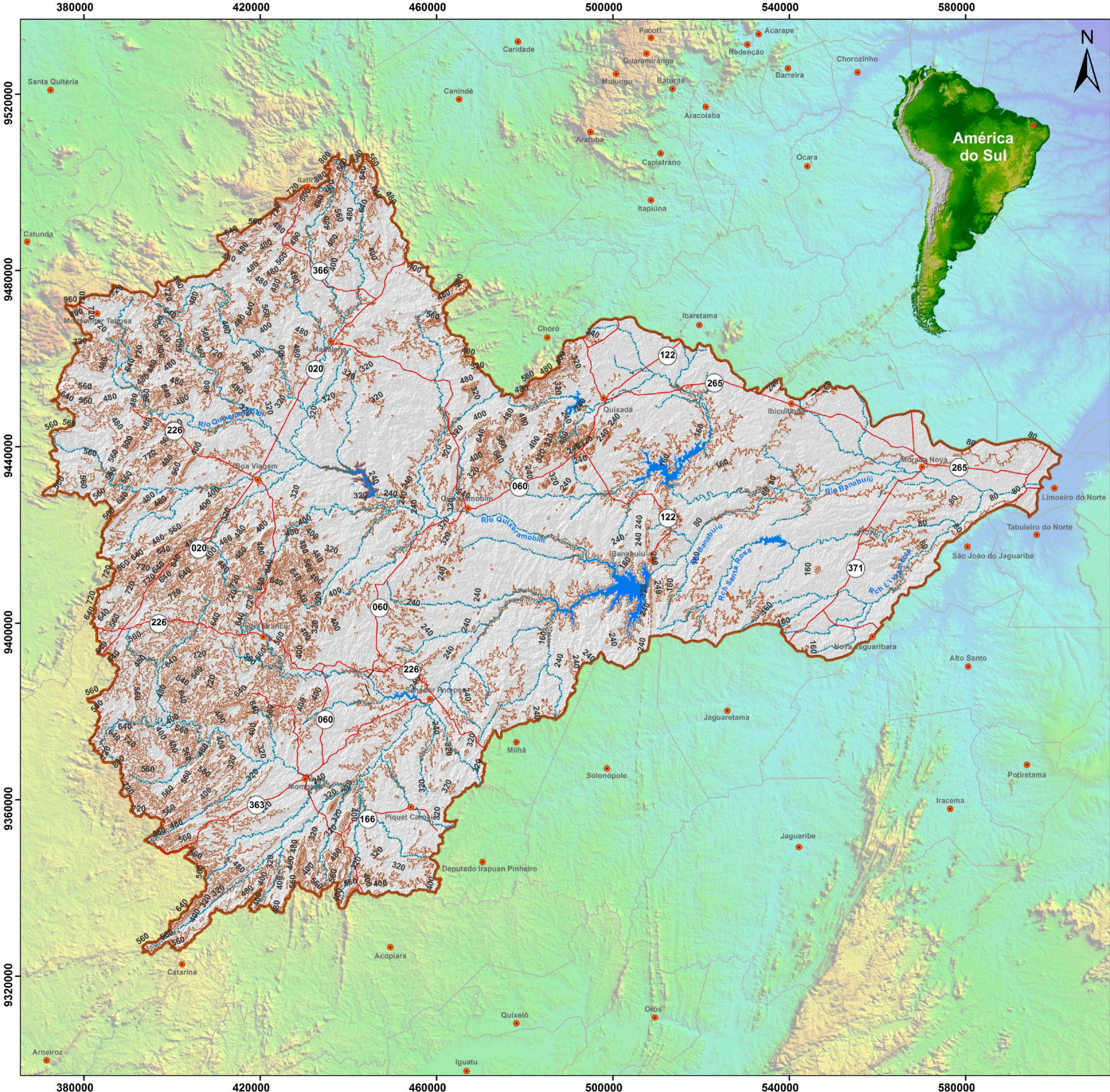
O Banabuiú é o rio principal, cuja sub-bacia drena uma área aproximada de 19.810 km², desenvolve-se no sentido oeste-leste e percorre um curso total de 314 km, até desaguar no rio Jaguaribe nas proximidades com a cidade de Limoeiro do Norte. Sua área equivale a 13% do território cearense (CEARÁ, 2009).

Pela grande extensão, a bacia do Rio Banabuiú possui importantes afluentes que irão compor um conjunto de características geoambientais na área dos sertões centrais. Seus afluentes a margem esquerda são os rios Patu, Quixeramobim e Sitiá, e a margem direita apenas o Riacho Livramento (COGERH, 1992).

Figura 12: Delimitação das bacias do Estado do Ceará. Observar ao centro, a bacia hidrográfica do rio Banabuiú.

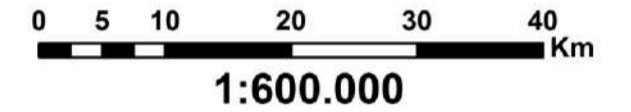


Fonte: IPECE, 2013.









Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido
**FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS
 E SÍTIOS URBANOS NO VALE DO RIO BANABUIÚ - CE**
 Luis Ricardo Fernandes da Costa

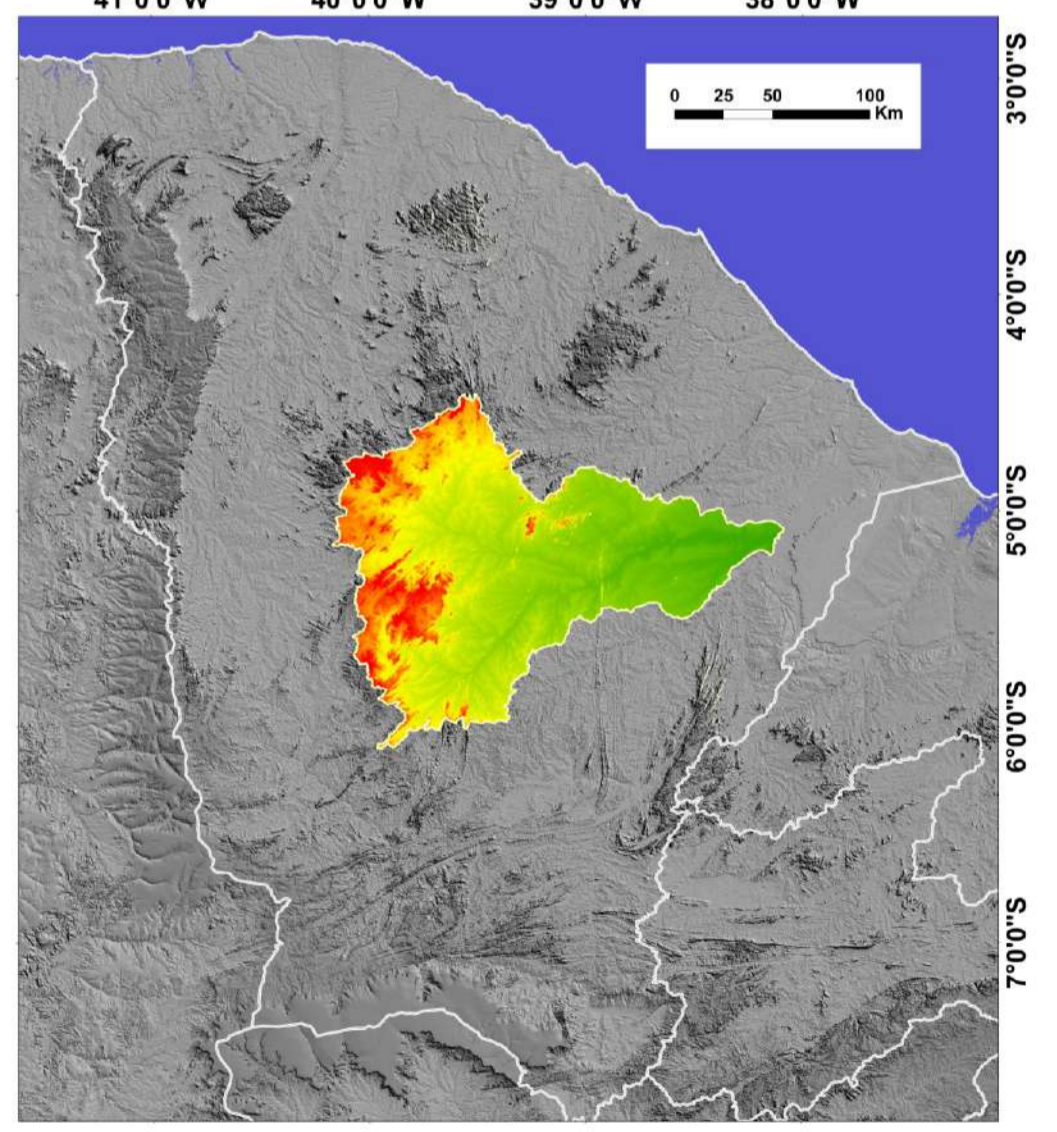
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira
 Coorientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos



Mapa básico

Convenções

-  Limite da Bacia
-  Limites Municipais
-  Curvas de nível
-  Estradas Pavimentadas
-  Sedes Municipais
-  Rios e Riachos
-  Espelhos D'água



Departamento Estadual de Rodovias - DER. Mapa Político e Rodoviário.
 Escala: 1:750.000, Governo do Estado do Ceará, 2014.
 Escala: 1:1.000.000, Rio de Janeiro, 1981.
 IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Limite Político, Escala: 1 :800.000. IBGE, 2007.
 MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
 Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. Cartas na Escala 1:100.000.
 Sistema de Projeção: Univesal Transversa de Mercator - UTM
 Datum: Sirgas 2000

3.2 Aspectos geológico-geomorfológicos

A contextualização geológico-geomorfológica da área é de fundamental importância para a compreensão de diversos fatores. Elementos como a litologia, assim como a estrutura (geologia), e feições da morfologia e declividade (geomorfologia) são imprescindíveis para a elucidação dos elementos que compõem a dinâmica geoambiental.

A partir da análise da geologia pode-se aferir diversos parâmetros, como o padrão de drenagem e a disponibilidade de águas subterrâneas por exemplo. Essa análise da geologia local e regional é fundamental para o início do levantamento geoambiental.

Acerca dos elementos envolvidos nas morfoestruturas regionais, Tricart (1977) ressalta a importância da tectônica e da litologia. A primeira está relacionada aos eventos geológicos pretéritos que formaram as grandes estruturas regionais, que acabam por influenciar nas grandes morfoestruturas, a destacar os escudos antigos, e a segunda relacionada à composição das rochas frente às intempéries dos agentes externos.

O conhecimento das rochas é importante porque influem na forma, na dimensão e na evolução do relevo. Em alguns locais as rochas se dispõem em delgadas camadas dispostas horizontalmente, dobradas ou quebradas. Em outras elas constituem massas espessas e compactas, caracterizando dessa forma o aspecto estrutural (PENTEADO, 1978).

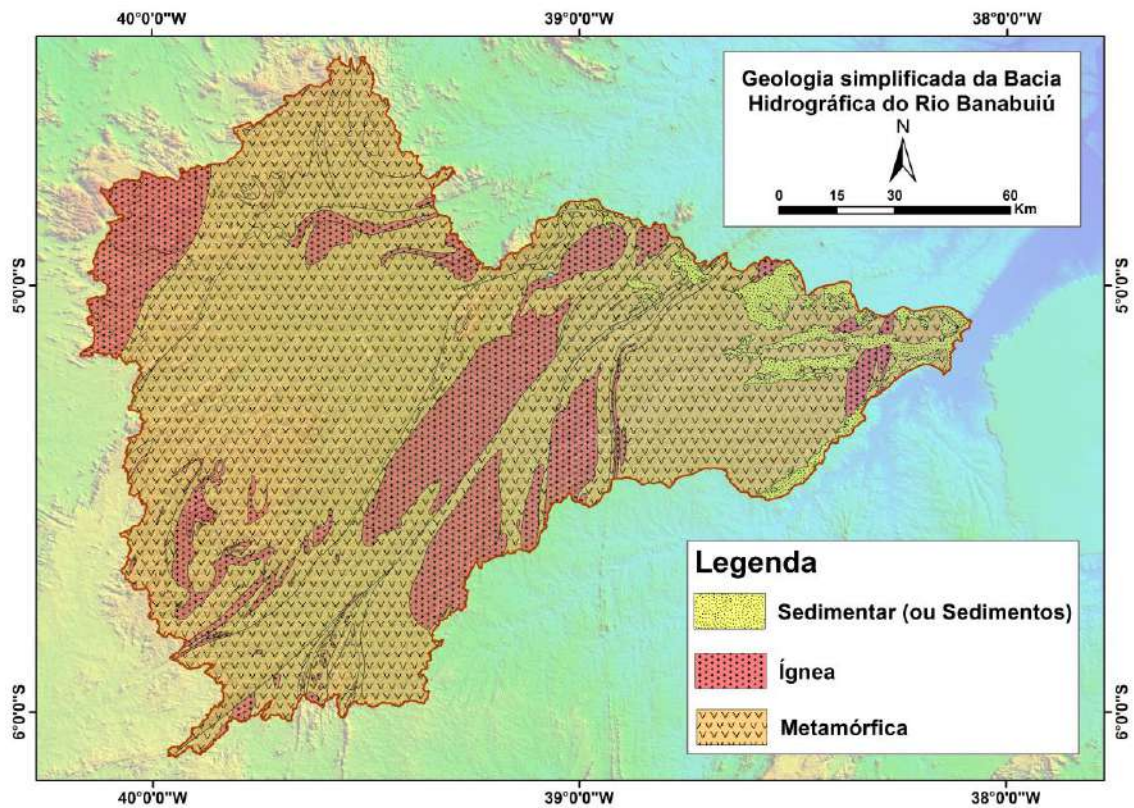
As condições geológicas locais, juntamente com variáveis climáticas, serão variáveis relevantes para a compreensão do relevo e sua repercussão em outros elementos da paisagem, como o próprio solo e por consequência a vegetação.

A área está inserida na Província Borborema (ALMEIDA *et al.*, 1981), onde engloba a porção setentrional da Região Nordeste, limitando a Oeste com a Província Parnaíba e ao sul com Cráton do São Francisco. De forma geral, a Província Borborema tem predomínio de rochas Pré-Cambrianas que afloram extensivamente, registrando uma história evolutiva longa e complexa, fruto da atuação de eventos de ordem tectônica que operaram durante o Arqueano, Paleoproterozoico e Neoproterozoico (BRITO NEVES, 1999; NOGUERIA, 2004).

A sub-bacia hidrográfica do Banabuiú apresenta um padrão geológico homogêneo, observando-se um predomínio de rochas do embasamento cristalino (96,53%), representadas por gnaisses e migmatitos diversos, associados a rochas plutônicas e metaplutônicas de composição predominantemente granítica (CEARÁ, 2009).

Sobre esse substrato, repousam os sedimentos (3,47%) Paleógenos e Neógenos do Grupo Barreiras, coberturas Cenozoicas, que afloram sob a forma de manchas esparsas, ao longo da região, e coberturas aluviais, de idade Quaternária, encontradas ao longo das calhas fluviais (CEARÁ, 2009).

Figura 13: Geologia simplificada da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú



Fonte: CPRM, 2003. Elaboração: Costa, 2016.

Dessa maneira a relação da geologia com os outros componentes ambientais é fator básico para a inter-relação destes, de maneira que possamos compreender o significado da geologia (tectônica e litologia), na configuração geoambiental. A influência externa do clima, discutida posteriormente será fator

fundamental para a compreensão da dinâmica presente, ou seja, a morfodinâmica atual.

As unidades litoestratigráficas da bacia do Rio Banabuiú foram analisadas mediante os levantamentos de trabalhos geológicos realizados anteriormente. Nesse sentido, os trabalhos que serviram como base para o levantamento o RADAMBRASIL (1981), e os trabalhos da CPRM (2003,2014), além de estudos específicos que subsidiaram análises mais apuradas.

A sequência das unidades litoestratigráficas foi baseada no levantamento geológico da CPRM (2003)¹, na qual possibilitou uma análise mais específica a respeito da composição litológica da área.

Pré-Cambriano

As litologias que compõem a bacia hidrográfica do rio Banabuiú são muito variadas, com diversos tipos de rochas. O objetivo não é fazer um levantamento detalhado da litologia, mas procurar compreender como o substrato predominante influencia na dinâmica geoambiental, para dessa forma auxiliar o ordenamento do território.

O Pré-Cambriano, unidade de maior abrangência na área de estudo, é composta por rochas do Arqueano e Proterozoico. Marca a ocorrência de grandes áreas onde ocorre aplainamento no modelado, com influência em diversos elementos da paisagem, como o mosaico de solos, padrão de drenagem atual e os sistemas ambientais discutidos posteriormente.

O Complexo Cruzeta (Arqueano) a maior unidade individualizada da área, e composta essencialmente por ortognaisses granodioríticos, graníticos e tonalíticos, além de ortognaisses cinzentos, paragnaisses e migmatitos. As unidades Proterozoicas, que abrangem a maior parte da bacia tem composição predominante

¹ O objetivo não é confrontar os variados trabalhos de levantamento geológico da área, mas utilizá-los como base para a compreensão da tectônica e litologia regional, e seus reflexos nos demais componentes. Os levantamentos basilares se restringem ao RADAMBRASIL (1981); Cavalcante *et al.*, 1983 e CPRM (2003). Ademais, pelas diferentes metodologias utilizadas em cada levantamento, optou-se por utilizar a sequência litoestratigráfica proposta pela CPRM (2003), mas sem desconsiderar a relevância dos demais trabalhos na compreensão do contexto geológico local e regional.

de ortognaisses migmatizados, paragnaisses, micaxistos e metacalcários (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

➤ **Complexo Cruzeta**

Unidade Mombaça (APczm): ortognaisses granodioríticos, graníticos e tonalíticos, geralmente cinzentos, e migmatitos, dominando sobre anfibolitos, metagabros, metaultramáficas, charnockitos (raros), metacalcários e rochas calcissilicáticas (czm - segmento com importante participação de ortognaisses granodioríticos paleoproterozóicos).

Indiferenciado (APcz): domínio de ortognaisses cinzentos (TTG), paragnaisses e migmatitos, encerrando lentes de anfibolitos/metabasaltos, metagabros, metaultramáficas, metacalcários, micaxistos, gonditos, formações ferríferas/itabiritos (czit) e rochas calcissilicáticas.

Unidade Algodões (PPad): paragnaisses diversos, em parte de protólito arcoseano, metabasaltos, anfibolitos, metaultramáficas e formações ferríferas, por vezes associados a diques de ortognaisses leucocráticos e mesotipos; adb - anfibolitos e/ou anfibólio gnaisses associados, em parte, a gnaisses dioríticos e metaultramafitos.

Complexo Jaguaretama (PPj): ortognaisses migmatizados, composição entre granito e tonalito, com paragnaisses, anfibolitos, quartzitos, metaultramáficas e rochas calcissilicáticas (PPjgn - segmento com importante participação desses matamorfitos de derivação sedimentar, incluindo lentes de metacalcários).

Unidade Acopiara (PPa): paragnaisses e ortognaisses, parcialmente migmatíticos, incluindo, subordinadamente, micaxistos grafitosos, anfibolitos, rochas calcissilicáticas (aca), por vezes scheelitíferas, metaultramáficas e quartzitos (aq); PPag - segmento com participação de ortognaisses graníticos e tonalíticos, de tonalidades cinzentas cortados por diques de rochas básicas metamorfizadas.

➤ **Complexo Ceará**

Unidade Arneiroz (PPcar): paragnaisses diversos, em parte migmatíticos, e micaxistos, encerrando jazimentos de dimensões variadas de quartzitos (arq - quartzitos + micaxistos), metacalcários (arca), rochas calcissilicáticas, anfibolitos e talcoxistos; arg - predomínio de paragnaisses; arq - quartzitos, micaxistos e metavulcânicas básicas, em níveis distintos de deformação milonítica.

Unidade Quixeramobim (PPcqu): paragnaisses e micaxistos aluminosos; níveis subordinados de quartzitos (quq), metacalcários (quca) e rochas calcissilicáticas.

Unidade Canindé (PPcc): paragnaisses em níveis distintos de metamorfismo-migmatização, incluindo ortognaisses ácidos (p.ex: em cogn) e rochas metabásicas: c - metagabros, anfibolitos com ou sem granada, e gnaisses dioríticos, associados ou não a enderbitos; c1- metagabros e metaultramáficas serpentinizadas e xistificadas, lentes de quartzitos (cq), metacalcários (cca), rochas calcissilicáticas (ccs), formações ferríferas (cfe) e ferro-manganesíferas, além de metaultramáficas (c); cgnl – granulitos máficos, enderbitos e leptinitos; caf - anfibólio gnaisses e/ou anfibolitos; PP(NP)cc - tratos onde são comuns os jazimentos estratóides e diqueiformes de granitóides neoproterozóicos, cinzentos e rosados, gnaissificados ou não e, em parte, facoidais.

Unidade Independência (PPci): paragnaisses e micaxistos aluminosos (em parte migmatíticos), incluindo quartzitos (iq), metacalcários (ica), rochas calcissilicáticas e, mais raramente, anfibolitos (iqx - micaxistos, paragnaisses e quartzitos; ipx - paragnaisses e micaxistos).

Suítes intrusivas: *Dioritos e gabros (PPg δ); Ortognaisses e granito-granodioríticos (PPy); Ortognaisses granito-granodioríticos (PP2y):* acessoriamente tonalíticos, em parte facoidais e/ou associados a migmatitos.

➤ **Grupo Orós**

Formação Santarém (PP4os): micaxistos diversos (biotita, muscovita, granada, estauroлита, andaluzita, sillimanita), localmente com estreitas intercalações de metamigmatitos ácidos a básicos; quartzitos (osq), localmente feldspáticos ou granadíferos, por vezes associados a metachertes ferríferos e mica-quartzo xistos; filitos, metassiltitos, metacarbonatos (metacalcários a metadolomitos/magnesitas - osca) e rochas calcissilicáticas / marinho, transicional-lagunar.

Suíte Granitóide Serra do Deserto (PP4sd): augenortognaisses graníticos, à biotita +/- hornblenda, servindo de encaixantes para corpos de tonalitos ou quartzodioritos e sienogranitos gnaissificados.

Complexo Tamboril-Santa Quitéria NP(PP)ts: associação granito-migmatítica, envolvendo granitóides neoproterozóicos, cinzentos e rosados, de granulação variável até termos porfíricos, gnaissificados ou não, em jazimentos de geometrias e dimensões diversas; para e ortognaisses migmatíticos, além de rochas

calcissilicáticas, anfibólitos e, localmente, rochas ferríferas e metaultramáficas (relacionadas, no geral, ao Complexo Ceará e sendo, as primeiras, frequentes como enclaves dos granitóides); **tsy** - granitóides dominantes (corpos menores fotointerpretados); **tsyo** - ortognaisse facoidal milonítico. NP(PP) **yc** - conjunto similar ao NP(PP) **ts**.

Granitóides diversos (NP_y): biotita-granitos, monzogranitos, sienitos, quartzomonzonitos e granitos porfiríticos, em parte somados num mesmo espaço cartografado. NP(y) **y** - granitóides de cronologia NP duvidosa.

Suíte Máfica (NP_δ): Dioritos associados a fácies gabróicas e granitóides.

Suíte Gabróide (NP_{3δ2}): dioritos, gabros, noritos (às vezes, diferenciados ultramáficos), tonalitos e, acessoriamente, quartzomonzonitos e granodioritos.

Suíte Granitóide Itaporanga (NP_{3y2i}): granitos e granodioritos de granulação grossa e porfiríticos, à biotita +/- anfibólio, associados a dioritos e fases intermediárias de misturas; monzogranitos subordinados.

Indiferenciada (NP_{3y3i}): granitóides cinzentos, geralmente de granulometria média a grossa (fácies porfirítica subordinada), de composição granítica dominante, em parte com enclaves dioríticos, em jazimentos individualizados ou embutidos nos corpos dos NP_{3 2}, onde ocorrem como uma fase mais nova.

Cabe destacar a importância as intrusões graníticas², compostas por granitos e granodioritos, que acabam por influenciar na composição das rochas e sua influência sobre a estruturação superficial da paisagem. A relação dessas intrusões graníticas com as rochas encaixantes terá influência na estruturação superficial da paisagem, com repercussão nas formas de relevo derivadas de rochas graníticas.

Mesozoico

Corresponde a menor unidade litoestratigráfica inserida na bacia, denominada de **Formação Sitiá** e composta por conglomerados polimíticos, arenitos

² Para maiores detalhes acerca da influência das intrusões graníticas, consultar o trabalho de Nogueira (2004). Na tese o autor apresenta dados sobre a composição e as distinções entre os batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu.

conglomeráticos arcoseanos e siltitos-argilitos de cores variegados; estratificação cruzada e alto grau de silicificação (CAVALCANTE *et al.*, 2003).

Cenozoico

É caracterizado na área pela ocorrência de coberturas sedimentares do Cenozoico, representadas pela **Formação Faceira, coberturas colúvio-eluviais detríticas** e as **aluviões**.

Nesse sentido, são áreas onde os processos de agradação predominam, com maior ou menor intensidade, variando com o tipo de depósito observado. Importante perceber a relação dessas coberturas com aspectos paleoclimáticos, fato evidenciado quando se é observado as linhas de cascalheiras que constituem a Formação Faceira, registro de variações climáticas marcantes do Paleógeno e Quaternário.

A Formação Faceira é caracterizada por sedimentos afossilíferos com níveis conglomeráticos basais, avermelhados, grosseiros, contendo seixos bem rolados de quartzo (BRAGA *et al.*, 1981). A constituição granulométrica e faciológica da Formação Faceira, bem como sua localização em relação ao rio Jaguaribe, são elementos que demonstram características de fácies de origem fluvial (BRAGA *et al.*, 1981; CLAUDINO-SALES, 2002; MAIA, 2005).

Litologicamente, as coberturas colúvio-eluviais detríticas são matérias caracterizados por sedimentos de matriz areno-argilosa alaranjada e/ou avermelhada de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base (BRAGA *et al.*, 1981; CPRM, 2014).

As aluviões são constituídas pela argilas, areias argilosas, areias puras e cascalho. As argilas são abundantes e se encontram com frequência na maioria das calhas dos rios na região. São argilas em geral detríticas, de boa plasticidade, de cores muito variadas, geralmente brancas, amarelas, esverdeadas, alaranjadas e vários matizes de cinza (BRAGA *et al.*, 1981).

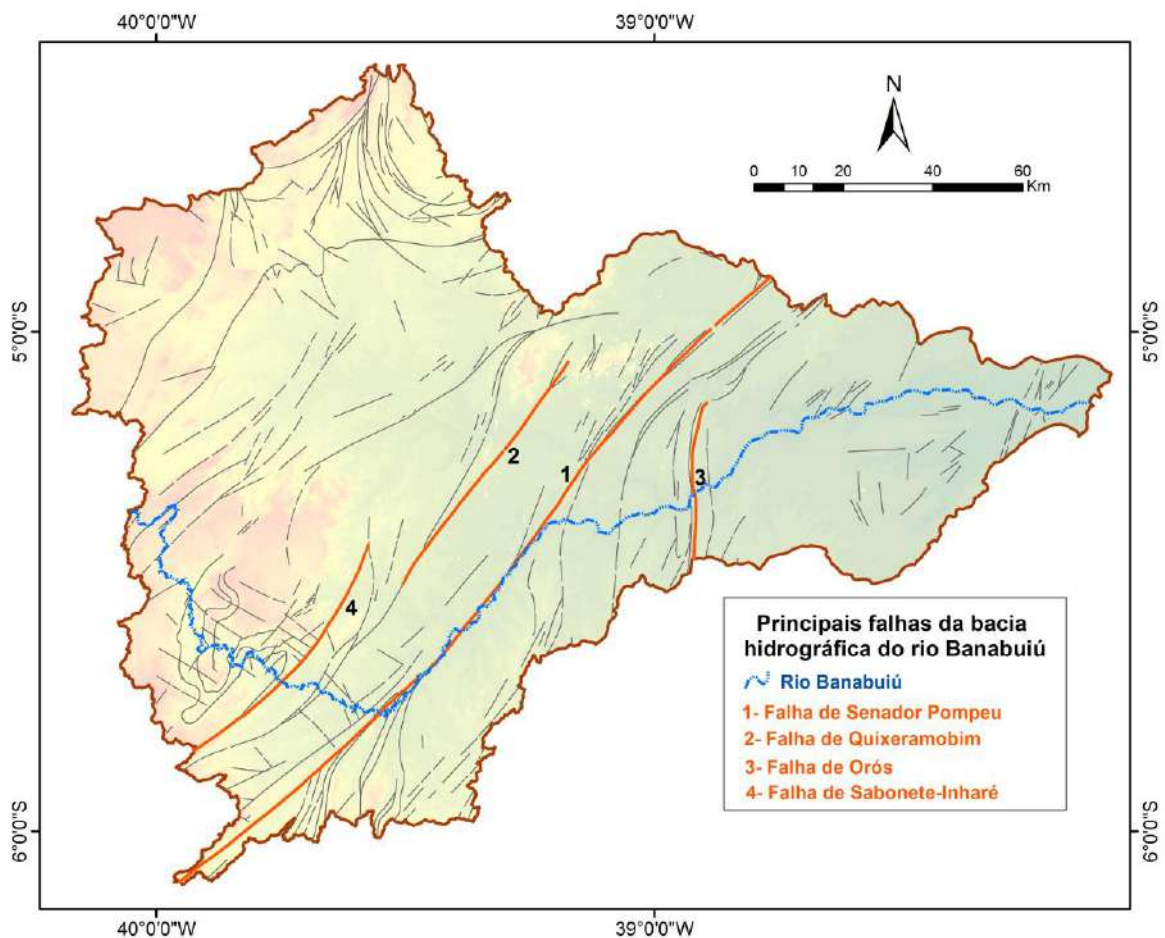
São áreas representadas pela dinâmica mais recente, onde os processos, do ponto de vista geomorfológico, são mais atuantes. Desse modo, configuram-se as planícies fluviais, compostas essencialmente pelas aluviões, sedimentos Quaternários que se instalam nas calhas fluviais. Nesse sentido, cabe destacar as

coberturas que bordejam as calhas fluviais dos rios Banabuiú e Quixeramobim, os mais expressivos da bacia de drenagem.

Como já exposto anteriormente, a estrutura e litologia exercem papel importante na configuração do ambiente, pois condicionam as formas de relevo e conseqüentemente os processos erosivos, desencadeados na área em decorrência do contexto climático.

Nessa perspectiva, o contexto das falhas geológicas na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú é importante para a compreensão da influência de processos tectônicos no relevo. A falha de Senador Pompeu exerce grande influência sobre a rede de drenagem. Basta observar o controle estrutural do rio Banabuiú próximo ao Município de Mombaça, onde o canal do rio apresenta um padrão retilíneo devido as influências da estrutura.

Figura 14: Principais falhas da bacia hidrográfica do Rio banabuiú



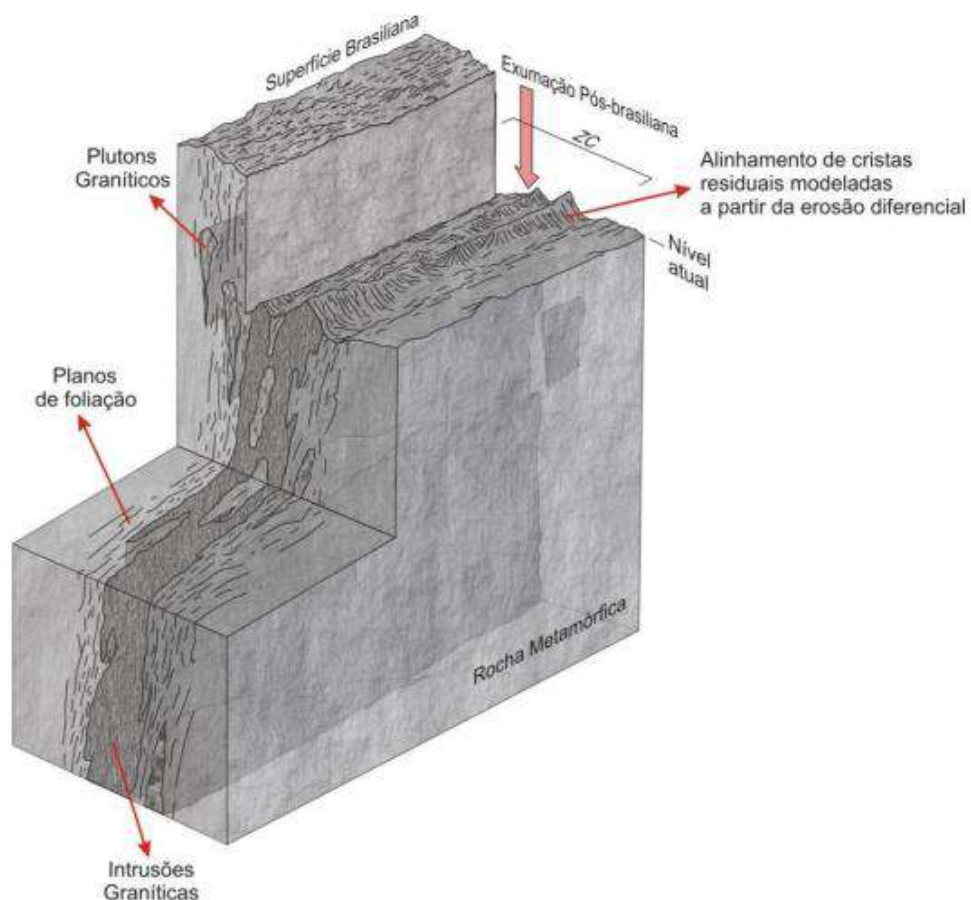
Fonte: CPRM, 2003. Elaboração: Costa, 2016.

Na Província Borborema é possível visualizar diversas zonas de cisalhamento transcorrentes com direções preferenciais nos sentidos E-W e NE. Estas zonas em geral controlam o alojamento de diversos corpos granitoides (NASCIMENTO, 1998).

Nesse sentido, Maia e Bezerra (2014) destacam que o relevo pode apresentar uma disposição de sequencias de cristas e vales orientados segundos os *trends* de lineamentos. Esses *trends* são representados por planos de foliação, por cristas quartzíticas ou de micaxistos, por intrusões graníticas e por planos de milonitização (MAIA e BEZERRA, 2014).

Essas zonas, após os processos denudacionais, acabam resistindo aos processos de intemperismo e erosão, resultando assim em cristas alongadas que serão parte da geomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, funcionando como divisores de água, além de serem áreas propícias para a implantação de barramentos hídricos (Figuras 15 e 16).

Figura 15: Intrusões graníticas e sua repercussão no relevo



Fonte: Maia e Bezerra, 2014.

Figura 16: Cristas influenciadas pelo Lineamento Senador Pompeu. Município de Solonópolis.



Fonte: Maia, 2016.

São áreas ainda que propiciam intrusões graníticas, resultado da ascensão do magma através da crosta ao longo de zonas de cisalhamento (CASTRO *et al.*, 2002).

É o caso da porção central da bacia do Rio Banabuiú, onde alojados entre a Zona de cisalhamento Quixeramobim e a Senador Pompeu, tem-se rochas graníticas do Complexo Granítico Quixadá-Quixeramobim, sendo rochas intrudidas em pacotes de rochas Pré-Cambrianas, compostas por gnaisses diversos, corpos metacalcários, rochas cálcio-silicáticas, quartzitos e metaultrabasitas (CAVALCANTE *et al.*, 1983; NOGUEIRA, 2004; ARTHAUD, 2007).

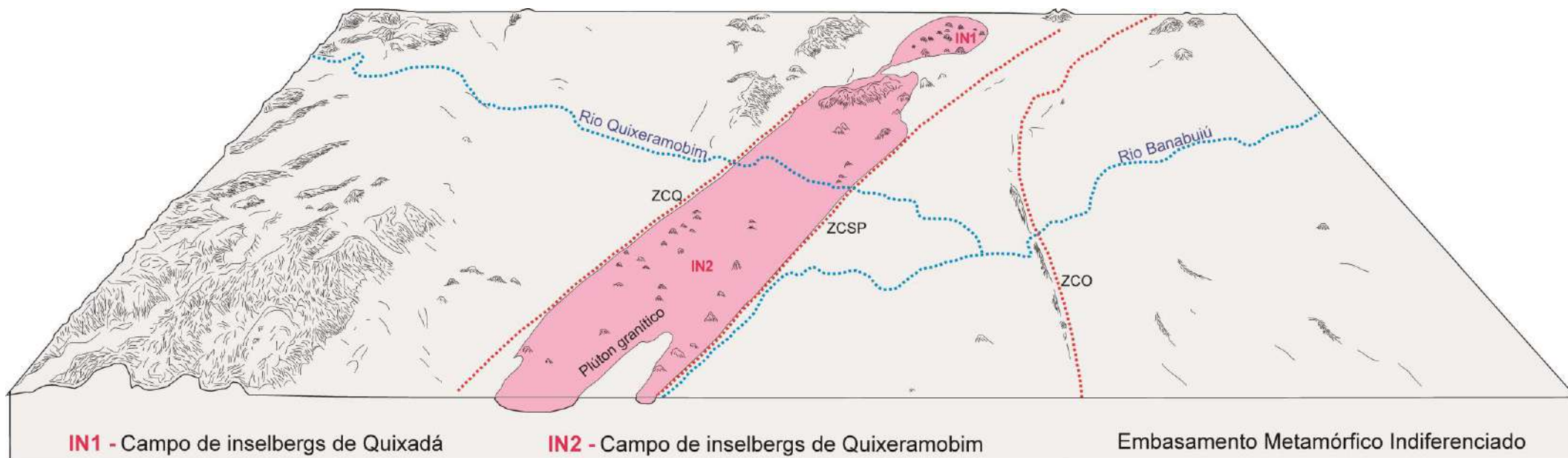
De acordo com Maia *et al.*, (2015) são regiões onde a ascensão do magma ocorreu no interior da crosta continental originando os batólitos que foram exumados pela dissecação e erosão do embasamento encaixante sotoposto.

Na área de estudos, os campos de inselbergs de Quixadá e Quixeramobim (Figura 17) expressam bem essa dinâmica, resultando em relevos residuais, fruto de processos denudacionais, relacionada a dinâmicas de ordem estrutural, litológica e paleoclimática (MAIA *et al.*, 2015).

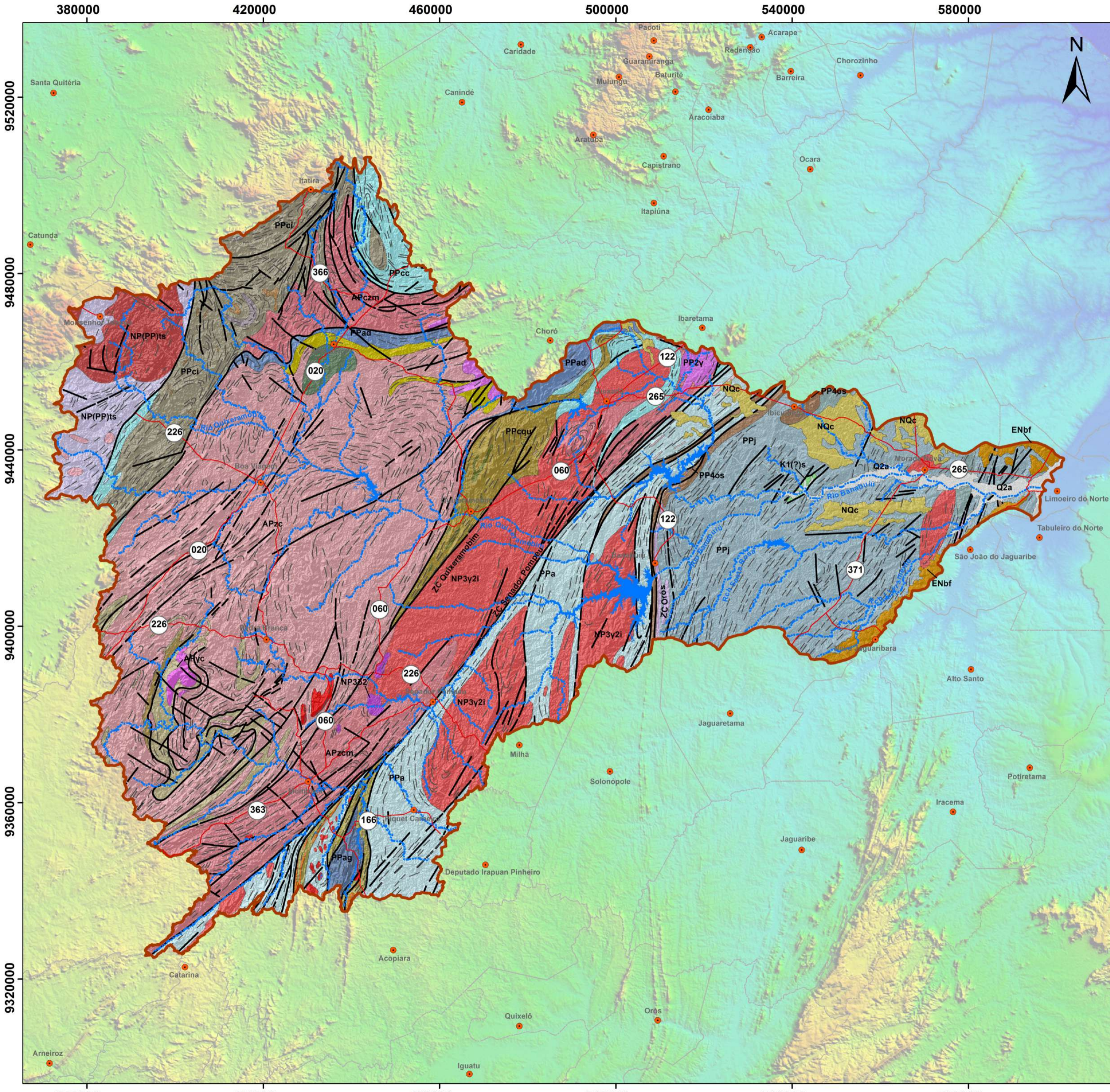
As condições que o relevo impõem na paisagem são fundamentais para a compressão e o aprimoramento da análise integrada. Nesse sentido, é importante perceber como a geomorfologia da área está estruturada, observando a relação com a geologia e os demais elementos que serão explicitados mais a frente, como a hidrologia de superfície e o mosaico de solos.

Aspectos da morfologia como a hipsometria e a declividade (Mapa 3) também são apresentados. Tem por objetivo auxiliar na interpretação dos dados referentes as condições do relevo, tão bem como subsidiar produtos integrativos como o próprio mapa de geomorfologia.

Figura 17: Bloco diagrama da porção central da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú



Bloco Diagrama Geológico-Geomorfológico da porção central da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú. (ZCQ – Zona de cisalhamento Quixeramobim. ZCSP – Zona de cisalhamento Senador Pompeu. ZCO – Zona de cisalhamento Orós)



Linha de Pesquisa: **Natureza, Campo e Cidade no Semiárido**

FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS E SÍTIOS URBANOS NO VALE DO RIO BANABUIÚ - CE

Autor: **Luis Ricardo Fernandes da Costa**

Orientadora: **Prof^a. Dr^a. Viádia Pinto Vidal de Oliveira**
 Coorientador: **Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos**



Geologia

Legenda			
	Unidade Litoestratigráfica	Litologia	
Cenozoico	Q2a	Depósitos Aluviais	Argilas, areias argilosas e cascalhos
	NQc	Depósitos elúvio-coluviais	Sedimentos argilo-arenosos
	ENbf	Grupo Barreiras – Formação Faceira	Conglomerados e arenitos
Mesozoico	K1(?)s	Formação Sitia	Conglomerados e arenitos
	NP3y3i	Granitóides de quimismo indiferenciado	Granitóides cinzentos
	NP3y2i	Suíte granitóide itaporanga	Granitos e granodioritos
	NP3s2	Suíte gabróide	Dioritos, gabros e tonalitos
	NPδ	Suíte máfica	Dioritos associados a fácies gabróicas e granitóides
	NPγ	Granitóides diversos	Granitóides
	NP(PP)ts	Suíte intrusiva Tamboril-Santa Quitéria	Granitos, migmatitos e paraderivadas
Pré-Cambriano	PP4sd	Suíte intrusiva Serra do Deserto	Augenortognaisses graníticos
	PP4os	Grupo Orós – Formação santarém	Micaxistos, metamagmatitos e quartzitos
	PP2y	Suíte intrusiva	Ortognaisses e granito-granodioríticos
	PPγ	Suíte intrusiva	Ortognaisses e granito-granodioríticos
	PPgδ	Indiferenciado	Dioritos e gabros
	PPci	Complexo Ceará - Unidade Independência	Paragnaisses, micaxistos e metacalcários
	PPcc	Complexo Ceará - Unidade Canindé	Paragnaisses, ortognaisses, metabásicas e metacalcários
	PPcqu	Complexo Ceará - Unidade Quixeramobim	Paragnaisses, micaxistos, quartzitos e metacalcários
	PPcar	Complexo Ceará - Unidade Arneiroz	Paragnaisses, micaxistos, quartzitos e metacalcários
	PPag	Unidade Acopiara	Paragnaisses e ortognaisses graníticos
PPj	Complexo Jaguaratama	Ortognaisses migmatizados, paragnaisses e anfibolitos	
PPad	Unidade Algodões	Paragnaisses, metabasaltos, anfibolitos	
APyc	Suíte intrusiva Cedro	Metacarbonatos	
APcz	Complexo Cruzeta - Indiferenciado	Sequência plutono-vulcanossedimentar	
APczm	Complexo Cruzeta - Unidade Mombaça	Ortognaisses, migmatitos e metamáficas	

Convenções	
	Limite da Bacia
	Limites Municipais
	Rios e Riachos
	Zonas de Cisalhamento (falhas e fraturas)
	Estradas Pavimentadas
	Sedes Municipais
	Espelhos D'água
	Lineamentos

CPRM – Serviço geológico do Brasil. Mapa geológico do Estado do Ceará. Escala 1 :500.000, Ceará. CPRM, 2003.
 Departamento Estadual de Rodovias - DER. Mapa Político e Rodoviário. Escala: 1:750.000, Governo do Estado do Ceará, 2014.
 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Limite Político. Escala: 1 :800.000, IBGE, 2007.
 MIRANDA, E. E. de; (Coord.) Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
 Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. Cartas na Escala 1:100.000. Sistema de Projeção: Univesal Transversa de Mercator - UTM. Datum: Sirgas 2000

A geomorfologia da área é caracterizada essencialmente pelas depressões sertanejas, dominada pela zona morfoclimática típica do sertão (TRICART, 1983). São superfícies desenvolvidas em depressões interplanálticas, oriundas de aplanagens modernas, referíveis ao Plioceno e ao Quaternário Inferior. Essas depressões, de grandes extensões, exibem rasas colinas sujeitas a climas quentes semiáridos e a drenagens intermitentes e sazonais (AB'SABER, 1974).

Referindo-se ao estado do Ceará, as depressões sertanejas estão situadas em níveis altimétricos inferiores a 400 m, englobando cerca de 100.000 km², ou seja, 70% do território estadual. Dispõem-se na periferia dos grandes planaltos sedimentares ou embutidas entres estes e os maciços residuais (SOUZA, 1988).

As condições geomorfológicas do vale do Banabuiú (Mapa 3), são expressas essencialmente pela condição de aridez, expressa na conjuntura de um vasto Pediplano (SOUZA, 1988), condicionado através dos pedimentos que se inclinam deste a base dos maciços residuais. São áreas aplainadas que na área de abrangência da bacia é dividida em dois níveis distintos. O primeiro nível, com altimetrias que variam entre 100 a 250 metros, e o segundo nível, entre 250 e 400 metros.

No sentido de setorizar e oferecer subsídios para a compreensão da geomorfologia como âncora para as análises posteriores, a área da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú foi classificada quanto as Regiões e Unidades Geomorfológicas, a saber:

- Planícies fluviais
- Tabuleiros interiores
- Maciços residuais
- *Níveis residuais elevados dissecados em cristas*
- *Níveis residuais rebaixados dissecados em colinas rasas*
- Depressão Sertaneja
- *Superfície pediplanada parcialmente dissecada*
- *Superfície pediplanada*
- *Agrupamentos de inselbergs e cristas residuais*

Planícies fluviais

As planícies fluviais (Figura 18) são unidades decorrentes da acumulação de sedimentos aluviais, depositados pela ação da rede de drenagem. No sertão nordestino essa unidade geomorfológica apresenta aspectos evidentemente diferentes das que ocorrem em climas mais úmidos. No período de estiagem os rios típicos desse ambiente expõem as calhas fluviais, marcadas pela acumulação de sedimentos aluviais.

O caráter intermitente dos rios tem repercussão na própria gênese dos ambientes semiáridos, já que grande parte dos detritos fica à mercê dos processos erosivos nas calhas fluviais. Tal fato tem impacto na formação dos ambientes pediplanados, ou seja, o material despejado nos vales fica disponível para a ação pluvial subsequente (TWIDALE, 2000).

São áreas marcantes na paisagem devido a dinâmica fluvial. A rede de drenagem se faz essencial para a compreensão da dinâmica recente, ou seja, de deposição. Compreendem área de agradação que bordejam as principais calhas fluviais do vale. Geralmente são caracterizadas pela vegetação ribeirinha de carnaúbas (*Copernina Prunifera*) e pelos solos mais propícios a agricultura de subsistência.

Destacam-se nessa perspectiva os rios Banabuiú e Quixeramobim, com expressiva planícies fluviais. O padrão de drenagem nessas áreas, majoritariamente dendrítico, assim como o canal fluvial, anastomótico, caracterizam o estabelecimento dessa dinâmica em típicas áreas semiáridas.

A rede de drenagem tem importância no que concerne os graus de dissecação, que foram se estabelecendo a medida que a bacia de drenagem se estabeleceu. Na região do alto curso o grau de dissecação do relevo é maior, formando vales mais incisivos e raro são áreas onde as aluviões se depositam, com exceção dos rios Banabuiú e Quixeramobim, que apresentam planícies bem estabelecidas ao longo de grande parte de seus cursos.

Na região do baixo curso é possível perceber a dinâmica de deposição, com a formação por vezes de níveis de terraços fluviais. Muitas cidades se desenvolvem nessa região, a exemplo de Morada Nova, que utiliza das áreas ribeirinhas para o plantio de variedades como arroz, milho e feijão.

Figura 18: Planície fluvial do rio Banabuiú. Município de Mombaça



Fonte: Costa, 2015.

Tabuleiros interiores

São áreas constituídas por coberturas sedimentares, de gênese colúvio-eluvial e/ou aluvial do Cenozoico, possuindo relevo majoritariamente tabuliforme, com altitude e declividade que ora se aproximam ou se distanciam do contexto geomorfológico regional (CPRM, 2003; SOUZA, 2007; COSTA *et al.*, no prelo).

Do ponto de vista geológico, são constituídos pelos depósitos fluviais antigos da Formação Faceira (Figura 19) e as coberturas colúvio-eluviais detríticas (CPRM, 2003). A primeira é caracterizada por sedimentos afossilíferos com níveis conglomeráticos basais, avermelhados, grosseiros, contendo seixos bem rolados de quartzo (BRAGA *et al.*, 1981). A constituição granulométrica e faciológica da Formação Faceira, bem como sua localização em relação ao rio Jaguaribe, são elementos que demonstram características de fácies de origem fluvial (BRAGA *et al.*, 1981; CLAUDINO-SALES, 2002; MAIA, 2005).

Litologicamente, as coberturas colúvio-eluviais detríticas são materiais caracterizados por sedimentos de matriz areno-argilosa alaranjada e/ou avermelhada de granulação fina a média, ocasionalmente mais grosseiro, inconsolidado, com horizonte laterizado na base (BRAGA *et al.*, 1981; BRANDÃO, 2014).

No que se refere a geomorfologia, são áreas predominantemente planas, com fraco grau de entalhamento por parte da rede de drenagem, o que impossibilita formas dissecadas mais evidentes. Essas unidades, mesmo apresentando certa homogeneidade, se destacam na paisagem semiárida por expressarem condições diferenciadas das imediações. Tal fato é comprovado quando visualiza-se o padrão de formas predominante, assim como o próprio mosaico das condições solo-vegetação (COSTA *et al.*, no prelo).

Pela abrangência das coberturas relacionados a Formação Faceira, assim como a representatividade no relevo local, estas áreas acabam por configurarem-se como tabuleiros interiores, embora do ponto de vista da dinâmica fluvial, trabalhos anteriores os classificam como paleoterraços do rio Jaguaribe, além da presença de Neossolos Quatzarênicos (Figura 20) (GUICHARD, 1970; MAIA, 2005; SOUZA *et al.*, 2006).

Os tabuleiros interiores do baixo Banabuiú/Jaguaribe (Figuras 18 e 19), acabam por apresentar esse padrão, envolvendo esses dois tipos de coberturas, que do ponto de vista de geomorfologia configuram-se como formas predominantemente tabulares em áreas de baixos cursos fluviais (Banabuiú e Jaguaribe).

Figura 19: Ocorrência de seixos arredondados da Formação Faceira. Município de Nova Jaguaribara.



Fonte: Costa, 2015.

Figura 20: Perfil de Neossolo Quartzarênico em tabuleiros interiores no Município de Nova Jaguaribara.



Fonte: Costa, 2015.

Maciços residuais

Os maciços residuais ocorrem de forma dispersa pela área da bacia, formando por vezes cristas residuais e/ou serras secas (Figura 21), com predominância de processos de morfogênese mecânica. São áreas onde a predominância das condições de semiaridez evidenciam, nas serra secas, áreas escarpadas e com acúmulo de material coluvial na base.

Importante observar a disposição dessas níveis elevados na área. Nos níveis mais elevados (550-1125m) observa-se uma dissecação bem mais acentuada, com a formação incipiente de cobertura pedológica nas vertentes. Cidades como Pedra Branca e Monsenhor Tabosa estão nesses níveis, com condições mais favoráveis que a depressão sertaneja adjacente, mas ainda assim com condições hidroclimáticas desfavoráveis no que consta ao balanço hídrico.

Nos níveis residuais mais rebaixados (400-550m), o grau de entalhamento é menor, mas ainda assim o relevo apresenta um padrão que varia de suave ondulado a fortemente ondulado, com a presença de colinas rasas dissecadas e menor índice de cristas alongadas.

É importante destacar a relevância da serra das Pipocas no contexto da bacia do Rio Banabuiú, se comportando como área de nascentes do rio homônimo, de modo a ser uma área preservada para a manutenção das condições biofísicas da área.

Figura 21: Cristas residuais. Em primeiro plano aspectos da depressão sertaneja. Município de Boa Viagem



Fonte: Costa, 2015.

Depressão sertaneja

Concernente a geomorfologia, a área integra o domínio do Escudos e Maciços Antigos do Ceará (SOUZA, 1988). Segundo o autor, são formas de relevo, em que as feições geomorfológicas que compõem o referido domínio morfoestrutural exibem reflexos de eventos geotectônicos pretéritos.

De tal modo, evidenciam a relação da morfologia com os fatores litológicos e as marcas de flutuações climáticas Cenozoicas que motivaram o escalonamento de superfícies degradacionais e agradacionais (SOUZA, 1989). Nesse sentido é importante perceber essa dinâmica quando se é observado os diferentes níveis da depressão sertaneja na área.

Esses dois níveis correspondem aos níveis pediplanados, ou seja, onde por meio da morfogênese mecânica, a área foi truncada indistintamente, formando

largas áreas aplainadas. No contexto da sub-bacia do Rio Banabuiú é importante identificar uma área mais aplainada, correspondendo a Superfície pediplanada, com a presença de inselbergs (Figura 22) e outra, com níveis de dissecção mais evidenciados, denominada de superfície pediplanada parcialmente dissecada.

Nesse contexto, os níveis altimétricos mais rebaixados, são caracterizadas pela primazia de superfícies mais aplainadas, com a morfologia de um vasto pediplano, com níveis de dissecção mais incipientes e um mosaico de solos com ocorrência principalmente de Neossolos Litólicos.

Em decorrência da própria configuração das componentes ambientais da área, o reflexo na vegetação, com predominância de caatinga arbustiva. Os níveis mais elevados (Figura 23 e 24), são caracterizados pela ocorrência de níveis de dissecção mais intensificados, com declividades mais acentuadas e solos mais profundos, como é o caso dos Luvisolos.

Figura 22: Sertões pediplanados. Município de Quixadá.



Fonte: Costa, 2015.

Figura 23: Sertões de Quixeramobim. Notar o padrão de dissecação mais intenso, com ocorrência de colinas sertanejas.



Fonte: Costa, 2015.

Figura 24: Depressão sertaneja no padrão de dissecação moderado. Município de Boa Viagem.



Fonte: Costa, 2015.

Compondo a depressão sertaneja e fazendo parte da dinâmica de evolução geomorfológica regional, tem-se relevos residuais, ou inselbergs. Nesse sentido, a principal evidencia geomorfológica de um comportamento seletivo de fácies graníticas, em relação à ação erosiva, é derivada da ocorrência desses relevos residuais (SOUZA, 1989; MAIA *et al.*, 2015).

Nesse sentido, algumas propriedades dos corpos intrusivos podem ser consideradas para justificar a ocorrência dessas feições na área (SOUZA, 1989), tais como:

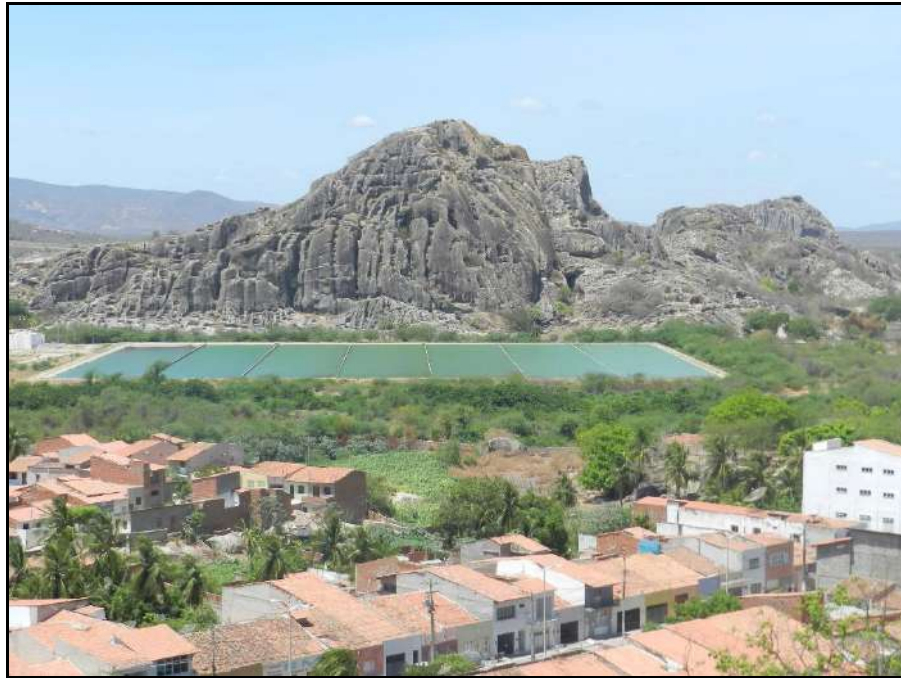
- Escassez de biotita – aumenta a coerência da rocha resistindo a dilatação; os planos de esfoliação se mantem unidos e a biotita se torna menos alterável.
- Escassez de plagioclásios e maior proporção de microclima.
- Maior proporção de quartzo.
- Granulação média a fina.
- Escassez de diaclases.
- Pouca porosidade.
- Meio não salino.

Ainda há de se considerar aspectos referentes aos modelos mais atuais de evolução dessas áreas, com origem associada à ação conjunta de fatores de ordem estrutural (*trend* de lineamentos), litológica (variabilidade faciológica do granito) e paleoclimática (alternância entre fases denudacionais) (MAIA *et al.*, 2015), com a discussão de teorias que vem a levantar a gênese de superfícies de aplainamento, como a pediplanação (KING, 1956) e a etchplanação (BUDEL, 1982).

A ocupação desses ambientes é comprometida em decorrência das baixas condições para o aproveitamento dessas áreas, muito em relação a elevada declividade que os inselbergs impõem, que muitas vezes acima de 45-75 (%).

No caso específico de Quixadá, os inselbergs (Figura 25) são elementos marcantes na configuração do sítio urbano local, a influenciar o crescimento da malha urbana para determinados setores. Há de se considerar, ainda, elementos como a hidrologia de superfície, com padrão predominantemente dendrítico, característica predominantes de regiões com dinâmicas dessa natureza.

Figura 25: Campo de inselberg no Município de Quixadá.



Fonte: Costa, 2015.

Cabe ressaltar, além dos inselbergs de Quixadá, o campo de inselbergs de Quixeramobim (Figura 26), importantes na compreensão dos processos denudacionais. Mesmo apresentando feições de menor escala, estes acabam por evidenciar a atuação de processos atuais e pretéritos, dispendo de registros da evolução geomorfológica local e regional da área de estudo.

Figura 26: Foto panorâmica dos inselbergs em Quixeramobim.



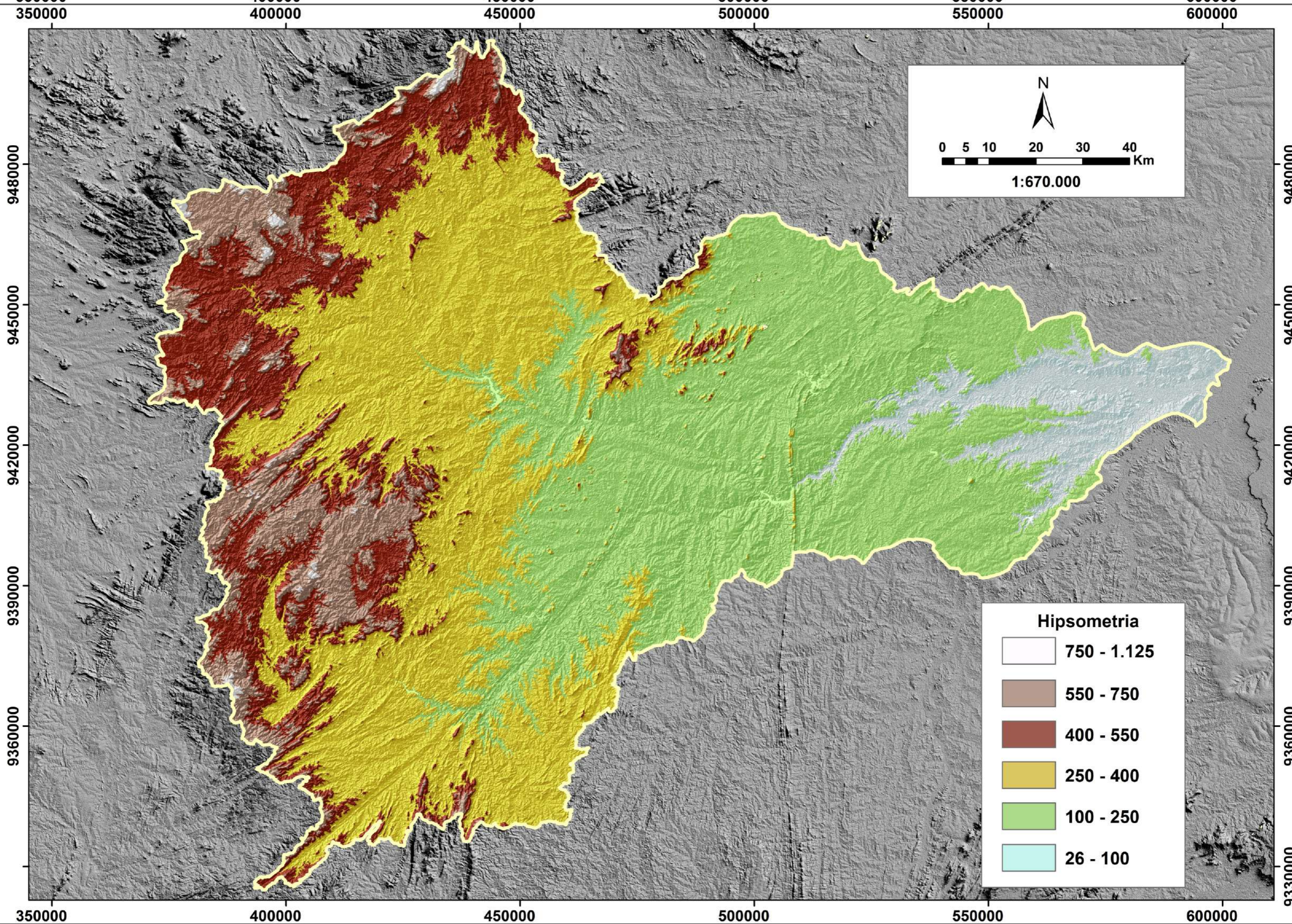
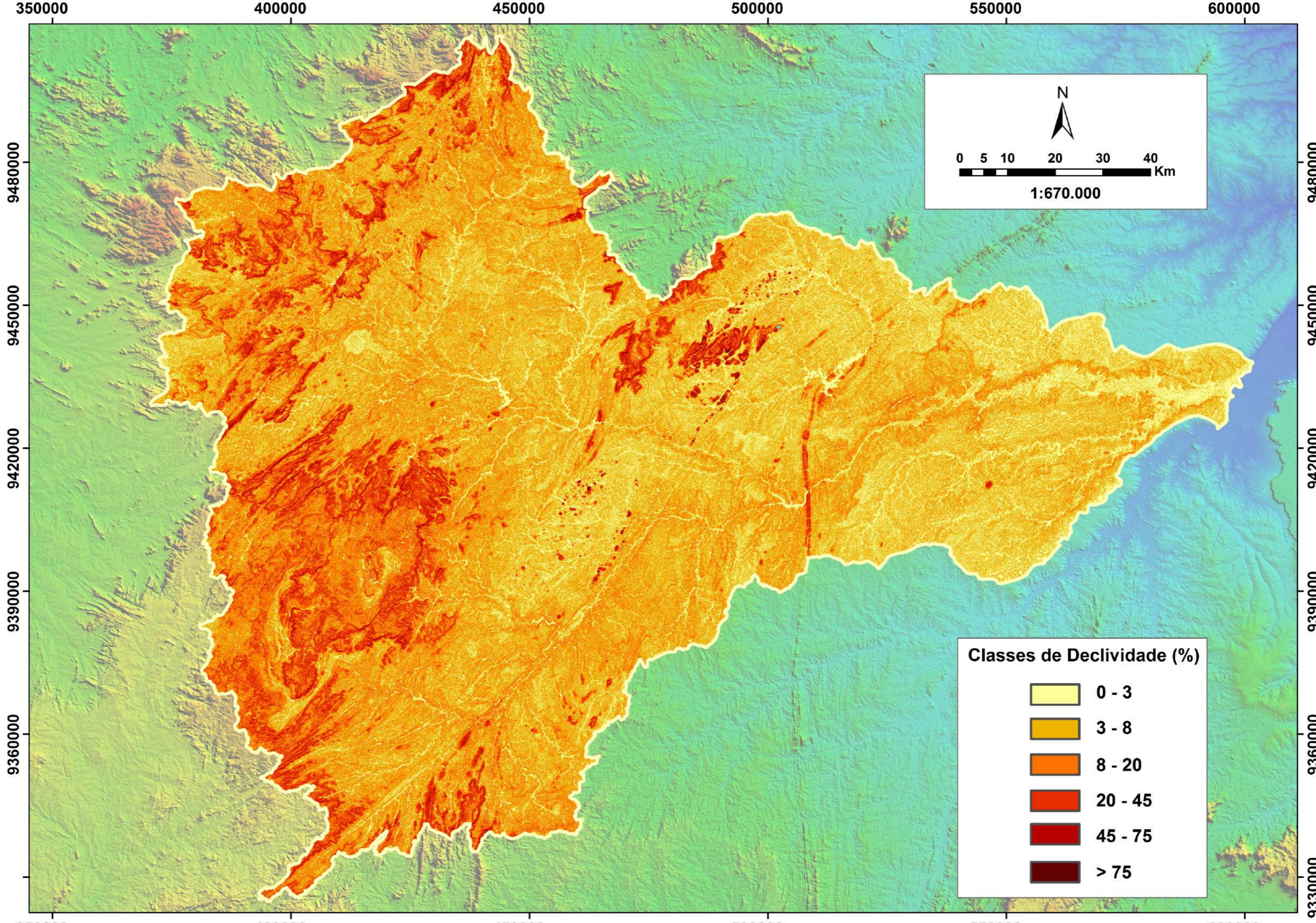
Fonte: Costa, 2015.

Quadro 8: Síntese da relação dos dados geológicos com a geomorfologia

ERA	UNIDADE LITOESTRATIGRÁFICA	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	TIPOS DE MODELADO
Cenozoico	Depósitos aluvionares	1 - Planícies fluviais	1-Áreas onde ocorre a predominância de processo de acumulação, por vezes com registro de antigos terraços fluviais, com destaque para as planícies dos rios Banabuiú e Quixeramobim. Nessas áreas os processos de agradação possibilitam a ocorrência de áreas propensas a dinâmica de canais fluviais anastomóticos, com regime intermitente sazonal.
	Formação Faceira Depósitos Colúvio-eluviais	2 - Tabuleiros interiores	2-Em decorrência da grande extensão dessas áreas na bacia, foram individualizadas como unidades a parte. São áreas planas, com predominância de formas tabulares e fraca incisão da rede de drenagem local, geralmente associada à antigos terraços fluviais.
Pré-Cambriano Neoproterozoico Paleoproterozoico Paleoneoarqueano	Complexo Cruzeta	3 - Níveis residuais elevados dissecados em cristas	3-Constituem-se como as áreas mais elevadas da bacia, com ocorrência de cristas, com forte entalhamento da drenagem, associadas aos maciços residuais. 4-Áreas predominantemente elevadas, mas em níveis mais baixos que a unidade anterior. O modelado pode variar de áreas suave onduladas à fortemente onduladas, com interflúvios dissecados e colinas rasas e eventualmente em cristas mais pronunciadas.
	Unidade Algodões		
	Complexo Jaguaratama	4 - Níveis residuais rebaixados dissecados em colinas	5-Com níveis de dissecação mais acentuadas no nível da depressão sertaneja, é a unidade caracterizada pela ocorrência de pediplanos mais dissecados pela rede drenagem, com formação de planícies alveolares. Essa área é bem marcante área que corresponde aos municípios de Quixadá e Quixeramobim, onde percebe-se a nítida mudança nos níveis altimétricos e no modelado.
	Unidade Acopiara		
	Complexo Ceará	5 - Superfície Pediplanada parcialmente dissecada	6-Áreas aplainadas, caracterizadas pela depressão sertaneja. Na unidade predomina formas planas a suave-onduladas, com predominância da morfogênese mecânica, truncando litologias distintas. São áreas típicas
	Suítes intrusivas		
	Grupo Orós		
Suíte Granitoide Serra do			

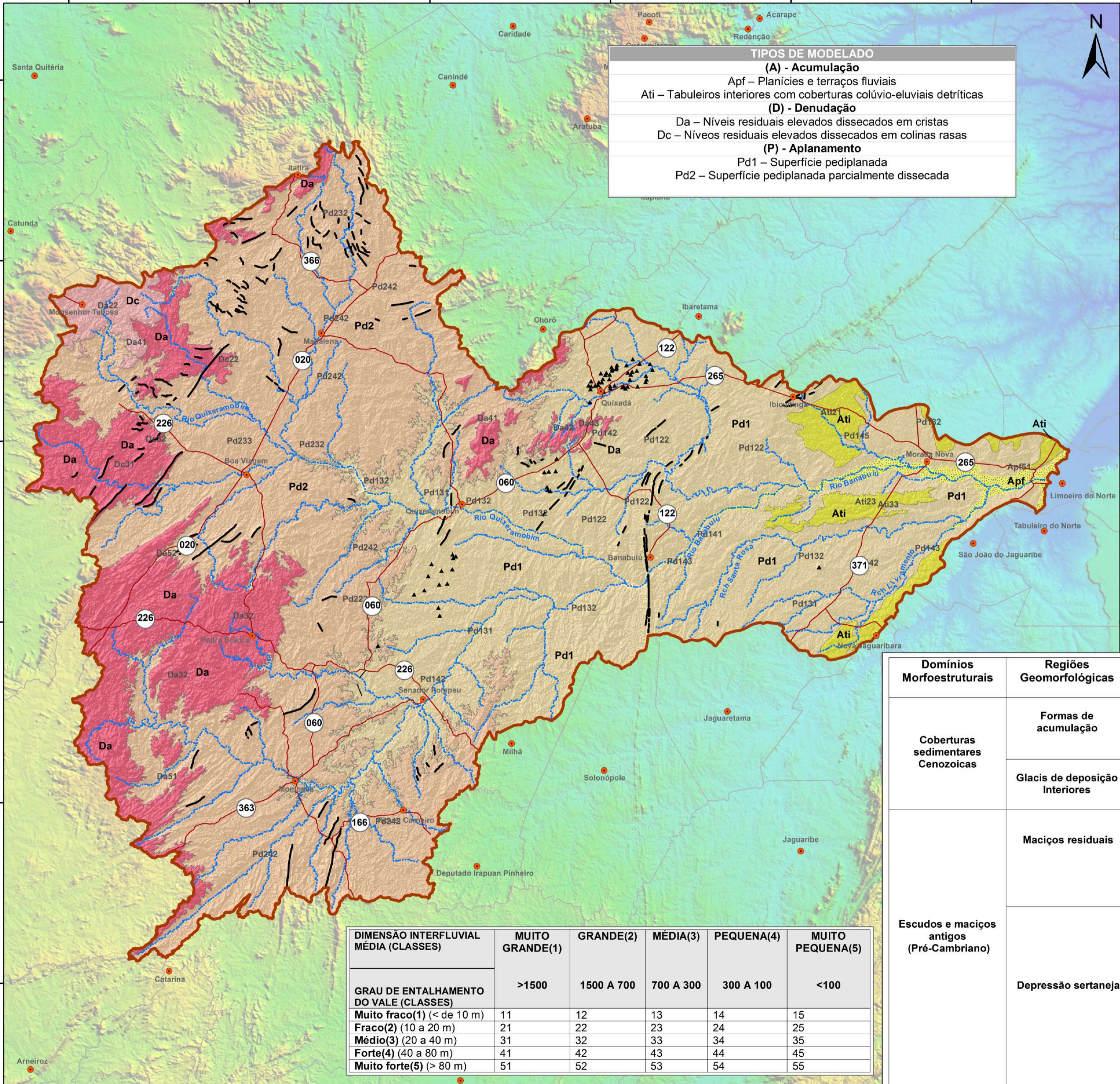
	Deserto	6 - Superfície pediplanada	do contato dos tabuleiros pré-litorâneos com a depressão sertaneja circunjacente, onde não há ruptura topográfica marcante.
	Complexo Tamboril-Santa Quitéria	7 - Agrupamentos de inselbergs e cristas residuais	7-Formas residuais, associadas a depressão sertaneja. São associadas predominantemente as áreas onde a litologia oferece mais resistência aos processos intempéricos, por vezes com ligação na tectônica pretérita, favorecendo o estabelecimento de cristas residuais. Cabe destacar os campos de inselbergs de Quixadá e Quixeramobim.
	Granitoides diversos		
	Suíte Máfica		
	Suíte Gabróide		
	Suíte Granitoide Itaporanga		
	Indiferenciada		

Fonte: CPRM, 2003 e dados de geomorfologia da bacia. Elaboração: Costa, 2015.

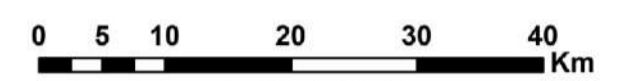


380000 420000 460000 500000 540000 580000

9520000
9480000
9440000
9400000
9360000
9320000



TIPOS DE MODELADO	
(A) - Acumulação	
Apf	Planícies e terraços fluviais
Ati	Tabuleiros interiores com coberturas colúvio-eluviais detríticas
(D) - Denudação	
Da	Níveis residuais elevados dissecados em cristas
Dc	Níveis residuais elevados dissecados em colinas rasas
(P) - Aplanamento	
Pd1	Superfície pediplanada
Pd2	Superfície pediplanada parcialmente dissecada



1:600.000

Geomorfologia

Convenções

- Limite da Bacia
- Limites Municipais
- Estradas Pavimentadas
- Sedes Municipais
- Rios e Riachos
- Espelhos D'água

Departamento Estadual de Rodovias - DER. Mapa Político e Rodoviário. Escala: 1:750.000, Governo do Estado do Ceará, 2014.
Geomorfologia, in: Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SB. 24. Escala: 1:1.000.000, Rio de Janeiro, 1981.
IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Limite Político, Escala: 1:800.000. IBGE, 2007.
MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
SOUZA, M. J. N. Mapa de Geomorfologia. Escala: 1:500.000, Ceará, IPLANCE, 1989.
SOUZA, M.J.N. Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará. Escala: 1:600.000, 2007.
Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. Cartas na Escala 1:100.000. Sistema de Projeção: Univesal Transversa de Mercator - UTM Datum: Sirgas 2000

DIMENSÃO INTERFLUVIAL MÉDIA (CLASSES)	MUITO GRANDE(1)	GRANDE(2)	MÉDIA(3)	PEQUENA(4)	MUITO PEQUENA(5)
GRAU DE ENTALHAMENTO DO VALE (CLASSES)	>1500	1500 A 700	700 A 300	300 A 100	<100
Muito fraco(1) (< de 10 m)	11	12	13	14	15
Fraco(2) (10 a 20 m)	21	22	23	24	25
Médio(3) (20 a 40 m)	31	32	33	34	35
Forte(4) (40 a 80 m)	41	42	43	44	45
Muito forte(5) (> 80 m)	51	52	53	54	55

Domínios Morfoestruturais	Regiões Geomorfológicas	Unidades Geomorfológicas	Tipos de Modelado
Coberturas sedimentares Cenozoicas	Formas de acumulação	Planícies e terraços fluviais (40-120m)	Apf
	Glacis de deposição interiores	Tabuleiros interiores com coberturas colúvio-eluviais detríticas (80-140m)	Ati
Escudos e maciços antigos (Pré-Cambriano)	Maciços residuais	Níveis residuais elevados dissecados em cristas (550-1125m)	Da
		Níveis residuais elevados dissecados em colinas rasas (625-750m)	Dc
	Depressão sertaneja	Superfície pediplanada parcialmente dissecada (250-400m)	Pd2
		Superfície pediplanada (100-250m)	Pd1
		Agrupamentos de inselbergs e cristas residuais	Egi

3.3 Condições hidroclimáticas

As condições hidroclimáticas da região Nordeste do Brasil podem ser consideradas como um complexo conjunto influenciado por diversos fatores. A enorme extensão territorial da Região Nordeste, o relevo – constituído por amplas planícies, por vales baixos, geralmente inferiores a 500 m, entre superfícies que se alçam, muitas vezes, a cotas de 800 m na Borborema, Araripe, Ibiapaba e de 1.200 m na Diamantina – somados à conjugação de diferentes sistemas de circulação atmosférica, tornam a climatologia desta Região uma das mais complexas do mundo. (NIMER, 1979).

O clima regional, predominantemente semiárido, apresenta irregularidades pluviométricas temporo-espaciais. O regime pluviométrico é do tipo tropical com um curto período chuvoso e um prolongado período de estiagem.

A marcada irregularidade pluviométrica atinge máximos de estiagem, ocorrendo secas calamitosas e também chuvas excepcionais que provocam cheias, primordialmente nas áreas adjacentes aos grandes vales fluviais, como por exemplo, o caso do rio Jaguaribe. (SOUZA *et al.*, 2002).

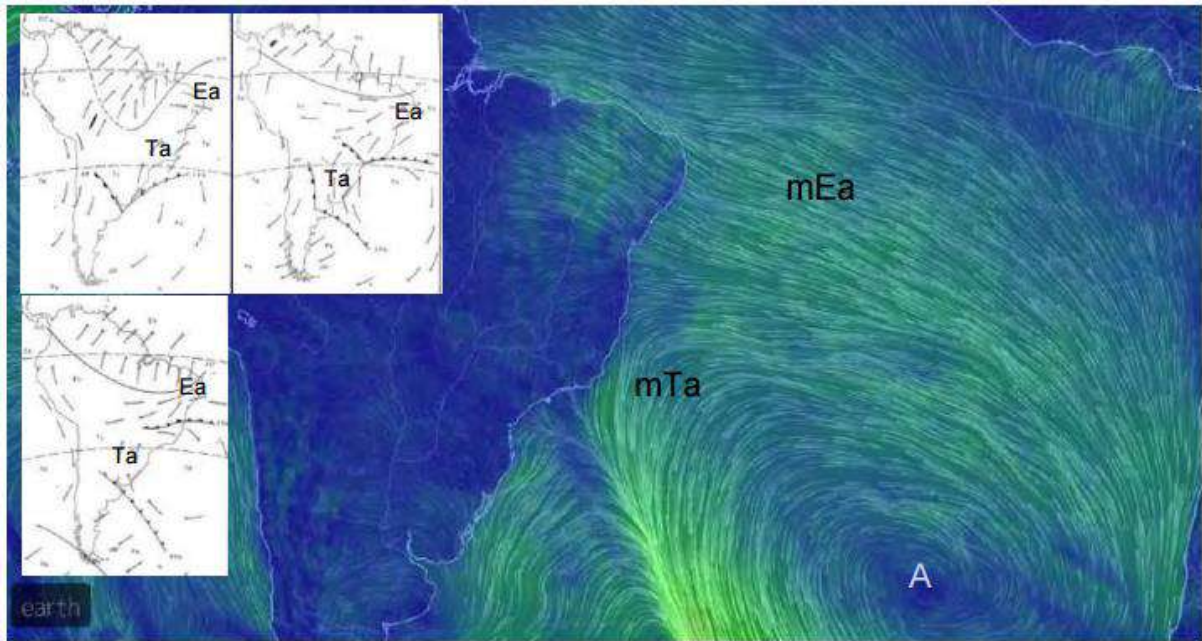
As chuvas no Estado do Ceará se concentram principalmente nos meses de fevereiro/março/abril, quando o estado fica sob a influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), principal sistema atmosférico causador da precipitação. (ZANELLA, 2007).

De forma geral, segundo Ferreira e Mello (2005 *apud* UVO & BERNDTSSON, 1996), quatro mecanismos governam o regime de chuva na região: 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). Vale destacar também a atuação das linhas de Instabilidade (LI), dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) e do efeito marítimo e terrestre na precipitação.

No contexto das massas de ar, na América do Sul predominam as massas de ar de origem oceânica, que propiciam ao continente a formação de ambientes climáticos com considerável umidade. Quando esta dinâmica é associada ao relevo, paisagens semiáridas e até mesmo desérticas formam-se sobre o continente sul-americano (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

No que se refere as massas de ar que atuam na Região Nordeste, podemos destacar a atuação: Massa equatorial do Atlântico norte e sul (MEN e MEAS) e Massa de ar equatorial Continental (MEC) (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Figura 27: Direção dos ventos associados as massas de ar no Nordeste do Brasil



Fonte: Nimer, 1964 e Earth, 2015, modificado por Soares, 2015.

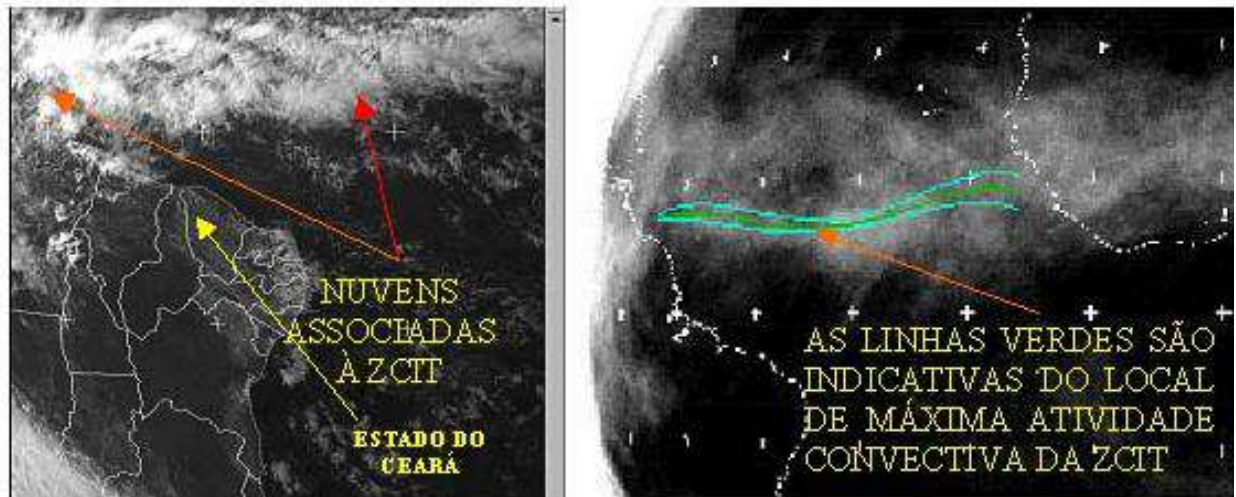
A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), pode ser considerada o sistema mais importante no que se refere a precipitação sobre a região equatorial (MELO *et al.*, 2009).

A ZCIT pode ser definida como uma banda de nuvens que circunda a faixa equatorial do globo terrestre, formada principalmente pela confluência dos ventos alísios do hemisfério norte com os ventos alísios do hemisfério sul, em baixos níveis, baixas pressões, altas temperaturas da superfície do mar, intensa atividade convectiva e precipitação. (FERREIRA e MELLO, 2005).

A ZCIT é o sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil. Normalmente a ZCIT migra sazonalmente de sua posição mais ao norte, aproximadamente 12°N, em agosto-setembro para posições mais ao sul e aproximadamente 4°S, em março-abril. (FERREIRA e MELLO, 2005). Na figura 10

podemos observar a atuação da ZCIT e sua posição em relação ao Nordeste Setentrional.

Figura 28: Representação da atuação Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).



Fonte: FUNCEME, 2016.

Balanço hídrico

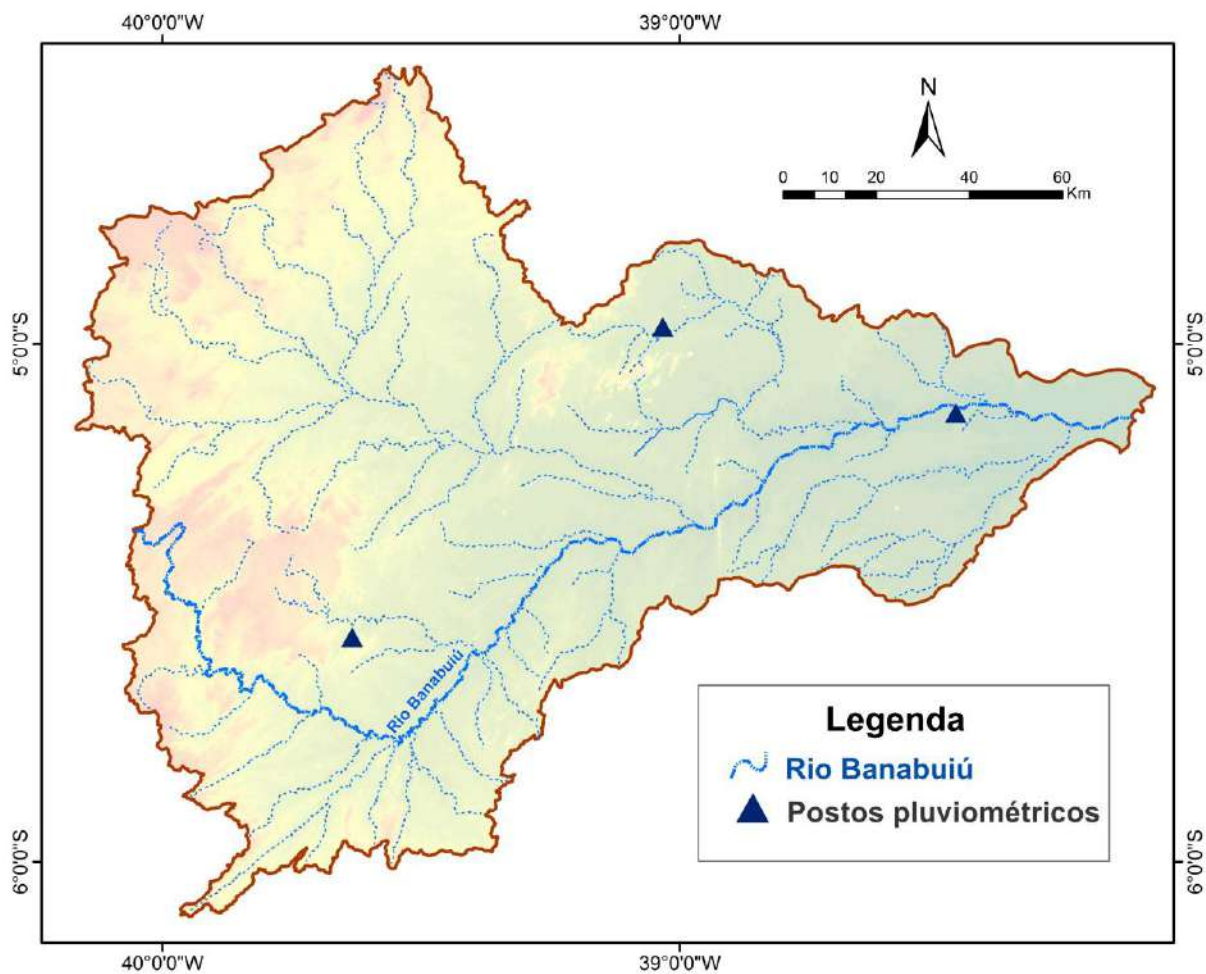
O balanço hídrico é uma variável importante na análise de qualquer ambiente, seja este em condições climáticas mais secas ou mais úmidas. Através do balanço de água que entra e sai é possível determinar o período por qual sistema hidroclimático local se distribui e dessa forma estipular melhor suas potencialidades e limitações.

Para tanto, Sentelhas e Angelocci (2009) ao discutir o balanço hídrico enfatizam que este nada mais é do que o cômputo das entradas e saídas de água de um sistema, onde várias escalas espaciais podem ser consideradas para se contabilizar o balanço hídrico.

O balanço hídrico climatológico foi desenvolvido inicialmente com o objetivo de se caracterizar o clima de uma região, de modo que tem sua base nos estudos de Thornthwaite na década de 1940. (SENTELHAS e ANGELOCCI, 2009).

Para caráter de caracterização foram selecionados dos três postos com os dados pluviométricos dentro da bacia, correspondendo aos Municípios de Pedra Branca, Quixadá e Morada Nova respectivamente (figura 29). Tal escolha carrega características do alto, médio e baixo cursos da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Figura 29: Localização dos postos pluviométricos escolhidos para a caracterização hidroclimática.



Fonte: SRTM. Elaboração: Costa, 2017.

O balanço hídrico foi realizado utilizando os dados de precipitação do ano de 2016. Optou-se por essa metodologia pelo fato de representar uma realidade próxima do balanço hídrico da bacia.

Figura 30: Posto escolhido na cidade de Pedra Branca

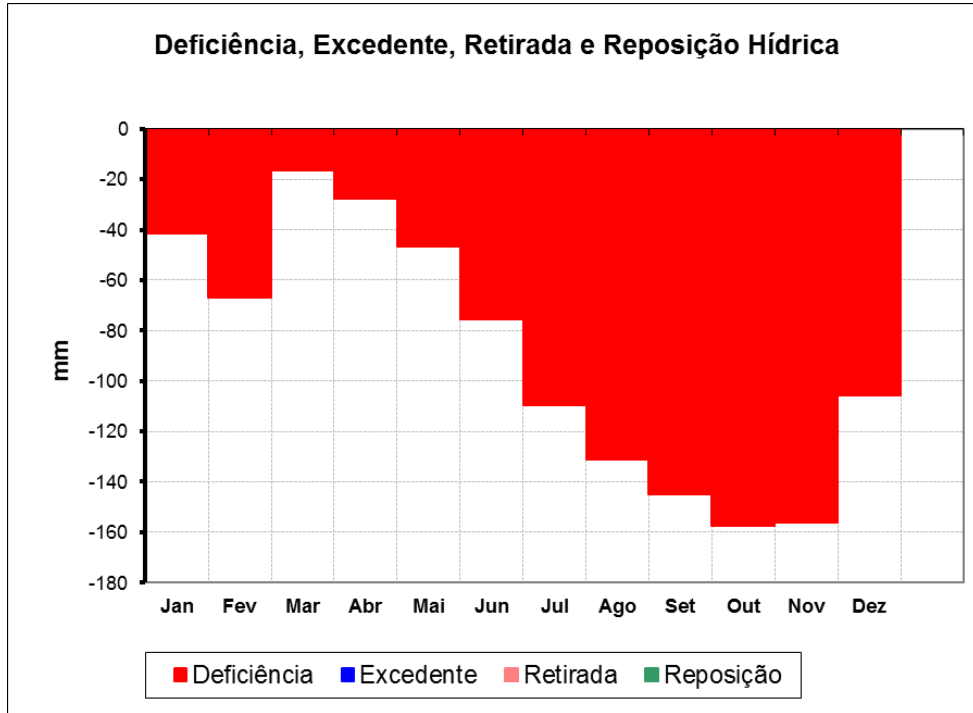


Figura 31: Posto escolhido na cidade de Quixadá

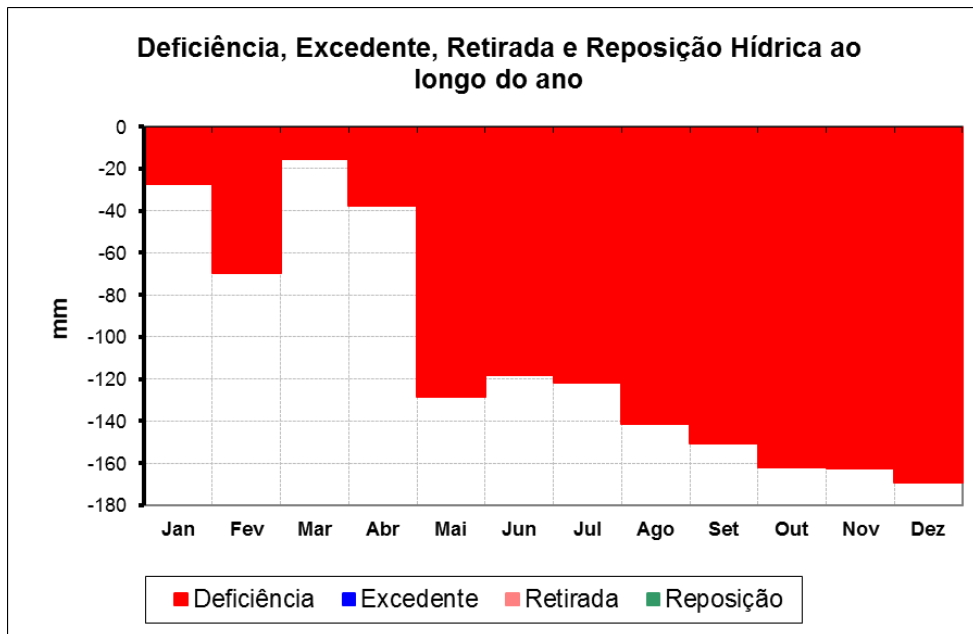
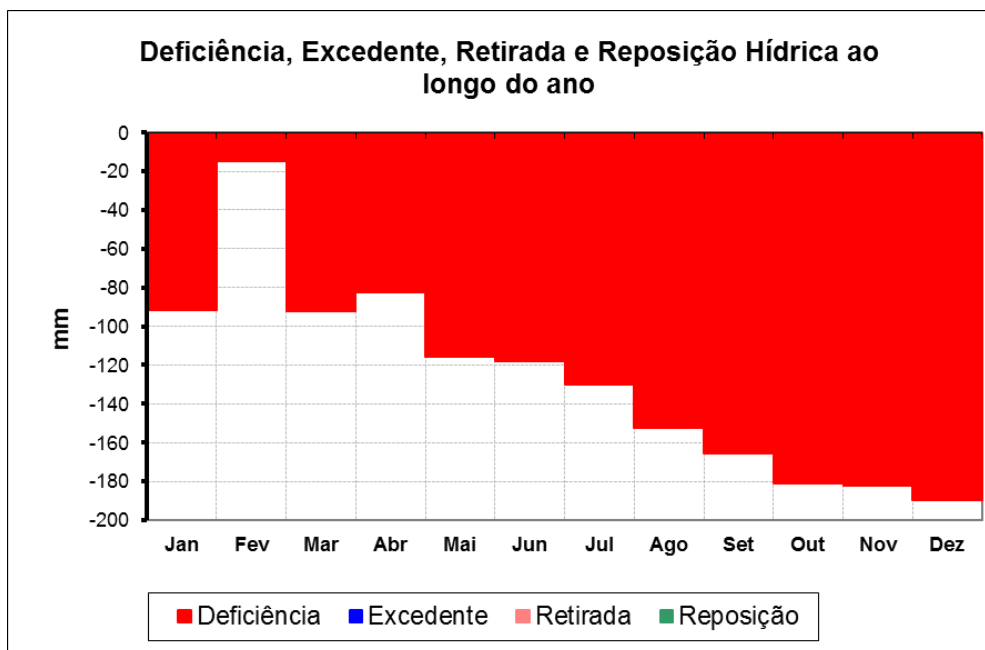


Figura 32: Posto escolhido na cidade de Morada Nova



As temperaturas médias de cada posto foram estipuladas com uso do *software* CELINA, através das coordenadas de cada posto, assim com a altitude.

De forma geral as temperaturas se comportam de forma semelhante, o que é considerável em uma região homogênea do ponto de vista climático em que a área está inserida.

O balanço hídrico foi efetivado com a manipulação dos dados de: precipitação, temperatura, latitude e a capacidade disponível de água no solo (CAD), que para os parâmetros físico-hídricos do mosaico de solos que compõem a sub-bacia ficou estipulado em 60 mm. O cálculo do balanço hídrico foi realizado através da planilha do DCE-ESALQ/USP, desenvolvida por Rolim e Sentelhas.

De acordo com os gráficos é possível confirmar a grande concentração de chuvas nos primeiros meses do ano, fato influenciado principalmente pela ZCIT e ocasionalmente por outros sistemas de menor escala. Outro ponto a ser levantado é que mesmo o contingente de chuvas seja considerável no ano, o déficit será efetivado em decorrência da má distribuição e irregularidade das precipitações.

Na análise dos gráficos é possível observar a alta concentração de chuvas no primeiro semestre do ano, principalmente nos meses de fevereiro, março, abril e maio, e um déficit na disponibilidade de água nos meses seguintes.

O ano de 2016 é caracterizado pela estiagem, onde é possível observar a falta de água para o sistema local, comprometendo as mais diversas atividades, sejam elas econômicas e de própria convivência em ambientes dessa natureza. Isso acaba por acarretar inúmeros prejuízos para as populações locais, principalmente aquelas que dependem da agricultura. Nas figuras 33 e 34 é possível observar a situação do açude Quixeramobim no ano de 2015. A população nesse período ficou majoritariamente dependente dos carros pipa para o abastecimento de água.

As condições hídricas como podemos assim perceber estão da dependência de uma condição climática bastante instável, dependendo em sua maioria das vezes das chuvas irregulares que ocorrem no primeiro semestre do ano.

Uma das formas de combater a perda de água é usar de alternativas para armazená-la, ou seja, evitar que a mesma se perca pelas altas taxas de evapotranspiração e pelo escoamento superficial.

Dentre as alternativas mais usadas no Estado do Ceará é a construção açudes, ou seja, grandes reservatórios de água. Esses reservatórios tem o papel de exercer a segurança hídrica de várias comunidades, por isso precisam ser bem geridos e monitorados (COSTA, 2014).

Figura 33: Vista da parede do açude Quixeramobim



Fonte: Costa, 2015.

Figura 34: Bombeamento das águas do açude Quixeramobim

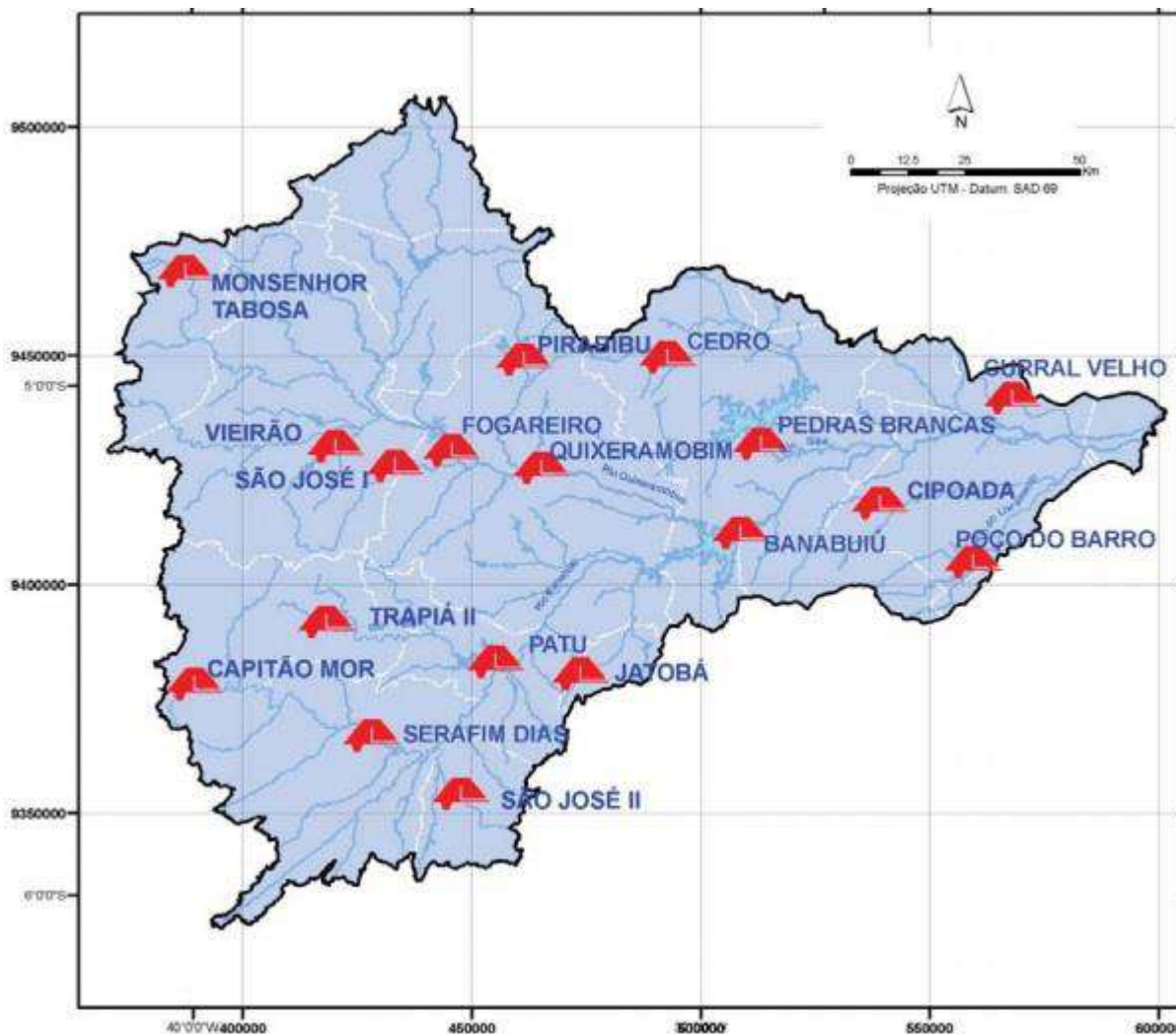


Fonte: Costa, 2015.

A sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú possui seu padrão de drenagem preferencialmente dendrítico, devido ao substrato rochoso ser preponderantemente impermeável, (COGERH, 2009). Algumas áreas esse padrão adquire um caráter paralelo, devido a existência de coberturas sedimentares Cenozoicas no baixo curso, na região de Morada Nova e Ibicuitinga.

No que se refere aos recursos hídricos superficiais, é importante compreender que no contexto das características geoambientais da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, em grande parte constituído por terrenos do embasamento cristalino, a oferta e a predisposição para os recursos hídricos superficiais é elevada. De acordo com a COGERH (2008), a bacia possui um total de 5.825 reservatórios. De tal modo destaca-se o açude Banabuiú, responsável por mais de 50% da capacidade da bacia (CEARÁ, 2010).

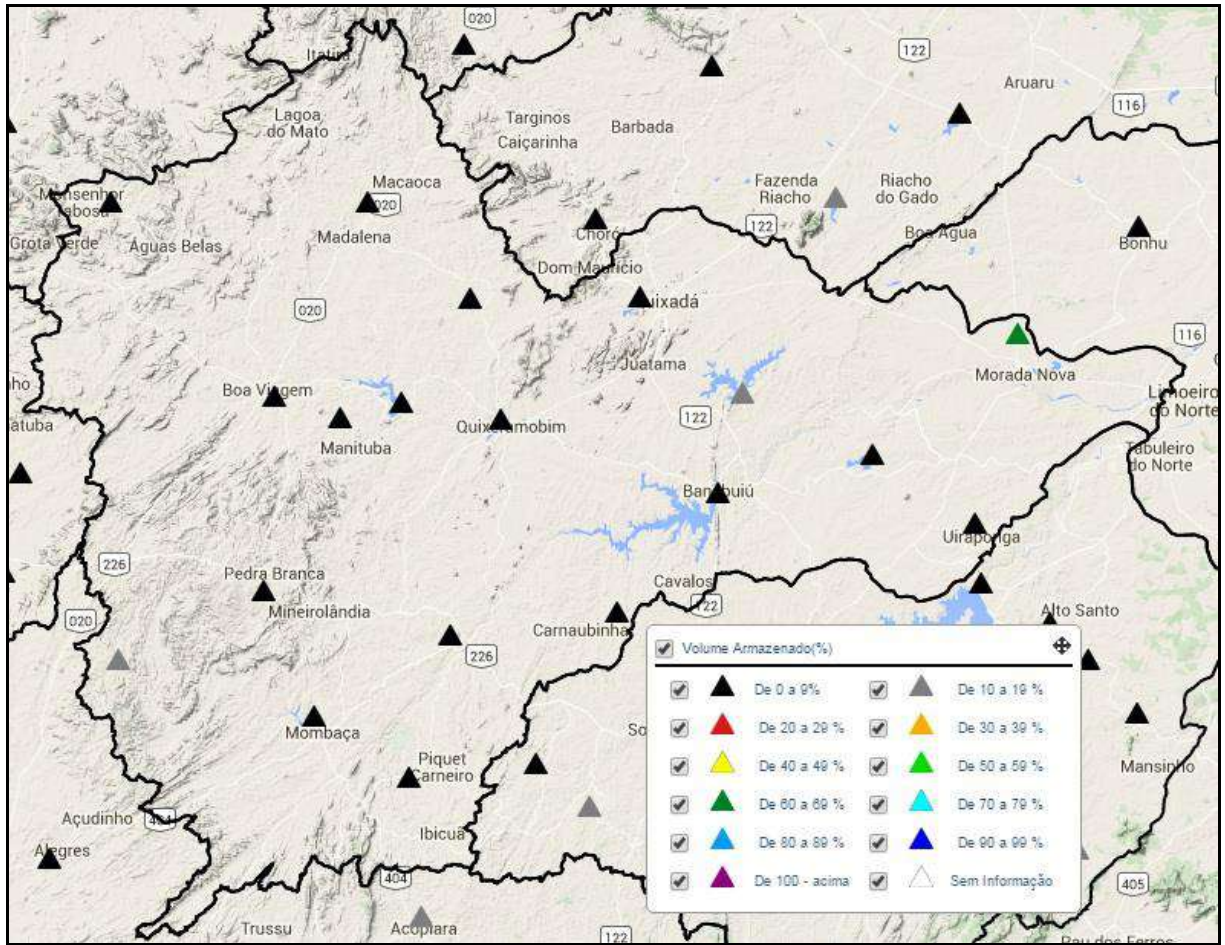
Figura 35: Principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú



Fonte: COGRH, 2008; CEARÁ, 2010.

Tendo em vista a longa estiagem que o Estado do Ceará em ultrapassando nos últimos anos, é visível, no monitoramento dos principais açudes da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, o grau de severidade de déficit dos recursos hídricos superficiais. Na figura abaixo é possível observar, já no fim da quadra chuvosa de 2016, a situação dos açudes na região, onde a grande maioria está com o volume entre 0 e 9% da capacidade total.

Figura 36: Volume dos açudes na região da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú

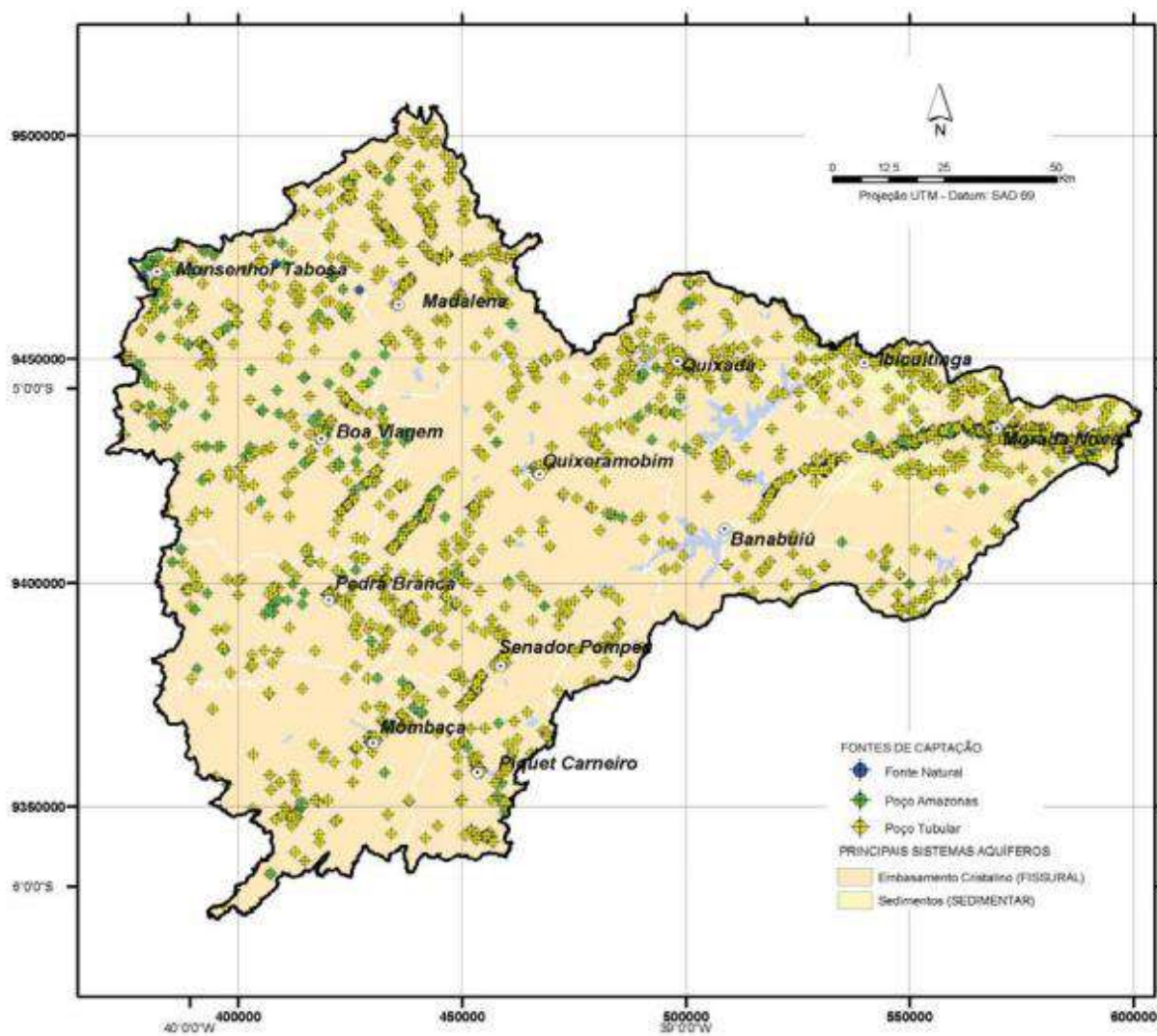


Fonte: Portal Hidrológico do Ceará – FUNCEME, 2016.

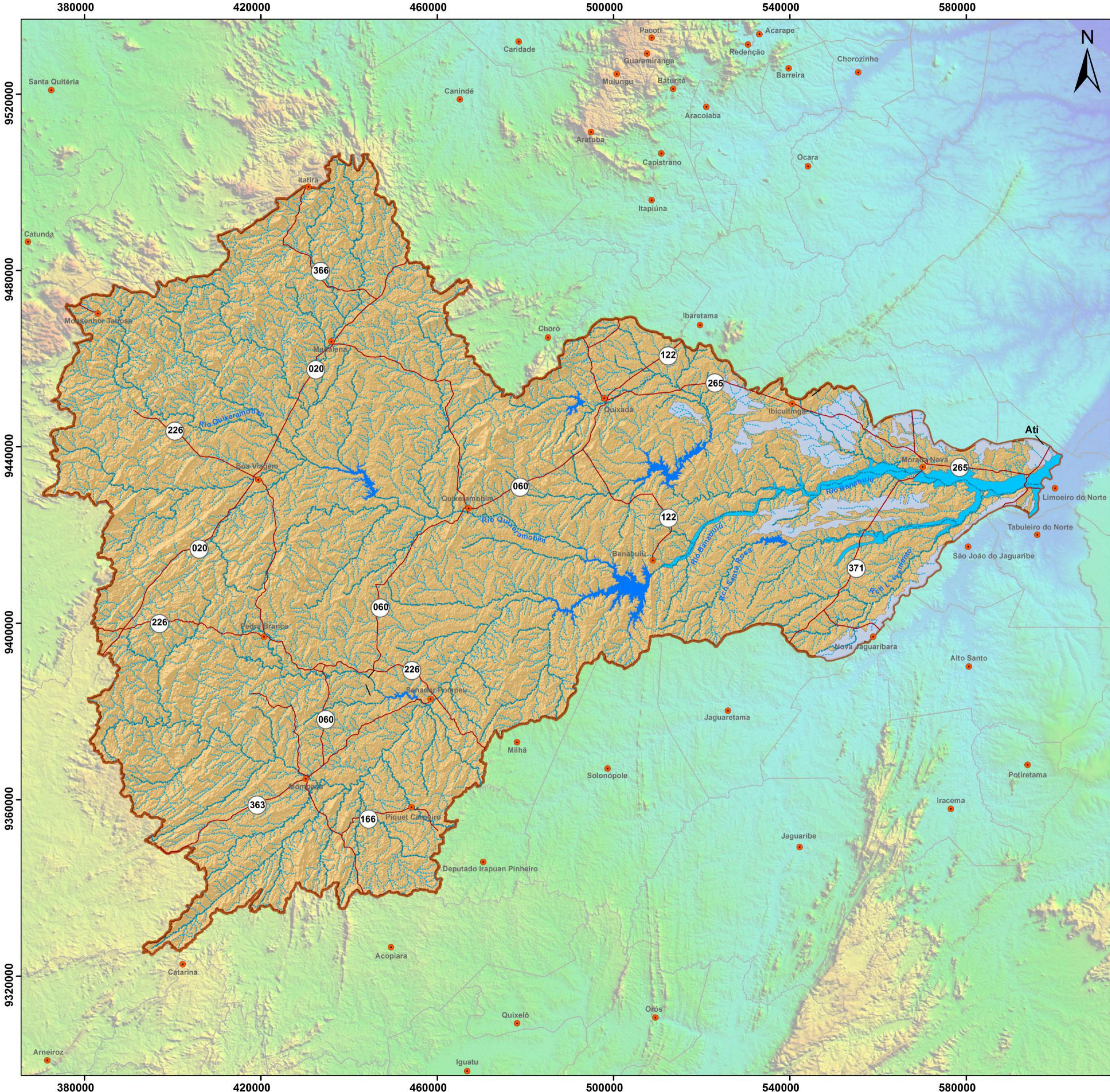
No que se refere ao potencial da bacia em relação as águas subterrâneas, a mesma apresenta dois sistemas: o das rochas sedimentares (aluviais) e os das rochas cristalinas (fissurais). Nesse sentido, a quantificação e caracterização das captações de água subterrânea na região, geradas a partir da sistematização do cadastro dos pontos d'água da CPRM e nos cadastros de poços da Funceme, Sohidra, Cogerh, DNOCS, Funasa, SDR e empresas privadas, até 2006, mostram uma quantidade de 2.900 pontos d'água (CEARÁ, 2009).

A figura abaixo evidencia a distribuição espacial dos poços, com destaque para o município de Morada Nova que detêm 22,86% dos pontos d'água e, 39,44% dos poços em aluvião (CORDEIRO *et al.*, 2009; CEARÁ, 2009).

Figura 37: Distribuição espacial dos pontos de água cadastrados na sub-bacia do Banabuiú



Fonte: Cordeiro *et al.*, 2009, retirado de Ceará, 2009.





UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido

FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS E SÍTIOS URBANOS NO VALE DO RIO BANABUIÚ - CE

Luis Ricardo Fernandes da Costa

Orientadora: Profª. Drª. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira
 Coorientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos



1:600.000

Águas superficiais e potencial hidrogeológico

Convenções

-  Limite da Bacia
-  Limites Municipais
-  Estradas Pavimentadas
-  Sedes Municipais
-  Rios e Riachos
-  Espelhos D'água

Tipos de aquíferos e favorabilidade hidrogeológica

Aquíferos porosos

-  Aquíferos pouco produtivos (vazões entre 5 e 10 m³/h): aluviões.
-  Aquíferos pouco produtivos (vazões entre 1e 5 m³/h): depósitos colúvio-eluviais e Formação Faceira.

Aquíferos fissurais

-  Aquíferos muito pouco produtivos (vazões entre 1 e 5 m³/h): metassedimentos/metavulcânicas, vulcânicas, cristalino e carbonatos/metacarbonatos.

Base Hidrográfica Ottocodificada das Bacias Hidrográficas do Atlântico Nordeste Oriental. Agência Nacional de Águas. (Marcus Andre Fuckner). Brasil, 2013. Escala: 1:100.000.
 CPRM – Serviço geológico do Brasil. Mapa Geodiversidade do Estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2010. Escala: 1:750.000.
 Departamento Estadual de Rodovias - DER. Mapa Político e Rodoviário. Escala: 1:750.000, Governo do Estado do Ceará, 2014.
 Escala: 1:1.000.000, Rio de Janeiro, 1981.
 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Limite Político, Escala: 1 :800.000. IBGE, 2007.
 MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
 Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. Cartas na Escala 1:100.000. Sistema de Projeção: Univesal Transversa de Mercator - UTM Datum: Sirgas 2000

3.4 Solos e cobertura vegetal

As características morfopedológicas se caracterizam como um elemento importante na compreensão dos componentes da paisagem. Relacionar os condicionantes do modelado com a gênese de solos é uma ferramenta importante na análise integrada do ambiente.

De acordo com Pereira e Silva (2007), os solos podem ser conceituados como unidades naturais que sustentam as plantas, dotados de propriedades e características singulares, cuja origem e evolução resultam, num determinado lugar, da ação conjunta do clima, organismos vivos, material de origem, relevo e tempo, os quais se constituem nos chamados fatores de formação.

A área da sub-bacia é composta essencialmente por terrenos planos, o que propicia a ocorrência de Planossolos. As características de semiaridez acentuada refletem no pouco desenvolvimento e baixa espessura dos Neossolos Litólicos que compõem grande área da sub-bacia.

Nos limites setentrionais da área é possível observar a ocorrência de Argissolos Vermelho-Amarelo Distrófico associado aos tabuleiros interiores. No alto curso na sub-bacia, com declividades mais acentuadas, podemos encontrar a associação de Luvisolos, Neossolos Regolíticos e Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico.

Nas calhas fluviais, principalmente no médio e baixo curso da sub-bacia, a ocorrência de Neossolos Flúvicos associados aos Planossolos é marcante. Tal fato pode ser evidenciado pela presença de extensos carnaubais (*Copernicia prunifera*).

Neossolos Flúvicos

São solos pouco evoluídos, profundos a muito profundos com perfis comumente apresentando um horizonte A sobreposto a um C quase sempre composto por uma sequência de várias camadas diferenciadas, sobretudo pela textura e granulometria, e que não guardam, entre si, relações genéticas (PEREIRA & SILVA, 2007).

As características morfológicas destes solos variam muito de local para local e mesmo num determinado perfil, estando principalmente em função da

natureza do material originário proveniente de deposições recentes (EMBRAPA, 1999).

Ao horizonte A seguem-se camadas estratificadas, normalmente sem relações pedogenéticas entre si, de composição e granulometria distintas e sem disposição preferencial. As características morfológicas destas camadas variam muito, principalmente em função da textura, que pode variar desde arenosa até argilosa (CEARÁ, 1973).

Na área da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú a ocorrência dos Neossolos Flúvicos está associada às calhas fluviais, com destaque para a várzea local e grande parte dos seus afluentes, como o próprio rio Banabuiú e o Rio Quixeramobim.

São solos de grande potencialidade para a agricultura, não sofrendo maiores restrições ao seu uso. Ocorrem nas várzeas dos principais cursos d'água do Estado, constatando-se que em alguns trechos essas várzeas chegam a ultrapassar os 10 km de largura, o que se pode verificar no baixo Jaguaribe (EMBRAPA, 1999).

Neossolos Litólicos

São solos pouco desenvolvidos, rasos a muito rasos, possuindo apenas um horizonte A diretamente sobre a rocha (R), ou sobre materiais desta rocha em grau mais adiantado de intemperização, constituindo-se um horizonte C com muitos materiais primários e blocos de rocha semi-intemperizadas de diversos tamanhos, sobre a rocha subjacente muito pouco intemperizada ou compacta (R) (EMBRAPA, 1999).

São solos que quimicamente podem ser de alta ou baixa fertilidade natural (eutróficos ou distróficos), com reação variando de fortemente ácido a praticamente neutro. Apresentam fortes limitações ao uso agrícola devido a vários fatores, como alta suscetibilidade à erosão, pedregosidade, rochosidade, pouca profundidade, falta d'água e aos fortes declives das áreas serranas (PEREIRA & SILVA, 2007).

Estes solos ocorrem dispersamente distribuídos por todo o estado do Ceará, figurando em todas as zonas fisiográficas existentes. O material originário em grande parte corresponde ao saprolito de gnaisses, migmatitos e de granitos (EMBRAPA, 1999).

Na área de pesquisa são solos que recobrem grandes extensões. O clima semiárido se mostra como um grande fator de formação dessa classe de solo. Na área da bacia geralmente estão associados aos Planossolos.

Neossolos Regolíticos

Compreende solos pouco desenvolvidos, arenosos (muitas vezes com cascalho ou cascalhentos), profundos a moderadamente profundos com médios a altos teores de minerais primários facilmente decomponíveis nas frações areia e/ou cascalho (EMBRAPA, 1999).

Abrangem pequenas áreas dispersas por unidades geoambientais do litoral e dos sertões, sobretudo do baixo Jaguaribe, central e centro-norte, sob condições de relevo plano e suave ondulado (PEREIRA e SILVA, 2007).

Embora possuam pequenas extensões, são solos bastante utilizados com diversas culturas de subsistência, tais como mandioca, milho e feijão e cultura de algodão arbóreo e herbáceo, caju e mamona. (EMBRAPA, 1999).

Planossolos

São solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para o horizonte B imediatamente subjacente, adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta, constituindo, por vezes, um horizonte pã, responsável pela formação de lençol d'água sobreposto (suspensão), de existência periódica e presença variável durante o ano (EMBRAPA, 2006).

São solos rasos e pouco profundos que se caracterizam por apresentar perfis com horizontes A e E, ou mesmo desprovido de E, com textura arenosa sobre um horizonte Bt, às vezes em forma de colunas (estrutura colunar), de textura média ou argilosa. Em geral são imperfeitamente drenados, de cores acinzentadas e amarelo-claro acinzentadas. Desenvolvem-se geralmente em relevo plano a suave ondulado (PEREIRA e SILVA, 2007).

Estes solos compreendem trechos rebaixados e dissecados que acompanham os cursos d'água de regiões semiáridas do estado. O material de origem é constituído em grande parte por saprolito de gnaisses do Pré-Cambriano Indiviso, de micaxisto do Pré-Cambriano e de Plutônicas Ácidas (EMBRAPA, 1999).

De modo geral são solos que se situam em áreas com fortes limitações pela falta d'água e que possuem elevado teor de sódio trocável nos horizontes sub-superficiais além de condições físicas muito desfavoráveis ao manejo e grande susceptibilidade à erosão, por menor que seja a declividade do terreno. Apresentam limitações por excesso d'água no período chuvoso e por falta d'água no período seco (EMBRAPA, 1999).

Na área da bacia estão associados aos Neossolos Litólicos, recobrimdo grandes extensões. O relevo majoritariamente plano e as condições de semiaridez são condicionantes de ambientes dessa natureza.

Luvissolos

Compreende solos minerais, não hidromórficos, com horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente abaixo de horizonte A ou horizonte E (EMBRAPA, 2006).

Compõem solos rasos e pouco profundos com perfis bem diferenciados do tipo A, Bt e C, de cores vermelhas ou avermelhadas, e textura argilosa e média. São solos férteis, moderadamente ácidos e praticamente neutros, dotados de forte presença de minerais primários na sua constituição, os quais se comportam como fonte potencial de nutrientes para as plantas (PEREIRA e SILVA, 2007).

É muito comum nas áreas destes solos a presença de pedregosidade superficial, constituída por calhaus e por vezes matacões, de quartzo, caracterizando um pavimento desértico. A erosão laminar nestes solos, muitas vezes, chega a ser severa ou em sulcos repetidos ocasionalmente ou com frequência (EMBRAPA, 1999).

Na área de ocorrência dos Luvissolos o relevo costuma ser plano até forte ondulado, constatando-se, porém, a predominância dos relevos suave ondulado. O material de origem é constituído principalmente por saprolito de micaxisto e gnaisses escuros, respectivamente referidos ao Pré-Cambriano (A) e Pré-Cambriano Indiviso (EMBRAPA, 1999).

Em grande parte são solos aproveitados para a pecuária, ocorrendo também o cultivo de pequenas culturas de subsistência, como milho e feijão, entre outras menos frequentes.

Comparado aos Planossolos e Neossolos Litólicos, essa classe abrange uma área de menor extensão na bacia, estando associada principalmente ao relevo suave ondulado a fortemente ondulado no alto curso da área de pesquisa.

Argissolos

Compreende solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixa ou caráter alítico. O horizonte B textural (Bt) encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos (EMBRAPA, 2006).

Estes solos são caracterizados por apresentarem perfis profundos e muitos profundos com sequência de horizontes A, Bt e C, textura média a argilosa, sendo que o horizonte B possui acumulação de argila com teores mais elevados do que no A, implicando em diferença nítida de textura entre eles (PEREIRA e SILVA, 2007).

No Estado eles são distribuídos por muitas unidades geoambientais, tanto em relevos planos e suaves ondulados (áreas de tabuleiros), quanto em áreas movimentadas em serras cristalinas. Nos primeiros são comumente de baixa fertilidade natural (distróficos); nas segundas prevalecem os solos com média à alta fertilidade (eutróficos) (PEREIRA e SILVA, 2007).

São derivados de diversos materiais, até produtos de alteração de vários tipos de rochas cristalinas (Pré-Cambriano) (EMBRAPA, 1999).

Na classe dos distróficos a grande limitação decorre da sua baixa fertilidade natural e forte acidez, necessitando, portanto, o uso de fertilizantes, como pode ser observado no setor norte da bacia. Nessa área os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos estão relacionados com os tabuleiros interiores (Tércio-quaternários).

Os de caráter Eutrófico ocupam áreas ao sul da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, e sua gênese possivelmente está relacionada com sua localização em relevos suave ondulados do alto curso da bacia. São solos que apresentam elevado potencial agrícola, entretanto apresentam, em algumas áreas, problemas com o relevo e por vezes com pedregosidade.

Chernossolos

Compreende solos constituídos por material mineral que têm como características diferenciais: alta saturação por bases e horizonte A chernozêmico sobrejacente a horizonte B textural ou B incipiente com argila de atividade alta, ou sobre horizonte C carbonático ou horizonte cálcico, ou ainda sobre a rocha, quando o horizonte A apresentar concentração de carbonato de cálcio. O horizonte A chernozêmico pode ser menos espesso (com 10 cm ou mais) de espessura quando seguido de horizonte B com caráter ebânico (EMBRAPA, 2006).

São solos caracterizados pela boa drenagem, pouco profundos a rasos com perfis que possuem horizontes A, Bt e C, exibindo cores vermelhas e bruno-avermelhadas no B, e cores escuras no A, devido aos altos teores de matéria orgânica que enriquecem esse horizonte (PEREIRA e SILVA, 2007).

São solos típicos da área de Sertão Central, associado na paisagem com a ocorrência de relevo suave ondulado, mas também forte ondulado e escarpado, sendo derivados de materiais de rochas do tipos anfíbolitos, gnaisses e micaxistos (PEREIRA e SILVA, 2007).

Vertissolos

Solos constituídos por material mineral apresentando horizonte vértico e pequena variação textural ao longo do perfil, nunca suficiente para caracterizar um horizonte B textural. Apresentam pronunciadas mudanças de volume com o aumento do teor de água no solo, fendas profundas na época seca, e evidências de movimentação da massa do solo, sob a forma de superfícies de fricção (slickensides) (EMBRAPA, 2006).

São solos profundos e pouco profundos com perfis do tipo A, C, argilosos e muito argilosos, característicos pelos aspectos físicos típicos que exibem.

Apresentam, como constituinte principal, as chamadas argilas do grupo 2/1, que têm a propriedade de provocar movimentos internos de expansão e contração da massa do solo (PEREIRA e SILVA, 2007).

Ocorrem em áreas relativamente pequenas de maneira dispersa pro diferentes unidades geoambientais, condicionados por relevos plano e suave ondulado. São desenvolvidos de variado número de materiais, em grande parte de calcários, além de sedimentos Quaternários de várzeas, ou ainda de rochas como gnaisses e anfibolitos.

A vegetação pode ser compreendida como um reflexo dos outros componentes geoambientais, como o clima, os solos, as rochas, o relevo e os recursos hídricos como salientado por Souza (1981).

O recobrimento vegetal de uma região constitui a melhor resposta decorrente do jogo de combinações entre os componentes do potencial ecológico. Representando a melhor expressão sintética dos dados abióticos do ambiente, a vegetação interfere na ação dos processos morfoclimáticos, influi na pluviosidade, sobre a temperatura do solo ou do ar, sobre a umidade e sobre as águas correntes, sobre a morfogênese ou a pedogênese (SOUZA, 1981, p. 151).

Vegetação

A bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, mesmo com uma expressiva área, possui uma vegetação que reflete as condições de semiaridez. Essa variedade é limitada devido à predominância do clima semiárido e a ausência de enclaves úmidos na área (COSTA, 2014).

Os fatores que podem alterar a homogeneidade, do ponto de vista natural, são as pequenas variações no clima local, aliadas as modificações no relevo e no mosaico de solos.

A monotonia das caatingas é rompida apenas pela vegetação de tabuleiro e da mata seca, encontradas sobre os tabuleiros interiores e os níveis residuais mais elevados (serras secas), recobertos por Argissolos Vermelho-Amarelos e Chernossolos.

De acordo com Fernandes (1990), podem ser identificadas quatro unidades fitoecológicas na área de pesquisa: vegetação de várzea, vegetação subperenifólia de tabuleiro, vegetação caducifólia de caatinga e a mata seca.

Vegetação de Várzea

Essas áreas são caracterizadas pela melhor disponibilidade de recursos hídricos por estarem sob a influência direta da ação fluvial. A espécie vegetal que melhor caracteriza essas áreas é a Carnaúba (*Copernicia prunifera*), que, segundo Fernandes e Bezerra (1990), ocorre no litoral e no interior sertanejo, sempre relacionada com as áreas marginais de faixas interfluviais e com as várzeas fluviais.

Bezerra *et al.*, (2003) ainda faz uma divisão entre dois tipos: mata ciliar com carnaúba e mata ciliar sem carnaúba. O primeiro tipo referente aos rios de maior expressão e o segundo referente aos rios com canais marginais menores, sem condições para a existência de carnaubais.

De modo geral, além do extrativismo vegetal, que é efetuado através da retirada das palhas e a cera das carnaubeiras, esta unidade de vegetação é explorada pela agricultura de subsistência e pela pecuária extensiva. As atividades agropecuárias têm provocado desmatamentos e queimadas, o que leva à diminuição do potencial genético dessa vegetação (PEREIRA e SILVA, 2007).

Vegetação Subcaducifólia de Tabuleiro

Vegetação que abrange os tabuleiros interiores, possuindo caráter dominante subcaducifólio, ou seja, a maior parte das árvores e arbustos perde sua folhagem no período de estiagem. Há um predomínio de espécies arbóreas, porém acompanhadas de um estrato arbustivo e outro herbáceo (PEREIRA e SILVA, 2007).

Nas áreas de tabuleiros interiores podemos observar a predominância do cajueiro (*Anarcadium occidentale*), associado a espécies arbustivas e arbóreas. Nessa unidade podemos observar o alto grau de alteração antrópica. Segundo Pereira e Silva (2007), essa alteração é devido às condições do relevo local, por ser relativamente plano e possuir solos de certa forma favoráveis ao uso agrícola (Argissolos), a vegetação de tabuleiro foi intensamente desmatada.

Vegetação Caducifólia de Caatinga

A grande expressão vegetacional inserida na bacia compreende a vegetação de caatinga. Podemos associar essa grande extensão vegetacional relacionando-a com as condições climáticas, em que o semiárido refletirá as

condições específicas para o desenvolvimento dessa unidade vegetacional, como ressalta Fernandes e Bezerra (1990):

Sobre a área com todas as características de semi-aridez, constituindo-se na expressão sintética dos elementos físicos, surge uma vegetação reconhecidamente xerófila. Daí o xerofilismo, que expressa uma condição de sobrevivência ligada a um ambiente seco, ecologicamente com deficiência hídrica, onde a água disponível às plantas procede unicamente do curto período da estação chuvosa, já que seus solos são incapazes de acumular água. Tal condição de vida fez selecionar uma vegetação singular, cujos elementos florísticos expressam uma morfologia, uma anatomia e um mecanismo fisiológico convenientes para resistir ao ambiente xérico, de maior ou menor intensidade conforme as condições prevalecentes (FERNANDES e BEZERRA, 1990, p. 167).

As caatingas com variados padrões fisionômicos e florísticos tendem a prevalecer onde as condições dos sertões se estabelecem. Elas ocorrem a partir do contato geológico entre os sedimentos da Formação Barreiras e as rochas do embasamento cristalino. Estendem-se então para o interior onde as deficiências hídricas se intensificam (SOUZA, 2000).

De acordo com Souza (2000), as caatingas podem apresentar padrão fisionômico arbóreo, onde as condições de semiaridez apresentam-se moderadas e os solos com fertilidade natural alta. À medida que as condições se tornam limitativas, as caatingas apresentam padrão fisionômico de caatinga arbustiva densa ou caatinga arbustiva aberta.

Na área de pesquisa a vegetação de caatinga está bem alterada, fruto de um processo histórico de ocupação que veio a degradar essa unidade vegetacional. No Ceará o binômio gado-algodão foram duas atividades que em conjunto alteraram grande parte da vegetação de caatinga preexistente no território.

Mata Seca

Se caracteriza por apresentar um caráter semi-caducifólio onde parte de suas espécies perde suas folhas como forma de proteger-se dos efeitos da seca. Ocupa áreas de serras secas, vertentes sub-úmidas e encostas e topos de algumas chapadas (PEREIRA e SILVA, 2007).

Na área da bacia, geralmente ocupa áreas com cotas superiores a 500 m. Fatores como solos profundos, além da umidade disponível, favorecem o

desenvolvimento dessa vegetação. O estrato arbóreo é predominante, alcançando, em áreas mais preservadas alturas de 15 a 18m (CEARÁ, 1998; LIMA *et al.*, 2007).

No Quadro 9 podemos perceber a relação dos condicionantes naturais, nesse caso a destacar os fatores climáticos e geomorfológicos, as unidades vegetacionais inseridas na sub-bacia e as principais espécies vegetais.

A relação das condicionantes naturais e espécies vegetais observadas no quadro abaixo é baseada na interação dos aspectos do relevo e das condições climáticas. Essa relação é apontada por Oliveira (2002), que classifica os aspectos vegetacionais em climatófilas, geomorfófilas e mistas.

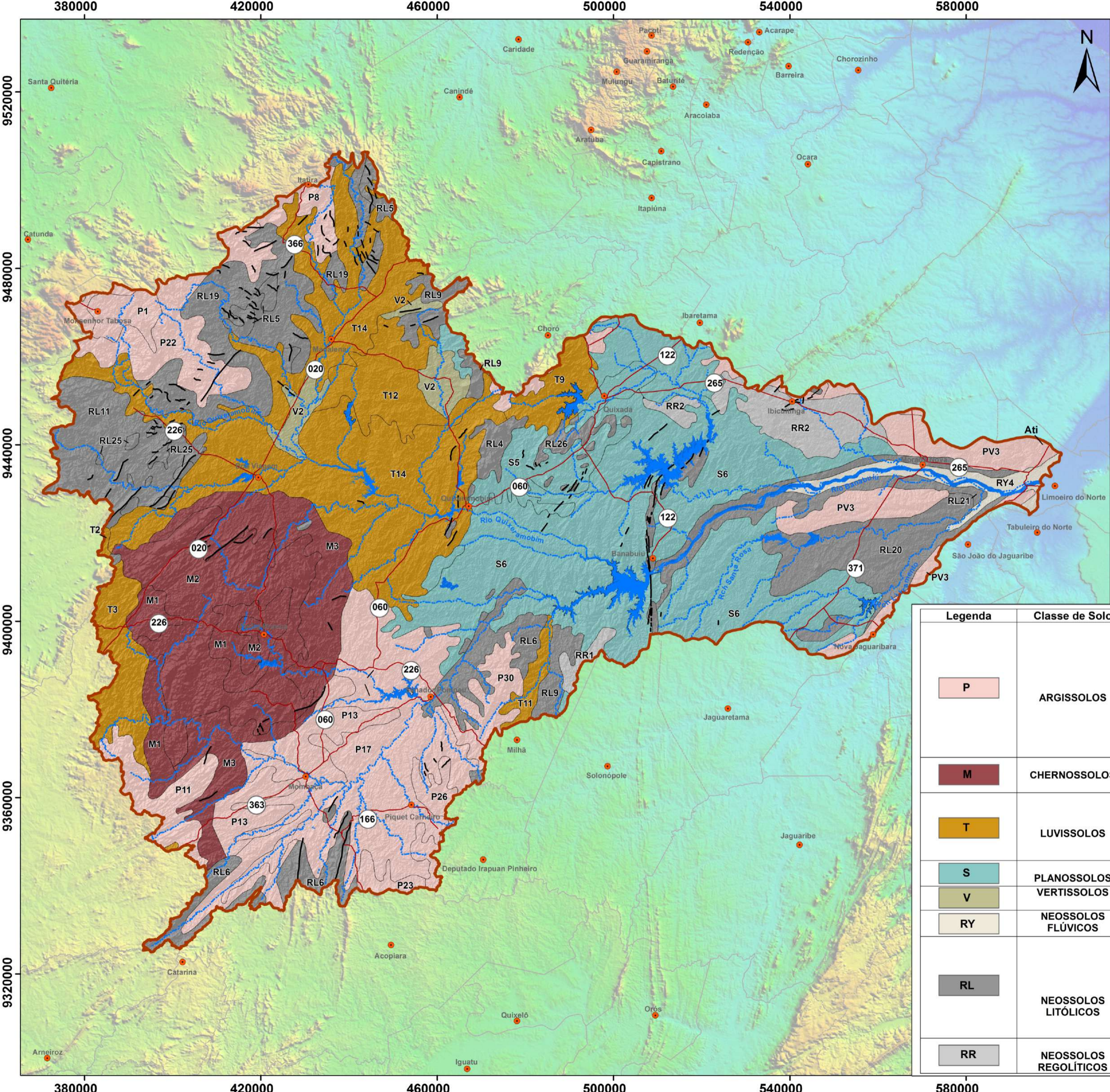
Quadro 9: Relação dos condicionantes naturais (climáticos e geomorfológicos) e as espécies vegetais predominantes

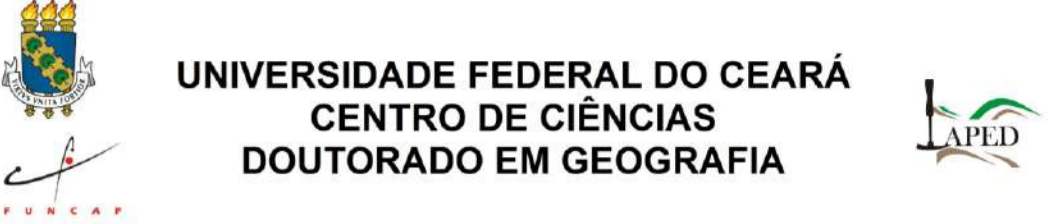
Tipo	Denominação
Climatófilas	Vegetação caducifólia de caatinga
Geomorfófilas	Vegetação de várzea
Mistas	Vegetação subcaducifólia de tabuleiro
	Mata seca

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2002 e Costa, 2014.

As espécies climatófilas são representadas principalmente pela vegetação diretamente afetada pelo clima semiárido. As espécies geomorfófilas estão relacionadas às planícies fluviais, ou seja, um fator geomorfológico. E por fim as mistas são compreendidas como a interação das duas últimas, como a vegetação de tabuleiro por exemplo.

No perfil longitudinal da figura 38 pode-se observar a relação de aspectos da litologia simplificada, geomorfologia, solos e vegetação na áreas da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.





UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOUTORADO EM GEOGRAFIA

Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido

FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS E SÍTIOS URBANOS NO VALE DO RIO BANABUIÚ - CE

Luis Ricardo Fernandes da Costa

Orientadora: Profª. Drª. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira
Coorientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos

0 5 10 20 30 40 Km
1:600.000

Associação de solos

Convenções

- Limite da Bacia
- Limites Municipais
- Estradas Pavimentadas
- Sedes Municipais
- Rios e Riachos
- Espelhos D'água

Mapa exploratório/Reconhecimento de solo do Estado do Ceará. Ministério da Agricultura. Escala: 1:600.000, 1972.
 Departamento Estadual de Rodovias - DER. Mapa Político e Rodoviário. Escala: 1:750.000, Governo do Estado do Ceará, 2014.
 Escala: 1:1.000.000, Rio de Janeiro, 1981.
 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Limite Político, Escala: 1:800.000. IBGE, 2007.
 MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
 Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. Cartas na Escala 1:100.000. Sistema de Projeção: Univesal Transversa de Mercator - UTM Datum: Sirgas 2000

Legenda	Classe de Solo	Associações
P	ARGISSOLOS	P1 - Argissolos Vermelho-Amarelos P8 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos P9 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos + Chernossolos P11 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Nitossolos + Neossolos Litólicos P17 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Luvisolos + Neossolos Litólicos P20 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos P22 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos + Luvisolos P23 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos P24 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Luvisolos + Neossolos Litólicos P26 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos + Luvisolos P29 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos + Luvisolos P30 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos P38 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos P40 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos Pv3 - Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Quartzarênicos + Neossolos Regolíticos
M	CERNOSSOLOS	M1 - Chernossolos + Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos M2 - Chernossolos + Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos M3 - Chernossolos + Luvisolos + Neossolos Litólicos
T	LUVISSOLOS	T2 - Luvisolos + Neossolos Litólicos + Planossolos T3 - Luvisolos + Planossolos + Neossolos Litólicos T9 - Luvisolos + Planossolos + Neossolos Litólicos T10 - Luvisolos + Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos + Planossolos T11 - Luvisolos + Neossolos Litólicos T12 - Luvisolos + Vertissolos + Neossolos Litólicos T14 - Luvisolos + Neossolos Litólicos + Planossolos
S	PLANOSSOLOS	S5 - Planossolos + Argissolos Vermelho-Amarelos + Neossolos Litólicos S6 - Planossolos + Neossolos Litólicos
V	VERTISSOLOS	V2 - Vertissolos
RY	NEOSSOLOS FLÚVICOS	RY4 - Neossolos Flúvicos + Vertissolos + Planossolos
RL	NEOSSOLOS LITÓLICOS	RL4 - Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos + Afloramentos de rocha RL5 - Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos RL6 - Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos RL9 - Neossolos Litólicos + Luvisolos + Planossolos RL19 - Neossolos Litólicos + Luvisolos + Planossolos RL20 - Neossolos Litólicos + Planossolos RL21 - Neossolos Litólicos + Afloramentos de rocha RL23 - Neossolos Litólicos + Argissolos Vermelho-Amarelos + Afloramentos de rocha RL24 - Neossolos Litólicos + Luvisolos + Afloramentos de rocha RL25 - Neossolos Litólicos + Afloramentos de rocha RL26 - Neossolos Litólicos + Afloramentos de rocha
RR	NEOSSOLOS REGOLÍTICOS	RR1 - Neossolos Regolíticos RR2 - Neossolos Regolíticos + Argissolos Vermelho-Amarelos + Planossolos

3.5 Unidades de integração: os sistemas ambientais

Por mais que observemos os sertões de forma homogênea não podemos esquecer que estes, inseridos na vasta depressão sertaneja, têm suas peculiaridades e características geoambientais que irão variar significativamente dependendo dos elementos que compõem a paisagem, sejam eles a geologia, geomorfologia, clima, pedologia, recursos hídricos e cobertura vegetal.

Decodificar essa paisagem, ou seja, associar de forma sistêmica os variados elementos naturais e socioeconômicos de forma clara, objetiva e coerente, permite visualizar não apenas as potencialidades e fragilidades de determinado sistema ambiental, mas também proporcionar subsídios para visualizar cenários tendenciais e desejáveis.

Usufruir dessa ferramenta de cunho sistêmico se mostra válido dentro da análise ambiental. Com essa medida propõe-se uma divisão em cinco sistemas ambientais, que foram delimitados a partir de critérios geoambientais, levando em condição, variáveis como geologia, geomorfologia, solos, drenagem e cobertura vegetal.

A geomorfologia sempre se mostrou como um critério clássico para a delimitação de unidades geoambientais. Segundo Souza (2007), a geomorfologia é uma variável que sintetiza o conjunto dos componentes geoambientais. Reconhecidamente, os limites do relevo e as feições do modelado são passíveis de uma delimitação mais precisa (SOUZA, 2007).

Embora a análise geomorfológica se mostre como um critério unificador para o ambiente, tal fato fica comprometido em decorrência da escala de trabalho e da própria dimensão da unidade geoambiental.

A bacia hidrográfica do Rio Banabuiú está inserida, em grande parte, na depressão sertaneja, com ocorrência de serras secas, tabuleiros interiores e planícies ribeirinhas.

Como outro critério para a delimitação dos sistemas ambientais têm-se os parâmetros pedológicos. A utilização das associações de solo em conjunto com as formas de relevo tem uma capacidade de melhor sintetizar as variáveis geoambientais em áreas de depressão sertaneja (SOUZA, 2000; COSTA, 2014; COSTA e OLIVEIRA, 2015).

Dessa forma foram delimitados nove Sistemas Ambientais, descritos a seguir. Na descrição procuramos estabelecer o grau de homogeneização das unidades, atribuindo as características principais dos constituintes físico-ambientais.

Planícies ribeirinhas e áreas de inundação sazonal

Referem-se a áreas com topografia rebaixada, com predominância da ação dos processos fluviais de caráter deposicional. Dessa forma pode-se constatar a grande relevância desse sistema em detrimento dos anteriores, haja vista as maiores potencialidades encontradas neste último.

Ao longo das calhas fluviais há ocorrência de aluviões quaternárias que se acumulam ao longo de toda a bacia, a destacar as áreas do baixo curso da bacia, a destacar as calhas dos rios banabuiú e quixeramobim.

De forma geral essa área apresenta melhores condições em relação aos sistemas anteriores. Tal fato está associado à ocorrência de Neossolos Flúvicos que margeiam os canais fluviais. Essa característica vai acentuar a maior fertilidade dos solos locais, possibilitando o cultivo de diversas variedades, a destacar o milho e o feijão.

A cobertura vegetal é caracterizada pela ocorrência da vegetação de várzea, caracterizada pela ocorrência da mata ciliar de carnaúba associada na grande maioria a Neossolos Flúvicos e Planossolos, localizadas em setores deprimidos e que ficam encharcados no período chuvoso.

Tabuleiros interiores do baixo banabuiú

Sistema ambiental caracterizado pela ocorrência de áreas planas a suave onduladas. Geologicamente é constituída por sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos cenozoicos.

O relevo é predominantemente plano, correlacionado com os tabuleiros interiores. Os níveis altimétricos variam de 80 a 140 metros, sem grandes variações com a depressão sertaneja local, o que leva a considerar os mesmos mecanismos de gênese na estrutura das paisagens, comandados essencialmente por climas semiáridos.

Do ponto de vista dos solos predominam os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos associados aos Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Regolíticos. O padrão de drenagem é caracterizado por ser subdendrítico e paralelo, com rios intermitentes sazonais.

A cobertura vegetal é caracterizada pela ocorrência da vegetação subcaducifolia de tabuleiro. Esta unidade está intensamente alterada devido às suas condições mais favoráveis. A vegetação nativa foi quase totalmente desmatada para dar lugar aos pastos para o gado.

Sertões pediplanados de Morada Nova/Ibicuitinga

Área característica de Depressão Sertaneja, com predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Jaguaretama (ortognaisses migmatizados, paragnaisses e anfibolitos) e em menor grau rochas ígneas (granitos e granodioritos).

O relevo é plano a suave ondulado, típico de áreas de aplainadas com superfície pediplanada, caracterizando níveis de depressão sertaneja entre 100-250m. O padrão de drenagem característico é o dendrítico, com rios intermitentes sazonais.

Há ocorrência de associação de Planossolos e Neossolos Litólicos, com vegetação de caatinga arbustiva aberta.

Sertões moderadamente dissecados de Quixadá/Quixeramobim

Superfície moderadamente dissecada em níveis de 100-250 m, com ocorrência de colinas rasas, cristas residuais, agrupamentos de inselbergs. Nas imediações da cidade de Quixeramobim é possível observar a ocorrência de lajedos. Predominância de rochas ígneas do Pré-Cambriano representadas pela suíte intrusiva Itaporanga (granitos e granodioritos) e rochas metamórficas da Unidade Acopiara (gnaisses, migmatitos e anfibolitos).

Padrão de drenagem subdendrítico e dendrítico, com rios intermitentes sazonais. Há ocorrência de associação de Planossolos e Neossolos Litólicos, com transição de vegetação de caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta.

Sertões dissecados de Mombaça/Senador Pompeu

Superfície fortemente dissecada, caracterizada por níveis de depressão sertaneja entre 250-400 m. Padrão de dissecção a evidenciar inúmeras cristas residuais e vales estreitos, com eventual aparecimento de alvéolos. Predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Cruzeta (ortognaisses e migmatitos) e rochas metamórficas da Unidade Acopiara (gnaisses, migmatitos e anfibolitos).

Padrão de drenagem subdentritico e dendritico, com rios intermitentes sazonais. Há ocorrência de associação de Argissolos Vermelho-Amarelo, Luvisolos e Neossolos Litólicos, com ocorrência de vegetação de transição entre caatinga arbórea e caatinga arbustiva densa.

Sertões dissecados de Boa Viagem/Madalena

Depressão Sertaneja, com predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Cruzeta (ortognaisses cinzentos, paragnaisses e migmatitos) e rochas metamórficas do Complexo Ceará (paragnaisses, micaxistos e metacalcários).

Superfície dissecada, com padrão de dissecção elevado, caracterizando níveis de depressão sertaneja entre 250-400m. Padrão de drenagem subdentritico e dendritico, com rios intermitentes sazonais.

Ocorrem associações de Luvisolos, Argissolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Litólicos e Vertissolos, com ocorrência de vegetação de caatinga arbustiva densa.

Pedimentos dissecados

Pedimentos dissecados em áreas de pé-de-serra do maciço da Pedra Branca. Predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Cruzeta (ortognaisses cinzentos, paragnaisses e migmatitos). Superfície predominantemente dissecada, com o aparecimento de sulcos de erosão nas áreas com maior declividade. Padrão de drenagem subdentritico e dendritico, com rios intermitentes sazonais. Há ocorrência de associação de Chernossolos,

Luvissolos e Neossolos Litólicos com vegetação de transição entre caatinga arbórea e caatinga arbustiva densa.

Maciços residuais - serras secas

Níveis residuais elevados, com ocorrência de setores mais elevados (550-1125 m) e setores mais rebaixados (400-550 m). São áreas com predominância de rochas metamórficas do Complexo Cruzeta (ortognaisses cinzentos, paragnaisses e migmatitos), rochas metamórficas do Complexo Ceará (paragnaisses, micaxistos e metacalcários) e rochas ígneas na suíte intrusiva Tamboril-Santa Quitéria, ocorrendo principalmente na região da Serra da Pedra Branca, com formas de relevo dissecadas em cristas e em outras áreas em colinas rasas, padrão de drenagem dendrítico com ocorrência de Chernossolos, Argissolos e Neossolos Litólicos, com vegetação de transição da mata seca e caatinga arbórea.

Na região de Quixadá, contemplando os residuais como a Serra do Estevam, rochas metamórficas do Complexo Ceará (paragnaisses, micaxistos, quartzitos e metacalcários) e rochas ígneas (granitos e granodioritos), com feições aguçadas e ocorrência de Neossolos Litólicos associadas em alguns setores com os Argissolos.

Cristas residuais e inselbergs

Superfície dissecada, resultante do processo de erosão diferencial com ocorrência de afloramentos rochosos associados aos Neossolos Litólicos. A vegetação é composta predominantemente por uma caatinga arbustiva aberta.

Quadro 10: Sistema ambiental: Planícies ribeirinhas e áreas de inundação sazonal

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
<p>Áreas onde prepondera o acúmulo de sedimentos aluviais. Calhas fluviais com ocorrência de associação de Neossolos Flúvicos e Planossolos com fertilidade média natural à alta, favorecendo a instalação da agricultura de subsistência. Susceptíveis a inundações sazonais são caracterizadas pelas matas ciliares de carnaubais (<i>Copernicia prunifera</i>).</p>	Potencialidades	Limitações	<p>Degradação da mata ciliar de carnaúba, desencadeando processos erosivos e assoreamento do leito dos rios; poluição dos recursos hídricos; Inundações em períodos de cheias excepcionais.</p>
	<p>Agroextrativismo; agropecuária; recursos hídricos; mineração controlada; agricultura irrigada; atividades de lazer.</p>	<p>Restrições legais, com implicações para a preservação da mata ciliar; drenagem imperfeita dos solos; encharcamento sazonal; salinização dos solos e expansão urbana.</p>	

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 11: Sistema ambiental: Tabuleiros interiores do baixo Banabuiú

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
<p>Superfície plana e suave ondulada, composta de sedimentos argilo-arenosos e areno-argilosos do Cenozoico (Tércio-quadernário). Padrão de drenagem subdendrítico, onde predomina o Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, fertilidade natural média a baixa com ocorrência de caatinga arbustiva arbórea e vegetação de tabuleiro, com destaque para o cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i>).</p>	<p>Agroextrativismo; expansão urbana; agropecuária; mineração controlada; agricultura irrigada; águas subterrâneas.</p>	<p>Baixa fertilidade dos solos; deficiência hídrica na estação seca.</p>	<p>Alta descaracterização da vegetação subcaducifólia de tabuleiro; riscos de poluição dos recursos hídricos; mineração descontrolada.</p>

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 12: Sistema ambiental: Sertões pediplanados de Morada Nova/Ibicuitinga

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
Depressão Sertaneja, com predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Jaguaretama (ortognaisses migmatizados, paragnaisses e anfíbolitos) e em menor grau rochas ígneas (granitos e granodioritos). Superfície pediplanada, caracterizando níveis de depressão sertaneja entre 100-250m. Padrão de drenagem subdentrítico e dendrítico, com rios intermitentes sazonais. Há ocorrência de associação de Planossolos e Neossolos Litólicos, com vegetação de caatinga arbustiva aberta.	Agropecuária; pecuária extensiva; extrativismo vegetal controlado; agricultura irrigada com baixa intensificação ao solo.	Solos rasos a medianamente profundos; afloramentos rochosos frequentes; irregularidade pluviométrica; escassez de recursos hídricos; susceptibilidade a desertificação.	Áreas susceptíveis ao avanço da desertificação em decorrência dos condicionantes naturais e de uso e ocupação; riscos de processos erosivos em detrimento de técnicas rudimentares no trato do solo; degradação intensa dos solos e da cobertura vegetal.

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 13: Sistema ambiental: Sertões moderadamente dissecados de Quixadá/Quixeramobim

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
Depressão Sertaneja, com predominância de rochas ígneas do Pré-Cambriano representadas pela suíte intrusiva Itaporanga (granitos e granodioritos) e rochas metamórficas da Unidade Acopiara (gnaisses, migmatitos e anfíbolitos). Superfície moderadamente dissecada, caracterizando níveis de depressão sertaneja entre 100-250m. Padrão de drenagem subdentrítico e dendrítico, com rios intermitentes sazonais. Há ocorrência de associação de Planossolos e Neossolos Litólicos, com transição de vegetação de caatinga arbustiva densa e caatinga arbustiva aberta.	Agropecuária; pecuária extensiva; extrativismo vegetal controlado; agricultura irrigada com baixa intensificação ao solo.	Solos rasos a medianamente profundos; afloramentos rochosos frequentes; irregularidade pluviométrica; escassez de recursos hídricos; susceptibilidade a desertificação.	Áreas susceptíveis ao avanço da desertificação em decorrência dos condicionantes naturais e de uso e ocupação; riscos de processos erosivos em detrimento de técnicas rudimentares no trato do solo; degradação intensa dos solos e da cobertura vegetal.

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 14: Sistema Ambiental: Sertões dissecados de Mombaça/Senador Pompeu

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
<p>Depressão Sertaneja, com predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Cruzeta (ortognaisses e migmatitos) e rochas metamórficas da Unidade Acopiara (gnaisses, migmatitos e anfíbolitos). Superfície dissecada, com padrão de dissecção elevado, caracterizando níveis de depressão sertaneja entre 250-400m. Padrão de drenagem subdentrítico e dendrítico, com rios intermitentes sazonais. Há ocorrência de associação de Argissolos Vermelho-Amarelo, Luvisolos e Neossolos Litólicos, com ocorrência de vegetação de transição entre caatinga arbórea e caatinga arbustiva densa.</p>	<p>Agropecuária; pecuária extensiva; extrativismo vegetal controlado; agricultura irrigada com baixa intensificação ao solo.</p>	<p>Solos rasos a medianamente profundos; afloramentos rochosos frequentes; irregularidade pluviométrica; escassez de recursos hídricos; susceptibilidade a desertificação.</p>	<p>Áreas susceptíveis ao avanço da desertificação em decorrência dos condicionantes naturais e de uso e ocupação; riscos de processos erosivos em detrimento de técnicas rudimentares no trato do solo; degradação intensa dos solos e da cobertura vegetal.</p>

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 15: Sistema Ambiental: Sertões dissecados de Boa Viagem/Madalena

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
<p>Depressão Sertaneja, com predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Cruzeta (ortognaisses cinzentos, paragnaisses e migmatitos) e rochas metamórficas do Complexo Ceará (paragnaisses, micaxistos e metacalcários). Superfície dissecada, com padrão de dissecção elevado, caracterizando níveis de depressão sertaneja entre 250-400m. Padrão de drenagem subdentrítico e dendrítico, com rios intermitentes sazonais. Ocorrem associações de Luvisolos, Argissolos Vermelho-Amarelo, Neossolos Litólicos e Vertissolos, com ocorrência de vegetação de caatinga arbustiva densa.</p>	<p>Agropecuária; pecuária extensiva; extrativismo vegetal controlado; agricultura irrigada com baixa intensificação ao solo.</p>	<p>Solos rasos a medianamente profundos; afloramentos rochosos frequentes; irregularidade pluviométrica; escassez de recursos hídricos; susceptibilidade a desertificação.</p>	<p>Áreas susceptíveis ao avanço da desertificação em decorrência dos condicionantes naturais e de uso e ocupação; riscos de processos erosivos em detrimento de técnicas rudimentares no trato do solo; degradação intensa dos solos e da cobertura vegetal.</p>

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 16: Sistema Ambiental: Pedimentos dissecados

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
Pedimentos dissecados, com predominância de rochas metamórficas do Pré-Cambriano representadas pelo Complexo Cruzeta (ortognaisses cinzentos, paragnaisses e migmatitos). Superfície predominantemente dissecada, com o aparecimento de sulcos de erosão nas áreas com maior declividade. Padrão de drenagem subdentrítico e dendrítico, com rios intermitentes sazonais. Há ocorrência de associação de Chernossolos, Luvisolos e Neossolos Litólicos com vegetação de transição entre caatinga arbórea e caatinga arbustiva densa.	Agropecuária; pecuária extensiva; extrativismo vegetal controlado; agricultura irrigada com baixa intensificação ao solo.	Solos rasos a medianamente profundos; afloramentos rochosos frequentes; irregularidade pluviométrica; escassez de recursos hídricos; susceptibilidade a desertificação.	Áreas susceptíveis ao avanço da desertificação em decorrência dos condicionantes naturais e de uso e ocupação; riscos de processos erosivos mais intensificados que nos sistemas ambientais anteriores; degradação intensa dos solos e da cobertura vegetal.

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 17: Sistema Ambiental: Maciços residuais – Serras secas

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
Níveis residuais elevados, com ocorrência de setores mais elevados (550-1125) e setores mais rebaixados (400-550). São áreas com predominância de rochas metamórficas do Complexo Cruzeta (ortognaisses cinzentos, paragnaisses e migmatitos), rochas metamórficas do Complexo Ceará (paragnaisses, micaxistos e metacalcários) e rochas ígneas na suíte intrusiva Tamboril-Santa Quitéria, ocorrendo principalmente na região da Serra da Pedra Branca, com formas de relevo dissecadas em cristas e em outras áreas em colinas rasas, padrão de drenagem dendrítico com ocorrência de Chernossolos, Argissolos e Neossolos Litólicos, com vegetação de transição da mata seca e caatinga arbórea. Na região de Quixadá, contemplando os residuais como a Serra do Estevam, rochas metamórficas do Complexo Ceará (paragnaisses, micaxistos, quartzitos e metacalcários) e rochas ígneas (granitos e granodioritos), com feições aguçadas e ocorrência de Neossolos Litólicos associadas em alguns setores com os Argissolos.	Agropecuária; pecuária extensiva; extrativismo vegetal controlado; agricultura irrigada com baixa intensificação ao solo.	Solos rasos a medianamente profundos; afloramentos rochosos frequentes; irregularidade pluviométrica; escassez de recursos hídricos; susceptibilidade a desertificação.	Áreas susceptíveis ao avanço da desertificação em decorrência dos condicionantes naturais e de uso e ocupação; riscos de processos erosivos em detrimento de técnicas rudimentares no trato do solo; degradação intensa dos solos e da cobertura vegetal.

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

Quadro 18: Sistema Ambiental: Cristas residuais e inselbergs

Características naturais dominantes	Capacidade de suporte		Impactos e riscos de ocupação
	Potencialidades	Limitações	
Superfície dissecada, resultante do processo de erosão diferencial com ocorrência de afloramentos rochosos associados aos Neossolos Litólicos.	Áreas de proteção ambiental; Ecoturismo.	Áreas com baixa produtividade; declives acentuados; Solos com pouco desenvolvimento.	Áreas com pouco desenvolvimento de solos (alta morfogênese); Riscos de movimentos de massa com ocupações desordenadas; Baixa disponibilidade de recursos hídricos.

Fonte: Organizado por Costa, 2015. Adaptado de Souza *et al.*, 2002 e Oliveira, 2012.

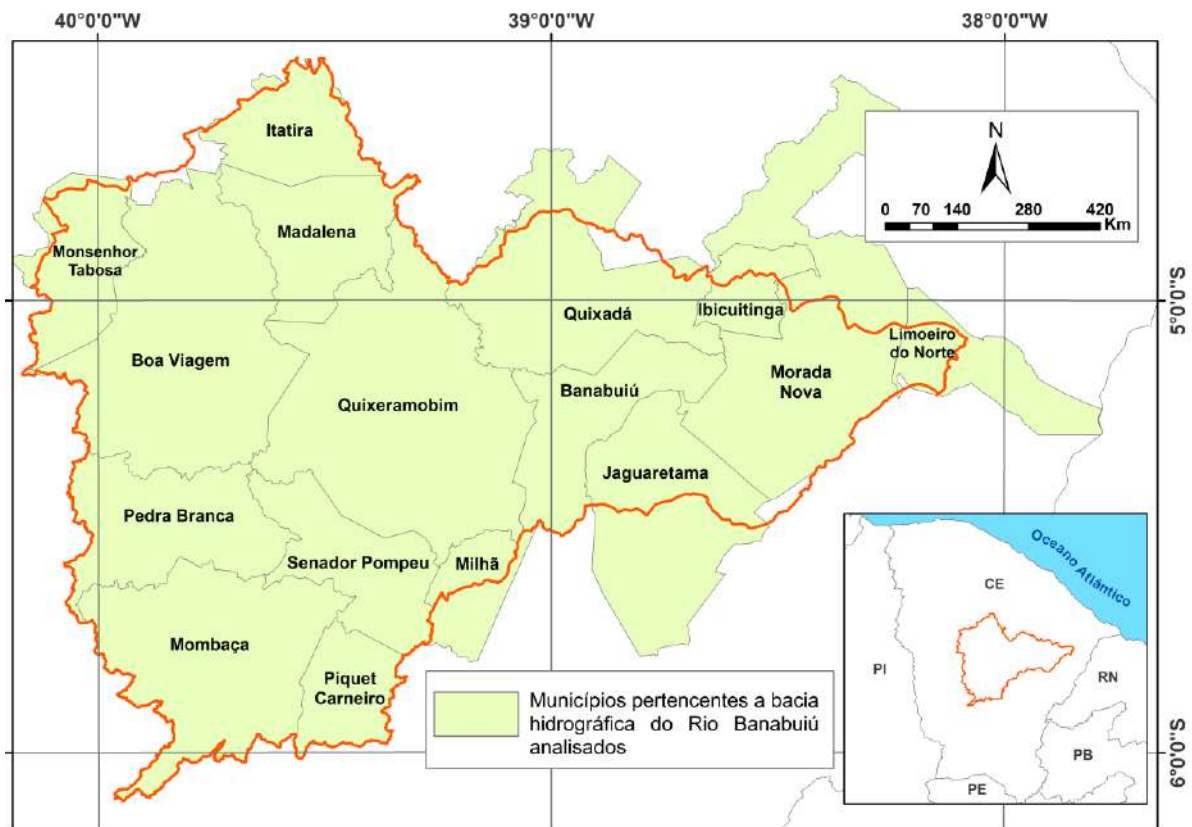
4 CONTEXTO HISTÓRICO E ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO BANABUIÚ

Nesse capítulo será apresentada a contextualização histórica da região, com o foco para os municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú. Além dos aspectos históricos, dados socioeconômicos referente as condições dos municípios serão explicitas, afim de estabelecer a relação dessas variáveis com o mapa de uso e ocupação/vegetação da área.

4.1 Ocupação e breve contexto histórico

Nessa perspectiva, realizou-se a análise dos 16 municípios que compõem a bacia do Rio Banabuiú. Para critério de seleção dos municípios, utilizou-se da seleção encontrada no documento Pacto das Águas, na qual estabelece 15 municípios pertencentes a área. Soma-se a essa seleção o Município de Jaguaretama, pela abrangência e importância observados no decorrer da pesquisa.

Figura 39: Localização dos municípios na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú



O processo de ocupação da Região Nordeste e do estado do Ceará é uma variável importante na construção e na compreensão dos processos que vieram a interferir nas paisagens naturais, ou seja, as modificações impostas pelo homem em detrimento do apelo produtivo de cada período histórico.

A pecuária dessa forma exerceu grande influência no processo de formação não apenas do território cearense, mas também do Nordeste como um todo. A pecuária se fortaleceu à medida em que os engenhos de cana-de-açúcar necessitavam do esforço desses animais para desenvolver suas atividades.

Assim, é importante compreender como a malha urbana da região nordeste se desenvolveu, fruto das atividades como a agricultura e pecuária, que acabara por organizar o sistema de cidades, como aponta Silva (2011),

No Nordeste, o urbano resultou mais do peso da agricultura e da pecuária na organização do espaço. O sistema de cidades decorrente da lavoura canavieira e interiorização das fazendas de gado recebeu grande impulso com o advento da cultura do algodão na segunda metade do século passado. Engenhos e fazendas deram origem às cidades localizadas às margens e fozes dos rios, pontuando o litoral com pequenos núcleos (SILVA, 2011 p.9).

A criação de gado foi desde os primeiros tempos uma atividade econômica subsidiária da cana-de-açúcar, atividade característica da zona da mata. Os engenhos eram quase sempre movidos a tração animal e, tanto o transporte da cana, dos partidos para a fábrica, como o transporte do açúcar, das fábricas para os portos de embarque, estavam sempre a exigir grande número de bois e de cavalos (ANDRADE, 2011).

Nesse sentido, é importante perceber a distinção e formação do sistema de cidades na zona da mata e na zona do sertão. O desenvolvimento do cultivo da cana-de-açúcar gerou um sistema de cidades que corresponde a área do sul do Rio Grande do Norte até o Nordeste da Bahia, com uma zona de intensa pluviosidade e solos profundos bem característicos (SILVA, 2011). Já o algodão permitiu a dispersão da cidade pelas grandes extensões da superfície sertaneja

A produção do espaço cearense está atrelada também a pecuária, fator que abriu caminhos para a colonização do sertão, mas também a outro fator importante e de grande impacto na economia da região como um todo, ou seja, a produção do algodão. De acordo com Andrade (2011), o algodão operou, após meados do século XVIII, uma verdadeira revolução agrária.

Para tanto, o autor salienta que, a partir de 1750, o algodão começou a ter importância na economia nordestina. Favoreceu o avanço algodoeiro a estagnação que dominava o parque açucareiro, tanto como a baixa produção da cana “crioula”, com baixa produtividade industrial dos engenhos à tração animal (ANDRADE, 2011).

Dessa forma, a produção da cultura algodoeira subsidiou a dispersão do sistema de cidades pela zona do sertão, como aponta Silva (2011),

O algodão permitiu a dispersão da cidade pelas vastas extensões da superfície sertaneja. No Ceará é esse tipo de cidade que vai dominar a paisagem. Pequenos núcleos constituídos como ponto de apoio onde os viajantes e vaqueiros apeavam em suas aventuras pelo sertão. A inexpressividade da cana-de-açúcar no Ceará prende-se a uma determinação de natureza física, ou seja, a ausência de uma zona de intensa pluviosidade como a Zona da Mata, constituída de solos bem característicos (SILVA, 2011).

No Ceará, o processo de povoamento, inserido no contexto da colonização portuguesa, pode ser considerado como tardio se comparado aos demais estados nordestinos (SOUZA, 2007).

Os vales dos grandes rios preferencialmente sempre foram os espaços mais valorizados, dadas as suas condições serem melhores que as terras secas do sertão. Os vales do Jaguaribe e Banabuiú são exemplos desse processo de ocupação do espaço cearense colonial.

Dado importante, ressaltado por Pereira (2012) é que a partir do século XIX, a economia baseada na pecuária e nas charqueadas é abalada pelos constantes e longos períodos de estiagem, reduzindo o rebanho bovino. Assim, acontecimentos de ordem político-administrativa, econômica e tecnológica favoreceram uma nova estruturação urbana: 1) a independência política do Ceará em relação a Pernambuco (1799); 2) a abertura dos portos brasileiros às nações amigas (1809); 3) a Independência e a instituição do Império (1822); 4) o aumento da demanda internacional por algodão; 5) a construção da via férrea (DANTAS, 2003; PEREIRA, 2012).

Não distante dessa lógica de ocupação e desenvolvimento do espaço cearense, que teve forte ligação na formação das cidades no interior e o uso dos portos na zona litorânea para o escoamento de mercadorias, em detrimento, no final

do século XX, num processo de valorização dos espaços litorâneos (DANTAS, 2003).

É válida a discussão desse breve momento histórico do Nordeste, em particular no Ceará pelo fato de o binômio gado-algodão ter perdurado durante muito tempo na realidade socioeconômica da região, o que ocasionou a degradação dos muitos recursos naturais existentes nos sertões, a destacar a cobertura vegetal e os horizontes superficiais dos solos.

Quadro 19: Síntese histórica dos municípios pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú

Município	Síntese histórica
Jaguaretama	O município foi criado pela lei nº 1179 de 29 de agosto de 1865 com sede no núcleo Riacho do Sangue, então reerguido em vila com o nome de Riachuelo. Extinto por vários Decretos, finalmente pelo decreto nº 488 de 20 de dezembro de 1938, a vila do Riacho do Sangue passou a denominar-se Frade, sendo elevada à categoria de cidade.
Morada Nova	Morada Nova teve seu início pela instalação de duas fazendas à margem esquerda do Rio Banabuiú, pertencentes aos irmãos Alferes José de Fontes de Almeida e Capitão Dionísio Matos de Fontes, que ali se instalaram, remanescentes das plagas pernambucanas.
Banabuiú	O local onde foi instalado a sede do município nunca tinha sido a sede do distrito de Banabuiú, era conhecido como Acampamento do Banabuiú, que logo transformou-se em Povoado. O seu desenvolvimento surgiu junto com a construção do Açude Arrojado Lisboa, iniciada pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, em 1958 e inaugurado em 22-04-1966.
Ibicuitinga	Em 1866 através de um terreno doado pelo Sr. Samuel Ferreira Nobre, e sobre os auspícios de Nossa Senhora dos Remédios, foi erguida uma capela a qual deu origem as primeiras casas do povoado principal. Segundo populares, no início do século, somavam-se apenas 12 casas feitas de tijolos e 05 cinco de barro (TAIPA), mais sem nenhuma estrutura urbana.
Itatira	Com a morte do proprietário e a retirada dos habitantes por ocasião da terrível seca que devastou os sertões do Ceará em 1825, a povoação e a capelinha foram abandonadas. Posteriormente, outros moradores sucederam aqueles, fundando novas situações na serra do Machado, surgindo, por isso, com o crescimento da população sempre e sempre aumentada com a vinda de agricultores atraídos pela fereza das abas serranas, o povoado de Belém, onde Antônio Alves Guerra mandou edificar uma capelinha dedicada ao Menino Deus, a qual, concluída em 1870, foi inaugurada e benta a 23 de dezembro do mesmo ano pelo padre Manuel Carlos da Silva Peixoto, professor do Seminário

	de Fortaleza.
Limoeiro do Norte	O povoamento de Limoeiro do Norte teve início em 1687, com a vinda do sargento-mor João de Souza Vasconcelos, do Sertão do São Francisco para a ribeira do Jaguaribe, onde, depois de constantes lutas com os índios paiacus, se estabeleceu no sítio São João das Vargens, que em breve se tornou desenvolvido arraial. Iniciada a construção, em terras de Bonifácio José Carneiro e Joaquim da Costa Barros, adquiridas do Padre Vicente e seus irmãos, a capela foi concluída e benta no dia 9 de dezembro de 1845.
Madalena	A cidade foi originada de uma doação feita pelo Senhor Antônio Costa Vieira, que veio de Mombaça trazido pelo Senhor Major João Bernardo no ano de 1840. Anos depois as terras foram herdadas pelo Senhor Augusto Vieira onde edificou a primeira casa, construiu a primeira escola e fez doação para construção da primeira igreja que tem como padroeira Nossa Senhora da Imaculada Conceição. Tempos depois Salvino de Pinho, um comerciante que muito trabalhou por Madalena, construiu várias casas e doou terreno para a construção da casa paroquial e Igreja Matriz.
Mombaça	O município de Maria Pereira, fica situado no sertão chamado Mombaça no centro do Estado. Em 1731 Maria Pereira da Silva, João de Barros Braga e Serafim Dias, requereu a sesmaria de 3 léguas de terra à margem do Rio Banabuiú que lhe foi concedida. O segundo nunca andou aqui mas os seus dois companheiros vieram criar os seus gados nestes sertões. O sítio de Maria Pereira prosperou, foi aos poucos se povoando e já em 1831 era criada a freguesia de Nossa Senhora da Glória de Maria Pereira, nome da possuidora do primitivo sítio.
Monsenhor Tabosa	É o município a antiga Fazenda Forquilha, de propriedade dos pretos Teles. Há notícia, entretanto, de que o primeiro habitante a chegar a estas terras, das quais se apossou, foi Teodoro de Melo, com os seus escravos. Tempos depois vendeu das léguas dessas terras a Veríssimo Gomes e Inácio Gomes que aí se estabeleceram e doaram, posteriormente, 100 braças delas para constituição do patrimônio da Capela de São Sebastião, santo de sua devoção, a qual foi edificada, em 1868, pelo Padre José Antônio de Carvalho.
Pedra Branca	Com território desmembrado de Maria Pereira, atualmente Mombaça, foi criado o município com sede na povoação de Pedra Branca, elevado à categoria de vila pela lei nº 1.407, de 9 de agosto de 1871. Por força do decreto nº 448, de 20 de dezembro de 1938 a vila de Pedra Branca passou a cidade. O local, onde se formou a cidade, chamou-se primitivamente, Tabuleiro da Peruca. Porque houvesse aí uma pedra muito alva, grande e de pouca altura, ficou sendo um ponto de referência para a reunião dos vaqueiros que por aí campeavam.
Piquet	Primitivamente o povoado teve o nome de Jirau, espécie de estiva ou leito de varas elevado do solo sobre forquilhas e destinado a guardar louças, painéis, pratos e etc. Palavra do tupi, corruptela

Carneiro	de Jirab - o que é para colher a comida. A denominação Piquet Carneiro foi adotada em honra do Engenheiro Bernardo do Piquet Carneiro, que dirigiu a Rede de Viação Cearense.
Quixadá	As primeiras sesmarias marginais do Sitiá, rio eminentemente quixadaense, foram concedidas, a partir de 1698, a elementos oriundos das vizinhas capitanias do Rio Grande, Paraíba e Pernambuco, de onde trouxeram suas sementes de gado. Em razão, porém, da resistência do íncola e de outras dificuldades, várias das primitivas concessões caíram em comisso, dando lugar a novas datas, ao iniciar-se no século XVIII. Efetivamente, a ocupação das terras só teve início em 1705, quando Manoel Gomes de Oliveira, André Moreira Barros e outros nelas conseguiram penetrar, vencida a hostilidade indígena.
Quixeramobim	No começo do século XXVIII, o capitão-mor Francisco Gil Ribeiro, governador da Fortaleza de Nossa Senhora da Assunção, concedeu as primeiras sesmarias às margens do rio Ibu, nome pelo qual era conhecido dos indígenas o atual rio Quixeramobim. O vocábulo Quixeramobim adveio de uma serra localizada ao norte da cidade e atualmente tem a denominação de Santa Maria.
Senador Pompeu	As terras hoje compreendidas no município de Senador Pompeu principiaram a ser povoadas quando da concessão de datas e sesmarias aos desbravadores, pioneiros do Ceará-Grande que levantaram casas de fazenda e dominaram os nativos. Nos séculos dezessete e dezoito inúmeras foram as concessões de terras das margens dos rios Banabuiú e Codiá, feitas pelos capitães-mores.
Boa Viagem	Aos 26 de junho de 1743, o capitão-mor João de Teyve Barreto de Menezes, antigo governador do Ceará Grande, concede três léguas de terra a Antônio Domingos Alvarez, situadas nas ribeiras do riacho Cavalo Morto, que desagua no famoso rio Quixeramobim. A concessão desta sesmaria está registrada devidamente no livro 14 Datas de Sesmarias, à página 131. É, pois nesta data que principiou o povoamento dos vastos sertões de Boa Viagem, região que se prestava admiravelmente para o pastoreio e cultivo da terra.
Milhã	Suas origens são recentes, como distrito desmembrado de Solonópole e situado à margem direita do rio denominado Capitão-Mor. A povoação, formada por pequenos agricultores, comerciantes e criadores de espécies diversas, data de início do Século. Origem do Topônimo: Milhã é um nome de uma gramínea existente na região.

Fonte: IBGE, 2017.

4.2 Contextualização socioeconômica da região

Para a melhor compreensão das condições socioeconômicas que estão inseridas na área da bacia, é necessário fazer uma análise e visualizar o perfil

socioeconômico dos municípios que fazem parte da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Por mais que o recorte espacial da bacia proporcione informações importantes acerca da sua dinâmica geoambiental, as dificuldades e limitações impostas pela coesão dos dados e indicadores socioeconômicos obriga a extrapolar os limites da bacia e dessa forma analisar o espaço municipal (COSTA, 2014).

Os dados abordados acerca dos dois municípios citados advêm de dados estruturados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE, além dos dados disponibilizados no Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil.

4.2.1 População

No que se refere a população, a tabela 4 expõe os dados quantitativos acerca da população na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú. Em relação ao número total de habitantes, estipulados em 2016 (IBGE), o município de Quixadá tem a maior quantidade de habitantes, com 85.991 habitantes, seguida de Quixeramobim, com 77.931 habitantes. Em contrapartida, os municípios de Ibicuitinga (12.242 habitantes), seguida de Piquet Carneiro (16.599) e Monsenhor Tabosa (17.025), possuem o menor contingente populacional.

Tabela 4: Estimativa da população dos municípios inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Banabuiú – Ano de 2016

Município	Total
Jaguetama	17.997
Morada Nova	61.722
Banabuiú	17.968
Ibicuitinga	12.242
Itatira	20.484
Limoeiro do Norte	31.359
Madalena	19.616
Mombaça	43.678
Monsenhor Tabosa	17.025

Pedra Branca	42.795
Piquet Carneiro	16.599
Quixadá	85.991
Quixeramobim	77.931
Senador Pompeu	26.496
Boa Viagem	53.945
Milhã	13.152

Fonte: IBGE, 2016.

Para os dados do IBGE (2010) a relação da população urbana e rural dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú é bem distinta, levando-se em conta a dimensão territorial da área.

Na comparação da população urbana e rural (Tabela 5), 12 municípios possuem a população urbana superior a rural. Apenas os municípios de Jaguaratama, Mombaça e Piquet Carneiro possuem a população rural superior a urbana.

Como pode ser observado na tabela 5, o município de Quixadá possui o sítio urbano com o maior contingente populacional da bacia. Outros municípios, em decorrência dos processos históricos de ocupação, assim como os problemas relacionados a acessibilidade terrestre acabam por possuir índices menores no tocante a população urbana e rural.

Tabela 5: População de Jaguaratama e Morava Nova nos anos (1991/2000/2010).

Município	População Residente					
	1991		2000		2010	
	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana
Jaguaratama	12.144	5.436	10.729	7.295	9.384	8.469
Morada Nova	32.413	26.499	30.531	33.869	26.664	35.401
Banabuiú	10.343	4.021	8.551	7.622	8.562	8.753
Ibicuitinga	6.174	2.424	5.048	4.387	5.593	5.742
Itatira	9.857	3.996	9.511	6.030	9.372	9.522
Limoeiro do Norte	18.358	23.819	21.407	28.938	23.781	32.483
Madalena	9.015	3.645	9.405	5.459	9.173	8.915
Mombaça	27.195	13.937	25.163	16.374	23.874	18.816

Monsenhor Tabosa	9.875	5.514	8.521	7.741	7.343	9.362
Pedra Branca	26.480	12.320	23.395	17.347	17.380	24.510
Piquet Carneiro	8.768	4.329	7.549	5.582	8.027	7.440
Quixadá	23.432	38.034	22.766	46.888	23.119	57.485
Quixeramobim	33.341	25.759	28.635	30.600	28.463	43.424
Senador Pompeu	12.017	14.580	11.543	15.682	10.763	15.706
Boa Viagem	33.352	14.704	29.486	20.902	25.894	26.604
Milhã	8.244	3.775	7.974	5.054	7.117	5.969

Fonte: IBGE, 2010 e IPECE, 2012.

4.2.2 Indicadores socioeconômicos

Quadro 20: Indicadores socioeconômicos referentes a porcentagem dos extremamente pobres e da renda per capita.

MUNICÍPIO	% DE EXTREMAMENTE POBRES			RENDA PER CAPITA (EM R\$)		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010
Jaguaretama	53,34	32,48	27,99	108,42	171,37	247,85
Morada Nova	47,30	29,17	22,85	123,37	214,12	276,36
Banabuiú	63,08	42,97	28,36	88,01	166,55	229,99
Ibicuitinga	59,03	43,39	31,29	88,06	128,09	196,54
Itatira	63,28	57,54	33,92	75,35	105,80	196,02
Limoeiro do Norte	31,17	20,21	7,98	171,72	261,01	410,03
Madalena	67,74	46,01	34,36	80,42	147,20	225,22
Mombaça	68,81	51,05	27,66	101,57	148,47	243,85
Monsenhor Tabosa	72,81	51,79	29,71	74,40	118,01	237,18
Pedra Branca	61,44	40,41	25,04	89,25	163,51	231,56
Piquet Carneiro	58,83	45,00	29,58	95,53	141,99	217,02

Quixadá	44,75	33,14	17,65	162,21	200,88	317,66
Quixeramobim	52,98	37,99	19,57	143,96	170,44	317,45
Senador Pompeu	50,82	34,91	21,06	163,83	204,25	283,80
Boa Viagem	61,95	45,73	31,91	91,89	162,68	250,47
Milhã	67,98	37,23	25,82	69,44	157,76	260,95

Fonte: IBGE, 2010 e IPECE, 2012.

No que se refere o percentual de pobreza (IBGE, 2010) nos municípios pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, temos destaque para o município de Limoeiro do Norte, com o valor mínimo de 7,98%, e na contrapartida, o município de Madalena, com 34,36% de extremamente pobres.

Em relação a renda Per Capita, o município de Itatira possuiu, em 2010, o menor valor, se comparado a todos os municípios da bacia, com 196,02 reais. O município de Limoeiro do Norte acaba por possuir o valor mais elevado, de 403,03 reais.

No quesito trabalho, os gráficos seguintes expõem os dados referentes a população economicamente ativa ocupada, população economicamente ativa desocupada e população economicamente inativa. Os gráficos expressam o registro realizado para o ano de 2010.

Para análise geral, foram elencados o valor mais alto e mais baixo da população economicamente ativa ocupada dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Valor mais alto: Limoeiro do Norte

Entre 2000 e 2010, a taxa de atividade da população de 18 anos ou mais (ou seja, o percentual dessa população que era economicamente ativa) passou de 61,50% em 2000 para 60,64% em 2010. Ao mesmo tempo, sua taxa de desocupação (ou seja, o percentual da população economicamente ativa que estava desocupada) passou de 11,57% em 2000 para 8,92% em 2010.

Ocupação da população de 18 anos ou mais - Município - Limoeiro do Norte - CE

	2000	2010
Taxa de atividade - 18 anos ou mais	61,50	60,64
Taxa de desocupação - 18 anos ou mais	11,57	8,92
Grau de formalização dos ocupados - 18 anos ou mais	28,24	38,49
Nível educacional dos ocupados		
% dos ocupados com fundamental completo - 18 anos ou mais	33,21	52,77
% dos ocupados com médio completo - 18 anos ou mais	21,99	35,94
Rendimento médio		
% dos ocupados com rendimento de até 1 s.m. - 18 anos ou mais	74,70	37,83
% dos ocupados com rendimento de até 2 s.m. - 18 anos ou mais	89,09	84,64
% dos ocupados com rendimento de até 5 s.m. - 18 anos ou mais	96,43	96,24

Em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais do município, 27,65% trabalhavam no setor agropecuário, 0,98% na indústria extrativa, 7,48% na indústria de transformação, 9,18% no setor de construção, 2,11% nos setores de utilidade pública, 15,89% no comércio e 33,09% no setor de serviços.

Fonte: Retirado de PNUD, IPEA e FJP, disponíveis no Atlas de Desenvolvimento no Brasil.

Valor mais baixo: Milhã

Entre 2000 e 2010, a taxa de atividade da população de 18 anos ou mais (ou seja, o percentual dessa população que era economicamente ativa) passou de 71,04% em 2000 para 41,68% em 2010. Ao mesmo tempo, sua taxa de desocupação (ou seja, o percentual da população economicamente ativa que estava desocupada) passou de 4,86% em 2000 para 4,17% em 2010.

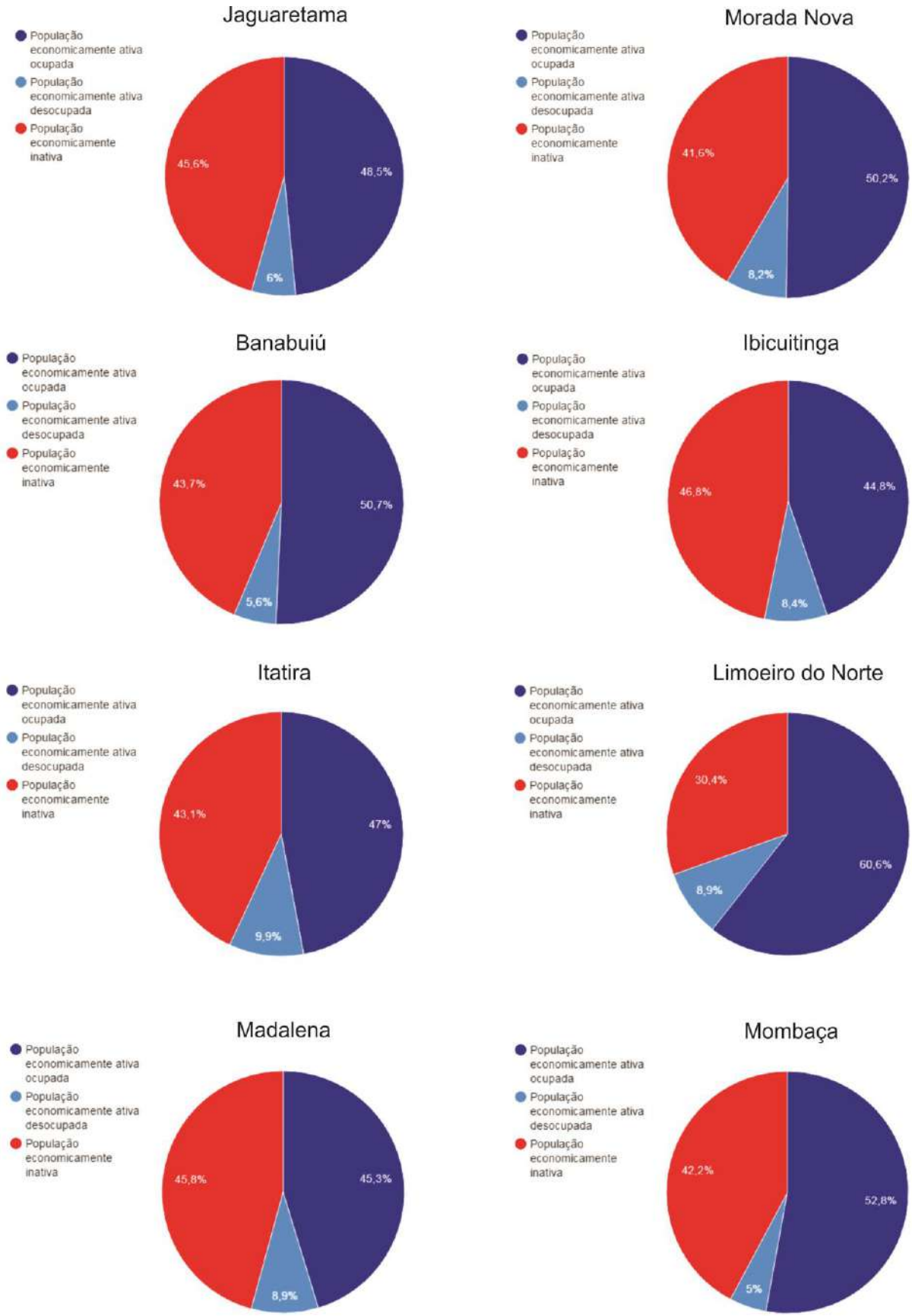
Ocupação da população de 18 anos ou mais - Município - Milhã - CE

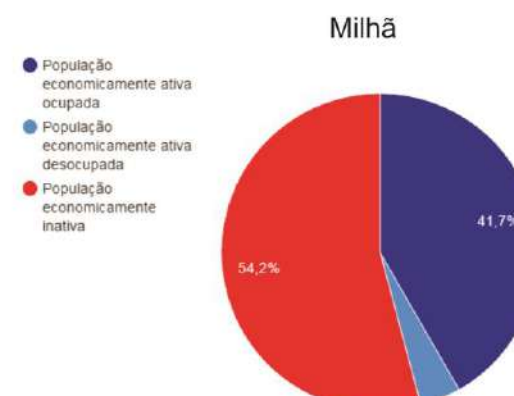
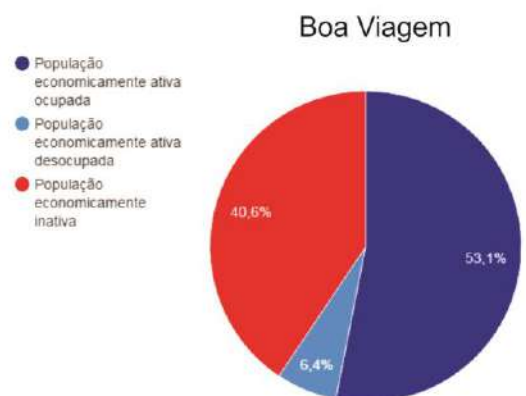
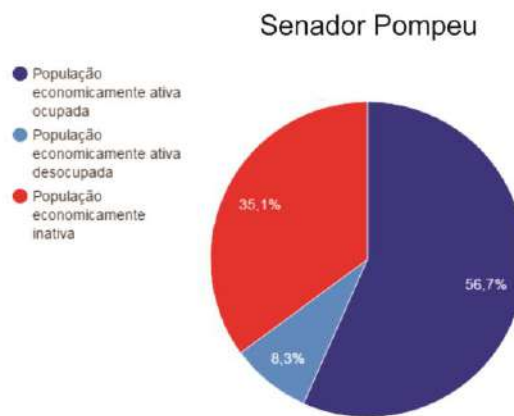
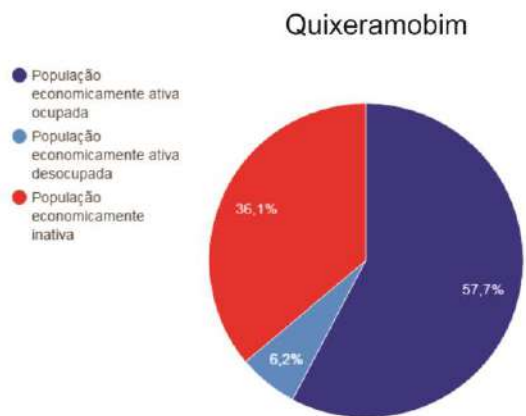
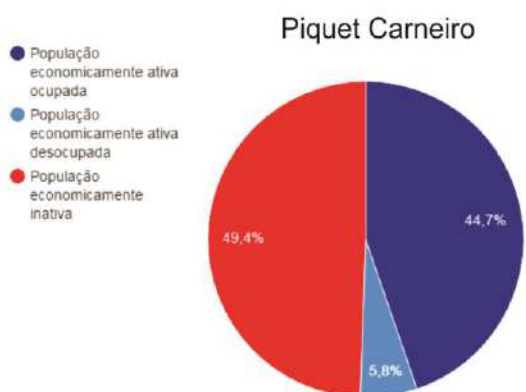
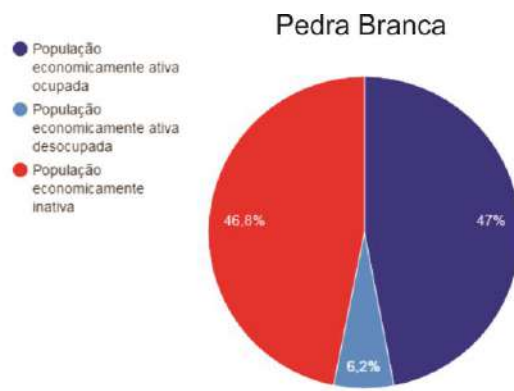
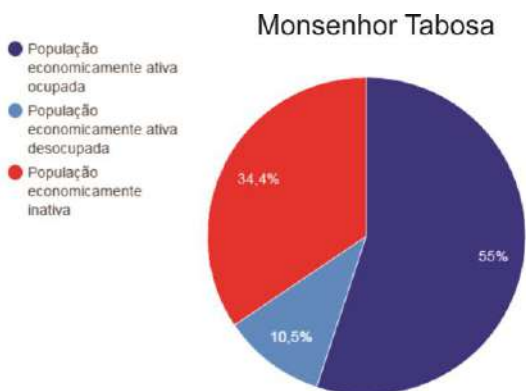
	2000	2010
Taxa de atividade - 18 anos ou mais	71,04	41,68
Taxa de desocupação - 18 anos ou mais	4,86	4,17
Grau de formalização dos ocupados - 18 anos ou mais	10,17	20,16
Nível educacional dos ocupados		
% dos ocupados com fundamental completo - 18 anos ou mais	17,65	44,40
% dos ocupados com médio completo - 18 anos ou mais	8,26	30,68
Rendimento médio		
% dos ocupados com rendimento de até 1 s.m. - 18 anos ou mais	90,01	65,61
% dos ocupados com rendimento de até 2 s.m. - 18 anos ou mais	96,55	91,93
% dos ocupados com rendimento de até 5 s.m. - 18 anos ou mais	99,35	98,18

Em 2010, das pessoas ocupadas na faixa etária de 18 anos ou mais do município, 45,36% trabalhavam no setor agropecuário, 0,12% na indústria extrativa, 4,48% na indústria de transformação, 2,89% no setor de construção, 0,65% nos setores de utilidade pública, 11,45% no comércio e 31,65% no setor de serviços.

Fonte: Retirado de PNUD, IPEA e FJP, disponíveis no Atlas de Desenvolvimento no Brasil.

Figura 40: Conjunto de gráficos com dados econômicos da população





Fonte: Retirado de PNUD, IPEA e FJP, disponíveis no Atlas de Desenvolvimento no Brasil.

4.2.3 Saúde, educação e Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM)

Em relação ao quesito saúde, optou-se por apresentar os dados referentes aos dois municípios que se contrapõem na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú. Nesse sentido, o Município de Limoeiro do Norte apresentou, para o ano de 2010, os dados mais favoráveis em relação a saúde. Diferente do município de Mombaça, que apresentou os menores índices. No quadro 20 apresentamos a síntese dos dados.

Quadro 21: Indicadores referentes a longevidade, mortalidade e fecundidade

MUNICÍPIO	LONGEVIDADE, MORTALIDADE E FECUNDIDADE (2010)			
	Esperança de vida ao nascer	Mortalidade infantil	Mortalidade até 5 anos de idade	Taxa de fecundidade total
Jaguaretama	71,6	22,1	23,7	2,5
Morada Nova	70,5	25,1	27,0	2,1
Banabuiú	71,7	21,7	23,3	2,7
Ibicuitinga	70,5	25,0	26,9	2,2
Itatira	69,8	27,1	29,1	2,8
Limoeiro do Norte	73,2	17,9	19,2	2,0
Madalena	71,7	21,8	23,5	2,5
Mombaça	69,1	29,3	31,5	2,8
Monsenhor Tabosa	71,4	22,6	24,3	2,7
Pedra Branca	71,7	21,6	23,2	2,2
Piquet Carneiro	71,7	21,6	23,2	1,9
Quixadá	71,5	22,2	23,8	2,1
Quixeramobim	72,3	20,0	21,6	2,1
Senador Pompeu	71,2	23,0	24,7	1,9
Boa Viagem	71,1	23,3	25,1	2,5
Milhã	72,0	20,9	22,4	2,1

Fonte: Retirado de PNUD, IPEA e FJP, disponíveis no Atlas de Desenvolvimento no Brasil.

Limoeiro do Norte

A mortalidade infantil (mortalidade de crianças com menos de um ano de idade) no município passou de 26,9 óbitos por mil nascidos vivos, em 2000, para 17,9 óbitos por mil nascidos vivos, em 2010. Em 1991, a taxa era de 48,1. Já na UF, a taxa era de 19,3, em 2010, de 41,4, em 2000 e 63,1, em 1991. Entre 2000 e 2010, a taxa de mortalidade infantil no país caiu de 30,6 óbitos por mil nascidos vivos para 16,7 óbitos por mil nascidos vivos. Em 1991, essa taxa era de 44,7 óbitos por mil nascidos vivos.

A esperança de vida ao nascer é o indicador utilizado para compor a dimensão Longevidade do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). No município, a esperança de vida ao nascer cresceu 1,2 anos na última década, passando de 72,0 anos, em 2000, para 73,2 anos, em 2010. Em 1991, era de 64,9 anos. No Brasil, a esperança de vida ao nascer é de 73,9 anos, em 2010, de 68,6 anos, em 2000, e de 64,7 anos em 1991.

Mombaça

A mortalidade infantil (mortalidade de crianças com menos de um ano de idade) no município passou de 49,0 óbitos por mil nascidos vivos, em 2000, para 29,3 óbitos por mil nascidos vivos, em 2010. Em 1991, a taxa era de 78,2. Já na UF, a taxa era de 19,3, em 2010, de 41,4, em 2000 e 63,1, em 1991. Entre 2000 e 2010, a taxa de mortalidade infantil no país caiu de 30,6 óbitos por mil nascidos vivos para 16,7 óbitos por mil nascidos vivos. Em 1991, essa taxa era de 44,7 óbitos por mil nascidos vivos.

A esperança de vida ao nascer é o indicador utilizado para compor a dimensão Longevidade do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). No município, a esperança de vida ao nascer cresceu 3,5 anos na última década, passando de 65,6 anos, em 2000, para 69,1 anos, em 2010. Em 1991, era de 58,3 anos. No Brasil, a esperança de vida ao nascer é de 73,9 anos, em 2010, de 68,6 anos, em 2000, e de 64,7 anos em 1991.

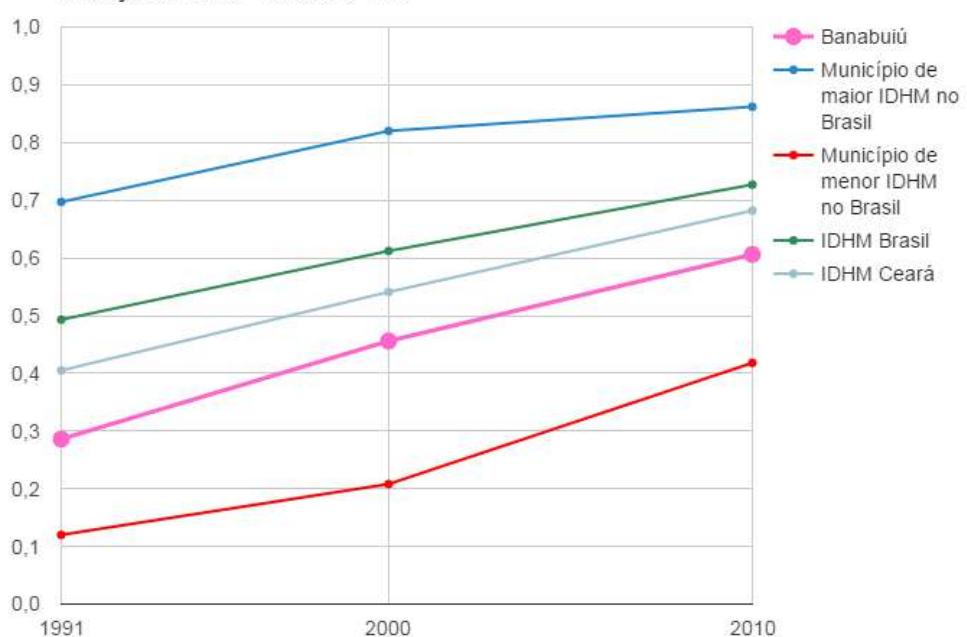
Fonte: Retirado de PNUD, IPEA e FJP, disponíveis no Atlas de Desenvolvimento no Brasil.

O IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano), é um conjunto de dados que reúne as dimensões renda, longevidade e educação. No que se refere aos municípios pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, foi organizado, para

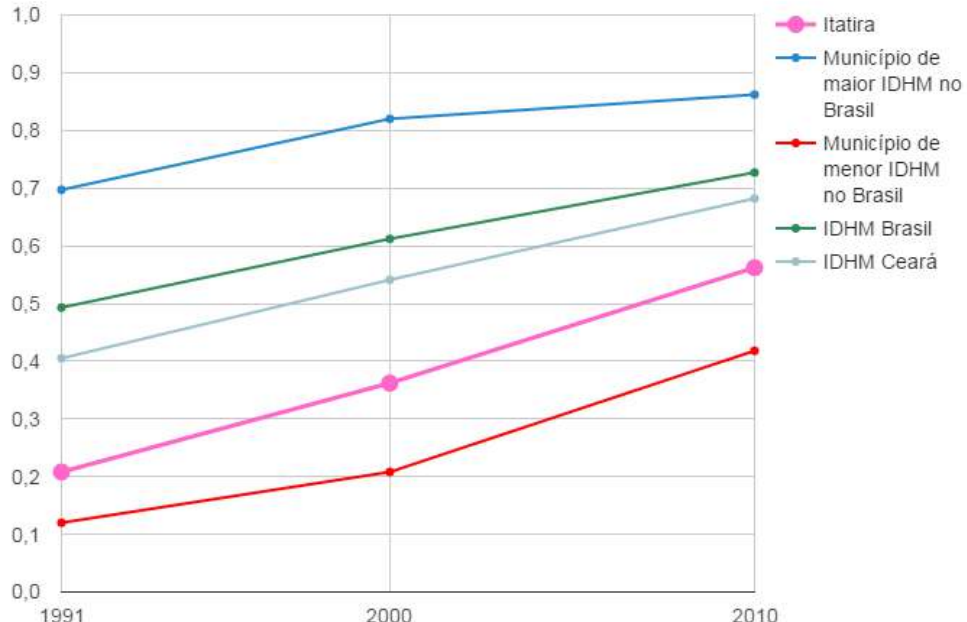
cada município (Quadro 22), a síntese dos dados referentes ao IDHM. Nesse sentido, o município que apresentou o maior índice foi Limoeiro do Norte, com o valor de 0,682, e o pior foi observado no município de Itatira, com 0,562.

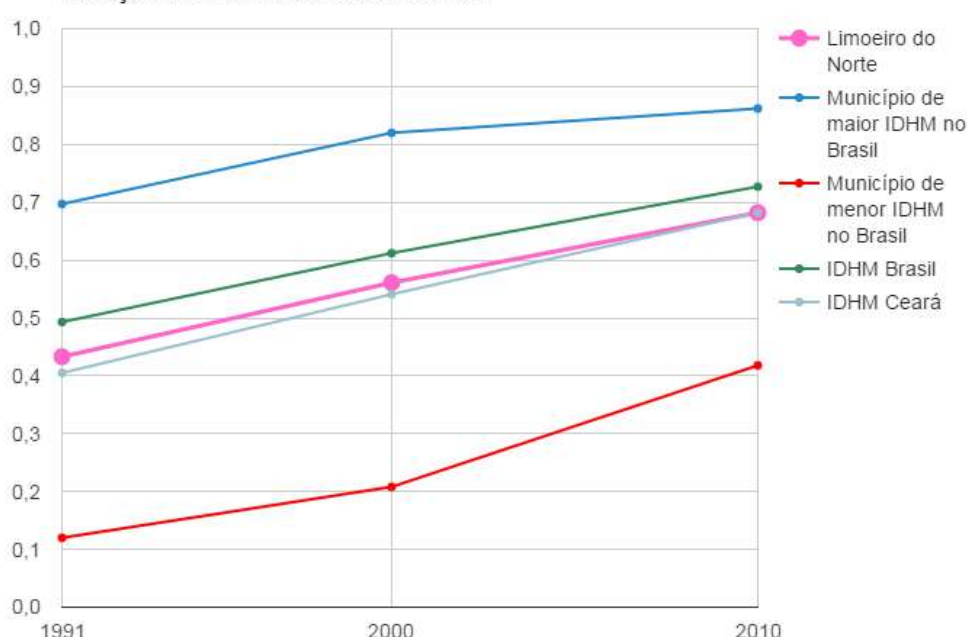
MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
JAGUARETAMA	<p>O IDHM passou de 0,445 em 2000 para 0,612 em 2010 - uma taxa de crescimento de 37,53%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 69,91% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,287), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p>Evolução do IDHM - Jaguaretama - CE</p> <table border="1"> <caption>Dados estimados do gráfico de evolução do IDHM</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> <th>Jaguaretama</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,41</td> <td>0,31</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> <td>0,61</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Jaguaretama	1991	0,70	0,12	0,49	0,41	0,31	2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,45	2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,61
Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Jaguaretama																					
1991	0,70	0,12	0,49	0,41	0,31																					
2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,45																					
2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,61																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
MORADA NOVA	<p>O IDHM passou de 0,485 em 2000 para 0,610 em 2010 - uma taxa de crescimento de 25,77%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 75,73% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,229), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p>Evolução do IDHM - Morada Nova - CE</p> <table border="1"> <caption>Data extracted from the IDHM evolution graph</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Morada Nova</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,34</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,41</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,49</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,61</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Morada Nova	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,34	0,70	0,12	0,49	0,41	2000	0,49	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,61	0,86	0,42	0,73	0,68
Ano	Morada Nova	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,34	0,70	0,12	0,49	0,41																					
2000	0,49	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,61	0,86	0,42	0,73	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
BANABUIÚ	<p>O IDHM passou de 0,456 em 2000 para 0,606 em 2010 - uma taxa de crescimento de 32,89%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 72,43% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,252), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Banabuiú - CE</p>  <p>O gráfico apresenta a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) para Banabuiú e para comparações regionais e nacionais. O eixo vertical representa o IDHM, variando de 0,0 a 1,0. O eixo horizontal representa o ano, com pontos marcados para 1991, 2000 e 2010. A linha azul representa o município de maior IDHM no Brasil, a linha vermelha o de menor IDHM no Brasil, a linha verde o IDHM do Brasil, a linha cinza o IDHM do Ceará e a linha rosa o IDHM de Banabuiú. Todos os índices mostram uma tendência de crescimento ao longo do período analisado.</p> <table border="1" data-bbox="1075 446 2038 1085"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Banabuiú</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,28</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,41</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,46</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,61</td> <td>0,87</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Banabuiú	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,28	0,70	0,12	0,49	0,41	2000	0,46	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,61	0,87	0,42	0,73	0,68
Ano	Banabuiú	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,28	0,70	0,12	0,49	0,41																					
2000	0,46	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,61	0,87	0,42	0,73	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
IBICUITINGA	<p>O IDHM passou de 0,451 em 2000 para 0,606 em 2010 - uma taxa de crescimento de 34,37%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 71,77% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,290), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p>Evolução do IDHM - Ibicuitinga - CE</p> <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico: Evolução do IDHM - Ibicuitinga - CE</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> <th>Ibicuitinga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,7</td> <td>0,1</td> <td>0,5</td> <td>0,4</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> <td>0,45</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,87</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,69</td> <td>0,61</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Ibicuitinga	1991	0,7	0,1	0,5	0,4	0,3	2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,45	2010	0,87	0,42	0,73	0,69	0,61
Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Ibicuitinga																					
1991	0,7	0,1	0,5	0,4	0,3																					
2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,45																					
2010	0,87	0,42	0,73	0,69	0,61																					

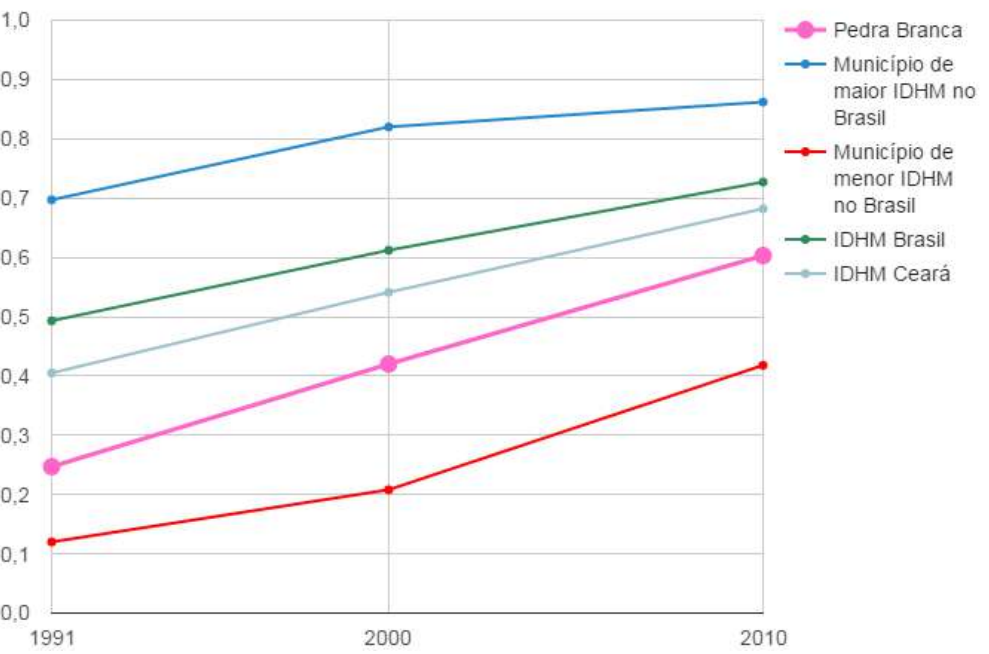
MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
ITATIRA	<p>O IDHM passou de 0,362 em 2000 para 0,562 em 2010 - uma taxa de crescimento de 55,25%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 68,65% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,287), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Itatira - CE</p>  <p>O gráfico apresenta a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) em Itatira, Ceará, comparando-o com o município de maior IDHM no Brasil, o município de menor IDHM no Brasil, o IDHM médio do Brasil e o IDHM de Ceará. O eixo Y representa o IDHM, variando de 0,0 a 1,0. O eixo X representa o ano, com pontos marcados para 1991, 2000 e 2010. A linha azul representa o município de maior IDHM no Brasil, a linha vermelha o município de menor IDHM no Brasil, a linha verde o IDHM do Brasil, a linha cinza o IDHM de Ceará e a linha rosa o IDHM de Itatira. Todos os índices mostram uma tendência de crescimento ao longo do período analisado.</p> <table border="1" data-bbox="1075 462 2038 1085"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> <th>Itatira</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,50</td> <td>0,41</td> <td>0,21</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> <td>0,37</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> <td>0,56</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Itatira	1991	0,70	0,12	0,50	0,41	0,21	2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,37	2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,56
Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Itatira																					
1991	0,70	0,12	0,50	0,41	0,21																					
2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,37																					
2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,56																					

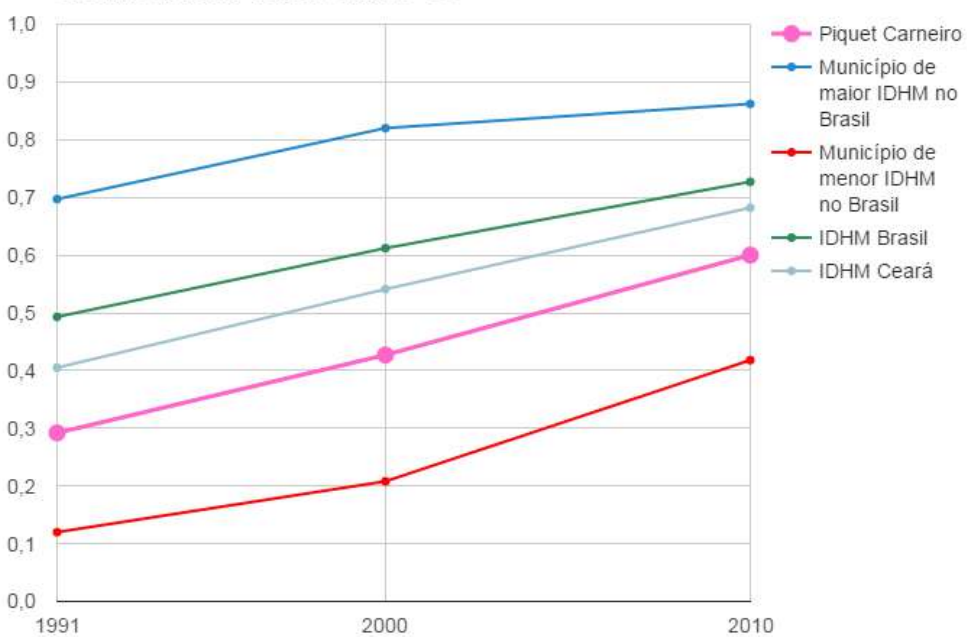
MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
<p style="text-align: center;">LIMOEIRO DO NORTE</p>	<p>O IDHM passou de 0,561 em 2000 para 0,682 em 2010 - uma taxa de crescimento de 21,57%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 72,44% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,220), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Limoeiro do Norte - CE</p>  <p>O gráfico apresenta a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) para Limoeiro do Norte (CE) em comparação com outros indicadores nacionais e estaduais. O eixo vertical representa o IDHM, variando de 0,0 a 1,0. O eixo horizontal mostra os anos 1991, 2000 e 2010. A linha azul representa o Município de maior IDHM no Brasil, a linha vermelha o Município de menor IDHM no Brasil, a linha verde o IDHM Brasil, e a linha cinza o IDHM Ceará. A linha rosa representa o IDHM de Limoeiro do Norte.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> <th>Limoeiro do Norte</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,40</td> <td>0,43</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,55</td> <td>0,56</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Limoeiro do Norte	1991	0,70	0,12	0,49	0,40	0,43	2000	0,82	0,21	0,61	0,55	0,56	2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,68
Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Limoeiro do Norte																					
1991	0,70	0,12	0,49	0,40	0,43																					
2000	0,82	0,21	0,61	0,55	0,56																					
2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
MADALENA	<p>O IDHM passou de 0,443 em 2000 para 0,610 em 2010 - uma taxa de crescimento de 37,70%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 70,02% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,280), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Madalena - CE</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>Dados do Gráfico: Evolução do IDHM - Madalena - CE</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Madalena</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,287</td> <td>0,700</td> <td>0,125</td> <td>0,490</td> <td>0,400</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,443</td> <td>0,820</td> <td>0,210</td> <td>0,610</td> <td>0,540</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,610</td> <td>0,860</td> <td>0,420</td> <td>0,730</td> <td>0,680</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Madalena	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,287	0,700	0,125	0,490	0,400	2000	0,443	0,820	0,210	0,610	0,540	2010	0,610	0,860	0,420	0,730	0,680
Ano	Madalena	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,287	0,700	0,125	0,490	0,400																					
2000	0,443	0,820	0,210	0,610	0,540																					
2010	0,610	0,860	0,420	0,730	0,680																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
MOMBAÇA	<p>O IDHM passou de 0,399 em 2000 para 0,582 em 2010 - uma taxa de crescimento de 45,86%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 69,55% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,289), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Mombaça - CE</p> <table border="1"> <caption>Data extracted from the IDHM evolution graph</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Mombaça</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,27</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,40</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,58</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Mombaça	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,27	0,70	0,12	0,49	0,40	2000	0,40	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,58	0,86	0,42	0,73	0,68
Ano	Mombaça	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,27	0,70	0,12	0,49	0,40																					
2000	0,40	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,58	0,86	0,42	0,73	0,68																					

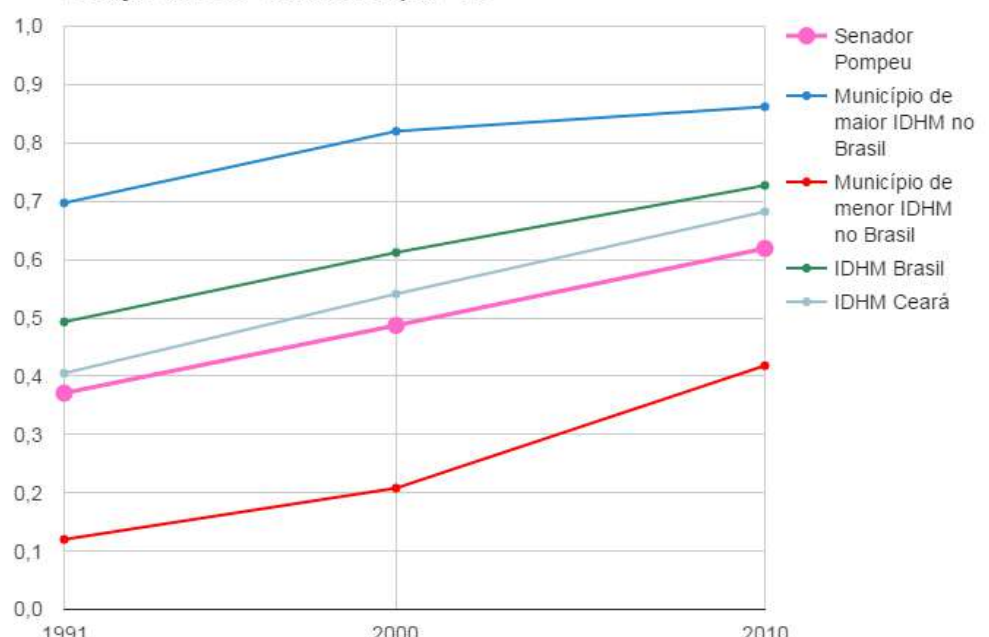
MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
MOSENHOR TABOSA	<p>O IDHM passou de 0,437 em 2000 para 0,610 em 2010 - uma taxa de crescimento de 39,59%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 69,27% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,268), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Monsenhor Tabosa - CE</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>Dados extraídos do gráfico de evolução do IDHM</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Monsenhor Tabosa</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,30</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,41</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,44</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,61</td> <td>0,87</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Monsenhor Tabosa	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,30	0,70	0,12	0,49	0,41	2000	0,44	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,61	0,87	0,42	0,73	0,68
Ano	Monsenhor Tabosa	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,30	0,70	0,12	0,49	0,41																					
2000	0,44	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,61	0,87	0,42	0,73	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
PEDRA BRANCA	<p>O IDHM passou de 0,420 em 2000 para 0,603 em 2010 - uma taxa de crescimento de 43,57%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 68,45% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,295), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Pedra Branca - CE</p>  <p>O gráfico apresenta a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) para Pedra Branca e para outros pontos de referência no Brasil e no Ceará. O eixo vertical representa o IDHM, variando de 0,0 a 1,0. O eixo horizontal representa o ano, com pontos marcados para 1991, 2000 e 2010. A linha azul representa o município de maior IDHM no Brasil, a linha vermelha o município de menor IDHM no Brasil, a linha verde o IDHM do Brasil, a linha cinza o IDHM do Ceará e a linha rosa o IDHM de Pedra Branca. Todas as linhas mostram uma tendência de crescimento positivo ao longo do período analisado.</p> <table border="1" data-bbox="1064 454 2049 1109"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> <th>Pedra Branca</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,40</td> <td>0,25</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,72</td> <td>0,68</td> <td>0,60</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Pedra Branca	1991	0,70	0,12	0,49	0,40	0,25	2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,42	2010	0,86	0,42	0,72	0,68	0,60
Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Pedra Branca																					
1991	0,70	0,12	0,49	0,40	0,25																					
2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,42																					
2010	0,86	0,42	0,72	0,68	0,60																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
PIQUET CARNEIRO	<p>O IDHM passou de 0,427 em 2000 para 0,600 em 2010 - uma taxa de crescimento de 40,52%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 69,81% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,276), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Piquet Carneiro - CE</p>  <p>Legenda:</p> <ul style="list-style-type: none"> Piquet Carneiro Município de maior IDHM no Brasil Município de menor IDHM no Brasil IDHM Brasil IDHM Ceará <table border="1" style="margin-top: 10px;"> <caption>Dados extraídos do gráfico de evolução do IDHM</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Piquet Carneiro</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,29</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,41</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,43</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,60</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Piquet Carneiro	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,29	0,70	0,12	0,49	0,41	2000	0,43	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,60	0,86	0,42	0,73	0,68
Ano	Piquet Carneiro	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,29	0,70	0,12	0,49	0,41																					
2000	0,43	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,60	0,86	0,42	0,73	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
QUIXADÁ	<p>O IDHM passou de 0,524 em 2000 para 0,659 em 2010 - uma taxa de crescimento de 25,76%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 71,64% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,250), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Quixadá - CE</p> <table border="1"> <caption>Evolution of IDHM - Quixadá - CE</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Quixadá</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,38</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,40</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,52</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,66</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,72</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Quixadá	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,38	0,70	0,12	0,49	0,40	2000	0,52	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,66	0,86	0,42	0,72	0,68
Ano	Quixadá	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,38	0,70	0,12	0,49	0,40																					
2000	0,52	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,66	0,86	0,42	0,72	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
QUIXERAMOBIM	<p>O IDHM passou de 0,482 em 2000 para 0,642 em 2010 - uma taxa de crescimento de 33,20%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 69,11% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,242), seguida por Renda e por Longevidade.</p>	<p>Evolução do IDHM - Quixeramobim - CE</p> <p>Este gráfico de linhas ilustra a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) em Quixeramobim, Ceará, comparando-o com outros municípios e indicadores nacionais. O eixo vertical representa o IDHM, variando de 0,0 a 1,0. O eixo horizontal mostra os anos 1991, 2000 e 2010. A linha azul representa o município de maior IDHM no Brasil, a linha vermelha o de menor IDHM no Brasil, a linha verde o IDHM Brasil, e a linha cinza o IDHM Ceará. A linha rosa representa Quixeramobim, mostrando um crescimento consistente ao longo do período.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> <th>Quixeramobim</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,40</td> <td>0,36</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> <td>0,48</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> <td>0,64</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Quixeramobim	1991	0,70	0,12	0,49	0,40	0,36	2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,48	2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,64
Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Quixeramobim																					
1991	0,70	0,12	0,49	0,40	0,36																					
2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,48																					
2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,64																					

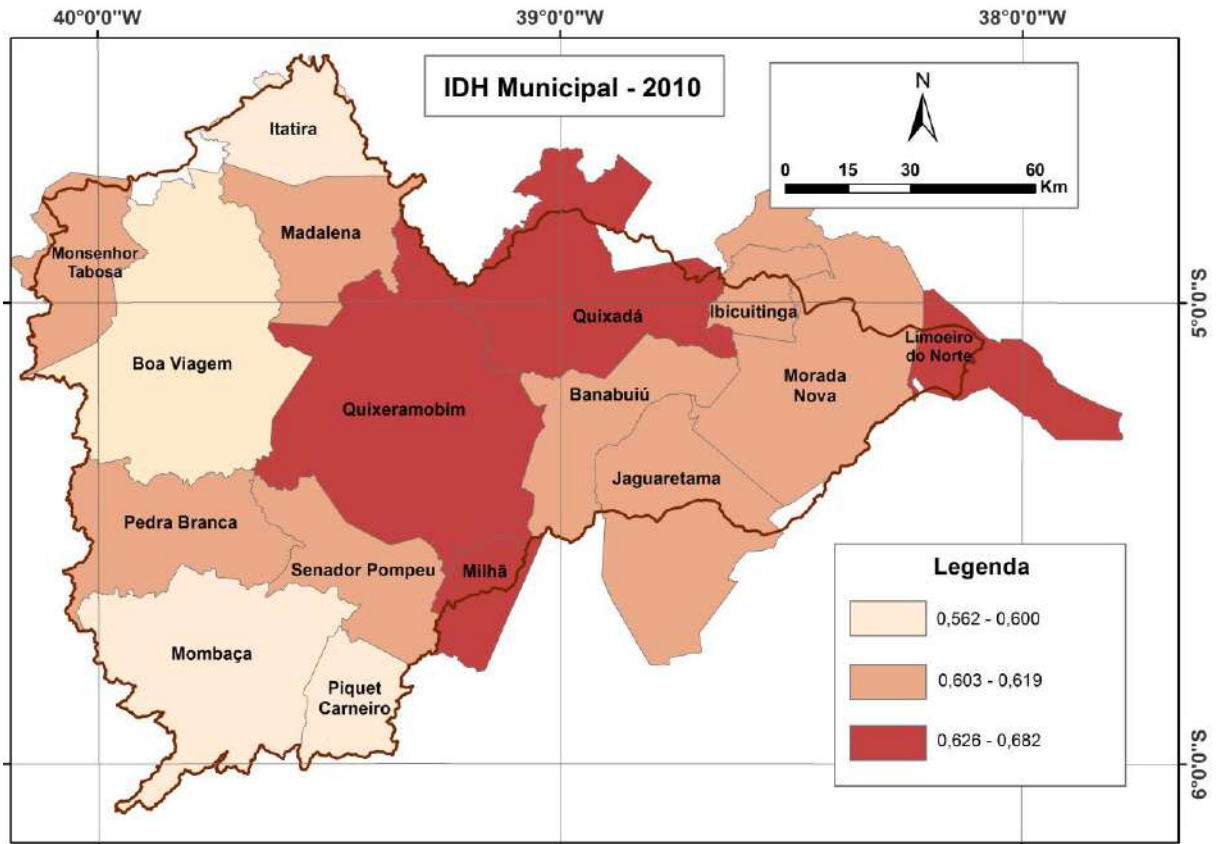
MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
SENADOR POMPEU	<p>O IDHM passou de 0,487 em 2000 para 0,619 em 2010 - uma taxa de crescimento de 27,10%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 74,27% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,195), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Senador Pompeu - CE</p>  <p>O gráfico apresenta a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) para o município de Senador Pompeu em comparação com outros indicadores e municípios. O eixo vertical representa o IDHM, variando de 0,0 a 1,0. O eixo horizontal representa o ano, com pontos marcados para 1991, 2000 e 2010. A linha azul representa o município de maior IDHM no Brasil, a linha vermelha o município de menor IDHM no Brasil, a linha verde o IDHM do Brasil, a linha cinza o IDHM de Ceará e a linha rosa o IDHM de Senador Pompeu. Todos os indicadores mostram uma tendência de crescimento ao longo do período analisado.</p> <table border="1" data-bbox="1064 446 2049 1085"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Senador Pompeu</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,38</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,49</td> <td>0,41</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,49</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,62</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Senador Pompeu	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,38	0,70	0,12	0,49	0,41	2000	0,49	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,62	0,86	0,42	0,73	0,68
Ano	Senador Pompeu	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,38	0,70	0,12	0,49	0,41																					
2000	0,49	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,62	0,86	0,42	0,73	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
BOA VIAGEM	<p>O IDHM passou de 0,419 em 2000 para 0,598 em 2010 - uma taxa de crescimento de 42,72%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 69,19% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,273), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p>Evolução do IDHM - Boa Viagem - CE</p> <p>O gráfico apresenta a evolução do Índice de Desenvolvimento Humano (IDHM) para o município de Boa Viagem em Ceará, comparando-o com o município de maior IDHM no Brasil, o município de menor IDHM no Brasil, o IDHM médio do Brasil e o IDHM de Ceará. O eixo Y representa o IDHM, variando de 0,0 a 1,0. O eixo X representa o ano, com pontos marcados para 1991, 2000 e 2010. A linha de Boa Viagem (rosa) mostra um crescimento constante, passando de 0,30 em 1991 para 0,42 em 2000 e 0,60 em 2010. O município de maior IDHM no Brasil (azul) mantém a liderança, evoluindo de 0,70 para 0,82 e 0,86. O município de menor IDHM no Brasil (vermelho) cresce de 0,12 para 0,21 e 0,42. O IDHM do Brasil (verde) evolui de 0,50 para 0,61 e 0,73. O IDHM de Ceará (cinza) cresce de 0,41 para 0,54 e 0,68.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Boa Viagem</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,30</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,50</td> <td>0,41</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,42</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,60</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Boa Viagem	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	1991	0,30	0,70	0,12	0,50	0,41	2000	0,42	0,82	0,21	0,61	0,54	2010	0,60	0,86	0,42	0,73	0,68
Ano	Boa Viagem	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará																					
1991	0,30	0,70	0,12	0,50	0,41																					
2000	0,42	0,82	0,21	0,61	0,54																					
2010	0,60	0,86	0,42	0,73	0,68																					

MUNICÍPIO	SÍNTESE DO ÍNDICE ENTRE 2000 E 2010	EVOLUÇÃO DO IDHM																								
MILHÃ	<p>O IDHM passou de 0,466 em 2000 para 0,626 em 2010 - uma taxa de crescimento de 34,33%. O hiato de desenvolvimento humano, ou seja, a distância entre o IDHM do município e o limite máximo do índice, que é 1, foi reduzido em 70,04% entre 2000 e 2010. Nesse período, a dimensão cujo índice mais cresceu em termos absolutos foi Educação (com crescimento de 0,244), seguida por Longevidade e por Renda.</p>	<p style="text-align: center;">Evolução do IDHM - Milhã - CE</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>Dados estimados do gráfico de evolução do IDHM</caption> <thead> <tr> <th>Ano</th> <th>Município de maior IDHM no Brasil</th> <th>Município de menor IDHM no Brasil</th> <th>IDHM Brasil</th> <th>IDHM Ceará</th> <th>Milhã</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1991</td> <td>0,70</td> <td>0,12</td> <td>0,50</td> <td>0,41</td> <td>0,28</td> </tr> <tr> <td>2000</td> <td>0,82</td> <td>0,21</td> <td>0,61</td> <td>0,54</td> <td>0,47</td> </tr> <tr> <td>2010</td> <td>0,86</td> <td>0,42</td> <td>0,73</td> <td>0,68</td> <td>0,63</td> </tr> </tbody> </table>	Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Milhã	1991	0,70	0,12	0,50	0,41	0,28	2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,47	2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,63
Ano	Município de maior IDHM no Brasil	Município de menor IDHM no Brasil	IDHM Brasil	IDHM Ceará	Milhã																					
1991	0,70	0,12	0,50	0,41	0,28																					
2000	0,82	0,21	0,61	0,54	0,47																					
2010	0,86	0,42	0,73	0,68	0,63																					

Fonte: Adaptado de Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2017. Modelo baseado em Albuquerque, 2015.

Figura 41: Índice de desenvolvimento municipal – IDHM dos municípios inseridos na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.



Fonte: Adaptado de Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2017.

4.2.4 Infraestrutura

Quanto a infraestrutura (quadro 23), o município de Limoeiro do Norte também destaca-se positivamente, por apresentar os melhores índices quanto as porcentagens de população em domicílios com água encanada e da população em domicílios com energia elétrica. Quanto a porcentagem da população em domicílios com coleta de lixo, o município de Monsenhor Tabosa apresentou o melhor índice.

Os pior índice quanto a porcentagem da população em domicílios com água encanada ficou com o município de Itatira. Em relação a porcentagem da população em domicílios com energia elétrica, o menor índice foi representado pelo município de Monsenhor Tabosa. Boa Viagem apresentou o menor índice quanto a porcentagem da população em domicílios com coleta de lixo.

Quadro 23: Dados referentes a infraestrutura dos municípios

MUNICÍPIO	HABITAÇÃO (2010)		
	% da população em domicílios com água encanada	% da população em domicílios com energia elétrica	% da população em domicílios com coleta de lixo
Jaguaretama	62,13	99,14	96,99
Morada Nova	78,29	99,17	86,12
Banabuiú	66,09	98,14	91,01
Ibicuitinga	75,54	98,15	92,74
Itatira	53,92	98,18	76,42
Limoeiro do Norte	95,81	99,79	96,36
Madalena	64,35	99,14	90,48
Mombaça	63,74	98,91	83,72
Monsenhor Tabosa	70,03	96,73	97,34
Pedra Branca	73,19	98,09	96,00
Piquet Carneiro	63,96	99,27	97,24
Quixadá	72,09	99,39	91,26
Quixeramobim	78,72	99,07	89,83
Senador Pompeu	76,83	98,49	88,63
Boa Viagem	74,18	98,13	83,54
Milhã	71,93	98,84	92,66

Fonte: Retirado de PNUD, IPEA e FJP, disponíveis no Atlas de Desenvolvimento no Brasil.

4.3 Atividades econômicas e uso e ocupação do solo

Com relação às atividades desenvolvidas para cada município, é importante perceber a relação existente entre as atividades que sustentam o Produto Interno Bruto (PIB), fator importante para a compreensão da dinâmica econômica dos municípios pertencentes a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Tabela 6: Produto Interno Bruto (PIB - %), dos municípios (2013)

Municípios	Agropecuária	Indústria	Serviços
Jaguaretama	21,34	4,62	74,04
Morada Nova	20,02	24,79	55,19
Banabuiú	18,90	10,68	70,42
Ibicuitinga	11,93	4,70	83,36
Itatira	24,18	2,70	73,12
Limoeiro do Norte	34,22	8,33	57,45
Madalena	18,23	2,30	79,47
Mombaça	10,71	4,05	85,25
Monsenhor Tabosa	9,25	4,56	86,19
Pedra Branca	10,17	2,37	87,46
Piquet Carneiro	9,71	4,25	86,04
Quixadá	9,34	13,61	77,05
Quixeramobim	7,21	23,06	69,72
Senador Pompeu	8,94	21,77	69,29
Boa Viagem	11,75	6,41	81,83
Milhã	21,37	3,21	75,42

Fonte: IPECE, 2013.

Nos municípios é possível perceber uma certa homogeneidade em relação à distribuição das atividades econômicas. No setor da agropecuária, os municípios de Morada Nova e Limoeiro do Norte se destacam, com 3.171 e 1.276 empregos gerados para o ano de 2016.

Por outro lado, o setor de serviços tem grande relevância em todos os municípios. Destacam-se, nesse setor, os municípios de Quixadá e Limoeiro do Norte, com 1.798 e 1.248 empregos gerados em 2016.

No quesito comércio, os municípios de Quixadá e Limoeiro do Norte também se sobressaem, a mostrar a importância desses municípios no contexto socioeconômico da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Tabela 7: Empregos formais por município (2016)

Município	Extração mineral	Indústria de Transformação	Construção Civil	Comércio	Serviços	Agropecuária
Jaguaretama	-	4	57	145	45	948
Morada Nova	-	757	269	584	368	3.171
Banabuiú	2	154	15	78	24	2
Ibicuitinga	-	1	-	52	6	1
Itatira	-	-	2	63	17	1
Limoeiro do Norte	16	885	274	1.834	1.248	1.276
Madalena	-	9	1	101	44	95
Mombaça	-	27	250	653	155	1
Monsenhor Tabosa	-	12	-	113	52	-
Pedra Branca	-	70	-	306	122	-
Piquet Carneiro	-	2	50	169	24	-
Quixadá	22	895	149	2.045	1.798	366
Quixeramobim	-	597	329	1.095	797	167
Senador Pompeu	-	1.158	38	413	215	2
Boa Viagem	8	215	94	506	359	3
Milhã	-	3	4	83	40	-

Fonte: IPECE, 2016.

No tocante às atividades agropecuárias, vale destacar alguns números em relação à criação de animais e produção de alimentos nos municípios inseridos na bacia.

Os rebanhos de bovinos, caprinos e ovinos são bem consideráveis em ambos os municípios, mas com quantidades diferentes se comparado a particularidade de cada área. O município de Quixeramobim apresenta o maior contingente bovino, com 81.200 cabeças.

Jaguaretama apresentou, para o ano de 2015, o efetivo de 18.994 cabeças de caprinos. O mesmo município também apresentou o maior número de cabeças de ovinos, com um total de 64.844 para o ano de 2015.

Tabela 8: Efetivo de bovinos, caprinos e ovinos nos municípios (2015)

Município	Pecuária		
	Efetivo Bovino	Efetivo Caprino	Efetivo Ovino
Jaguaretama	42.133	18.994	64.844
Morada Nova	71.707	16.121	47.624
Banabuiú	27.000	8.950	27.200
Ibicuitinga	11.100	3.650	16.870
Itatira	7.850	5.980	8.615
Limoeiro do Norte	28.275	9.545	26.603
Madalena	15.584	5.610	13.850
Mombaça	31.149	9.855	32.960
Monsenhor Tabosa	12.350	5.231	8.944
Pedra Branca	29.000	17.500	29.900
Piquet Carneiro	15.463	1.724	3.400
Quixadá	42.900	9.390	35.245
Quixeramobim	81.200	8.750	40.850
Senador Pompeu	27.200	4.980	17.940
Boa Viagem	37.800	15.240	43.170
Milhã	26.800	3.100	15.510

Fonte: IBGE, 2015.

A agricultura ainda é uma grande fonte de renda para as comunidades do sertão, principalmente para os pequenos agricultores, que dependem, basicamente, das condições do plantio para seu sustento e mesmo alimentação (COSTA, 2014).

Nesse sentido, é importante destacar variáveis de produção como o arroz, milho e feijão, muito representativas no sertão central.

Na tabela 9 é possível observar em números a quantidade produzida em toneladas de arroz, feijão e milho nos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Banabuiú.

Tabela 9: Culturas temporárias dos municípios (2015)

Município	Culturas Temporárias – ton/ano		
	Arroz	Feijão	Milho
Jaguaretama	-	262	320
Morada Nova	6.985	1.285	326
Banabuiú	-	220	151
Ibicuitinga	-	819	104
Itatira	-	220	497
Limoeiro do Norte	2.700	554	1.222
Madalena	-	1.155	1.301
Mombaça	-	392	791
Monsenhor Tabosa	-	589	401
Pedra Branca	4	1.234	1.195
Piquet Carneiro	-	113	312
Quixadá	-	330	428
Quixeramobim	-	1.123	838
Senador Pompeu	-	636	942
Boa Viagem	-	967	1.650
Milhã	-	287	155

Fonte: IBGE, 2015.

Considerando a agricultura temporária, os municípios apresentam razoável aptidão para as culturas de milho e feijão, destacando-se como grande produtor de arroz e feijão, o município de Morada Nova, com 6.985 e 1.285 ton/ano em 2015. Fato que é justificado em função do seu projeto de irrigação (CEARÁ, 2009). Para o mesmo ano, o município de Boa Viagem destaca-se na produção de milho, com 1.650 ton/ano.

Ponto particular vinculado a complementação da renda, é a extração da cera e da palha da carnaúba no período seco, o que acaba por minimizar os prejuízos decorrentes da falta de água. Essa prática é observada com mais frequência no médio e baixo curso da bacia, com maior potencial para a dispersão dos carnaubais (COSTA, 2014).

4.3.1 Uso e ocupação

A partir da análise dos atributos acima é importante perceber quais as principais tipologias de uso que estão atuando na bacia e quais os principais impactos causados. As tipologias de uso/ocupação da terra relacionam-se aos modelos de exploração dos recursos naturais e aos ativos ambientais em razão do seu valor econômico-social e das atividades exercidas em determinadas áreas como a agricultura, desenvolvimento urbano, turístico e industrial, e implementação de estrutura de base e sofisticada (NASCIMENTO, 2006; SANTOS, 2011).

Com as análises empíricas realizadas no campo percebe-se que o grande vetor de impacto na sub-bacia está voltado para o agroextrativismo, pecuária e a agricultura irrigada nas áreas rurais, além de impactos visualizados nas áreas urbanas.

Essas atividades em conjunto causam danos principalmente à cobertura vegetal e aos solos da região. O desmatamento e a consequente retirada da lenha é outro fator observado e que acaba degradando extensas áreas da bacia.

No baixo curso, além da lenha para o consumo de muitas famílias, a produção de carvão foi observada na região, assim como as queimadas para o plantio, o que ainda revela uma grande influência nos antigos modos rudimentares no preparo da terra (COSTA, 2014). Outro problema observado é o condicionamento do lixo, que muitas vezes, ou é lançado nas áreas adjacentes ou queimado, prática muito comum em muitas comunidades visitadas.

Para o estabelecimento das tipologias de uso e ocupação/vegetação, foram realizadas adaptações que evidenciassem as características, além do uso e ocupação da bacia, as condições da cobertura vegetal. Com base nessas observações foi elaborada o Quadro 24, que apresenta a descrição das diferentes tipologias de uso da bacia, bem como seu percentual de ocupação (km²).

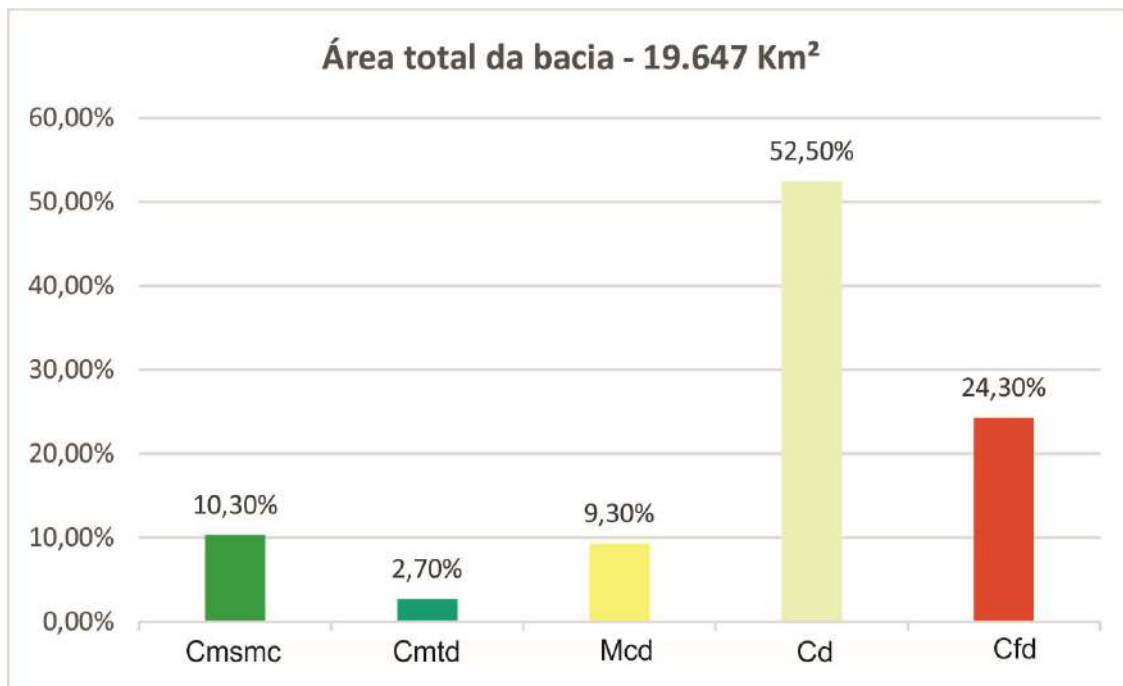
Para essa classificação levou-se em consideração para a vegetação, o grau de alteração por parte das alterações antrópicas, levando-se em consideração os trabalhos de campo, e a análise de imagens de satélite.

Quadro 24: Uso e ocupação/vegetação da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú

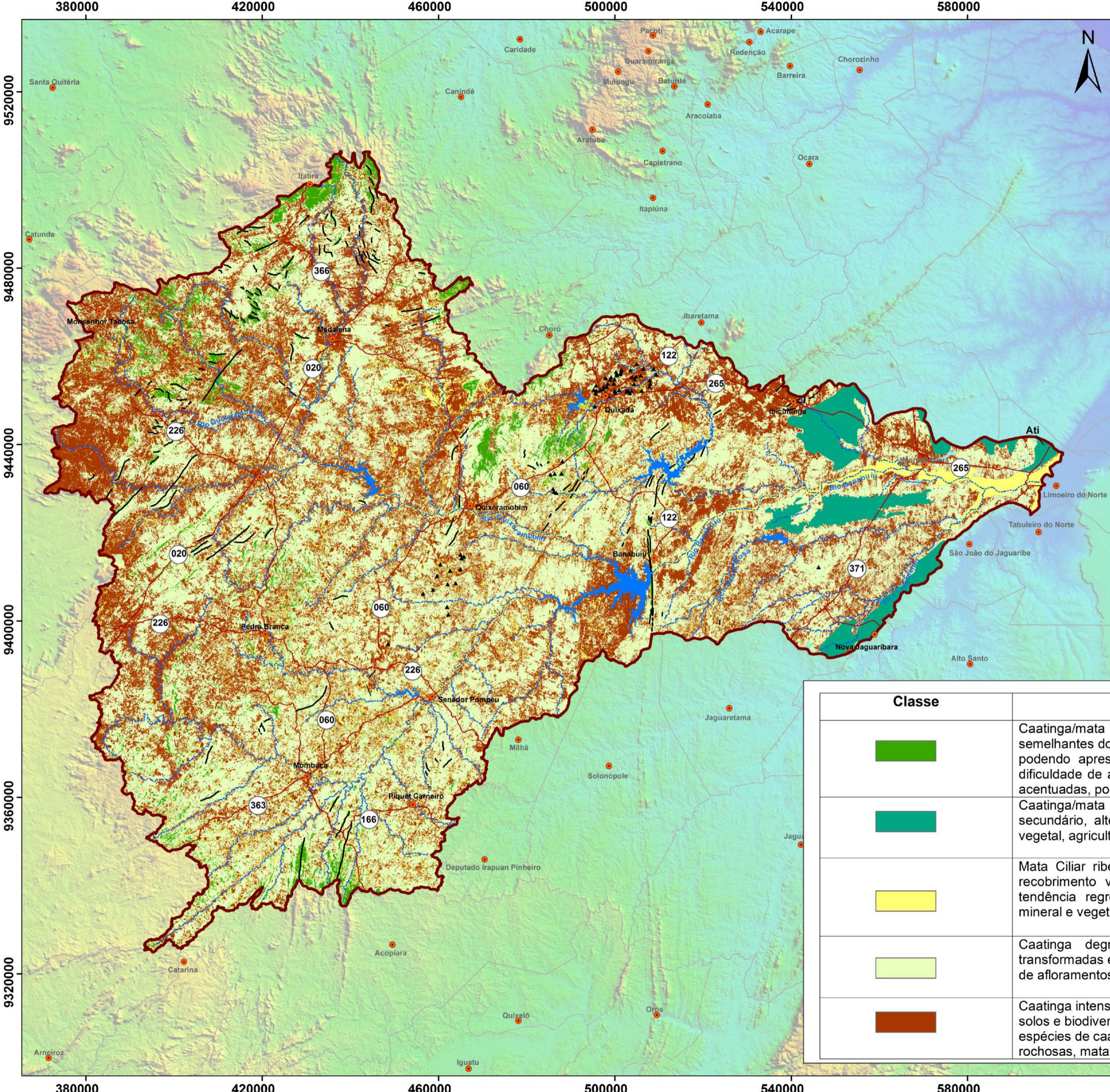
UNIDADE	ÁREA (Km ² / %)	USO E OCUPAÇÃO/VEGETAÇÃO
Cmsmc	2.032,1 10,3%	Caatinga/mata seca moderadamente conservada com características naturais semelhantes do recobrimento vegetal original e com dinâmica ambiental progressiva, podendo apresentar porte arbóreo, arbustivo e herbáceo. São áreas, que pela dificuldade de acesso, muitas vezes localizadas em regiões com declividades mais acentuadas, possuem um estado de conservação mais acentuado.
Cmtd	539,2 2,7%	Caatinga/mata de tabuleiro degradada, com características de recobrimento vegetal secundário, alterada por atividades antrópicas principalmente para o extrativismo vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
Mcd	1.842,9 9,3%	Mata Ciliar ribeirinha degradada e fortemente degradada com características de recobrimento vegetal secundário transformado e com dinâmica ambiental com tendência regressiva, alterada pelas atividades humanas, como o extrativismo mineral e vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
Cd	10.329,6 52,5%	Caatinga degradada com características do recobrimento vegetal primário transformadas e com dinâmica ambiental com tendências regressivas, com inclusões de afloramentos rochosos, culturas de subsistência e pastagens extensivas.
Cfd	4.791,7 24,3%	Caatinga fortemente degradada submetida a processos de desertificação e com solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos, com presença dispersa de espécies de caatinga arbustivo-arbórea, arbustivo-herbácea, cactáceas, exposições rochosas, matacões, solos erodidos com intensa utilização pelo pastoreio extensivo.


Fonte: Adaptado de Ross, 1992 e do Zoneamento ecológico-econômico das áreas susceptíveis à desertificação no Estado do Ceará, 2015.

Gráfico 2: Distribuição das unidade de uso e ocupação




Fonte: Costa, 2017.





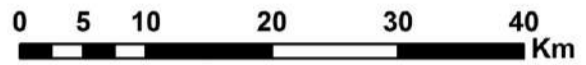
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DOCTORADO EM GEOGRAFIA



Linha de Pesquisa: Natureza, Campo e Cidade no Semiárido
FRAGILIDADE AMBIENTAL NOS SISTEMAS AMBIENTAIS
E SÍTIOS URBANOS NO VALE DO RIO BANABUIÚ - CE

Luis Ricardo Fernandes da Costa

Orientadora: Profª. Drª. Vlândia Pinto Vidal de Oliveira
Coorientador: Prof. Dr. Jader de Oliveira Santos



1:600.000




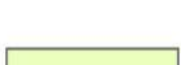

Uso e Ocupação / Vegetação

Convenções

- Limite da Bacia
- Limites Municipais
- Estradas Pavimentadas
- Sedes Municipais
- Rios e Riachos
- Espelhos D'água

Para a confecção do mapa de uso e ocupação/vegetação, foram utilizadas imagens Landsat 8 de resolução espacial de 30 metros, datadas do ano de 2016, com a utilização da combinação das bandas 6,5 e 4, acrescida da banda 8, de resolução espacial de 15 metros, para a classificação supervisionada do uso e ocupação da bacia.

Departamento Estadual de Rodovias - DER. Mapa Político e Rodoviário. Escala: 1:750.000, Governo do Estado do Ceará, 2014.
 Geomorfologia, in: Projeto RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais. Folha SB. 24. Escala: 1:1.000.000, Rio de Janeiro, 1981.
 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Limite Político, Escala: 1:800.000. IBGE, 2007.
 MIRANDA, E. E. de; (Coord.). Brasil em Relevo. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005.
 SOUZA, M. J. N. Mapa de Geomorfologia. Escala: 1:500.000, Ceará, IPLANCE, 1989.
 SOUZA, M.J.N. Compartimentação Geoambiental do Estado do Ceará. Escala: 1:600.000, 2007.
 Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene. Cartas na Escala 1:100.000. Sistema de Projeção: Univesal Transversa de Mercator - UTM Datum: Sirgas 2000

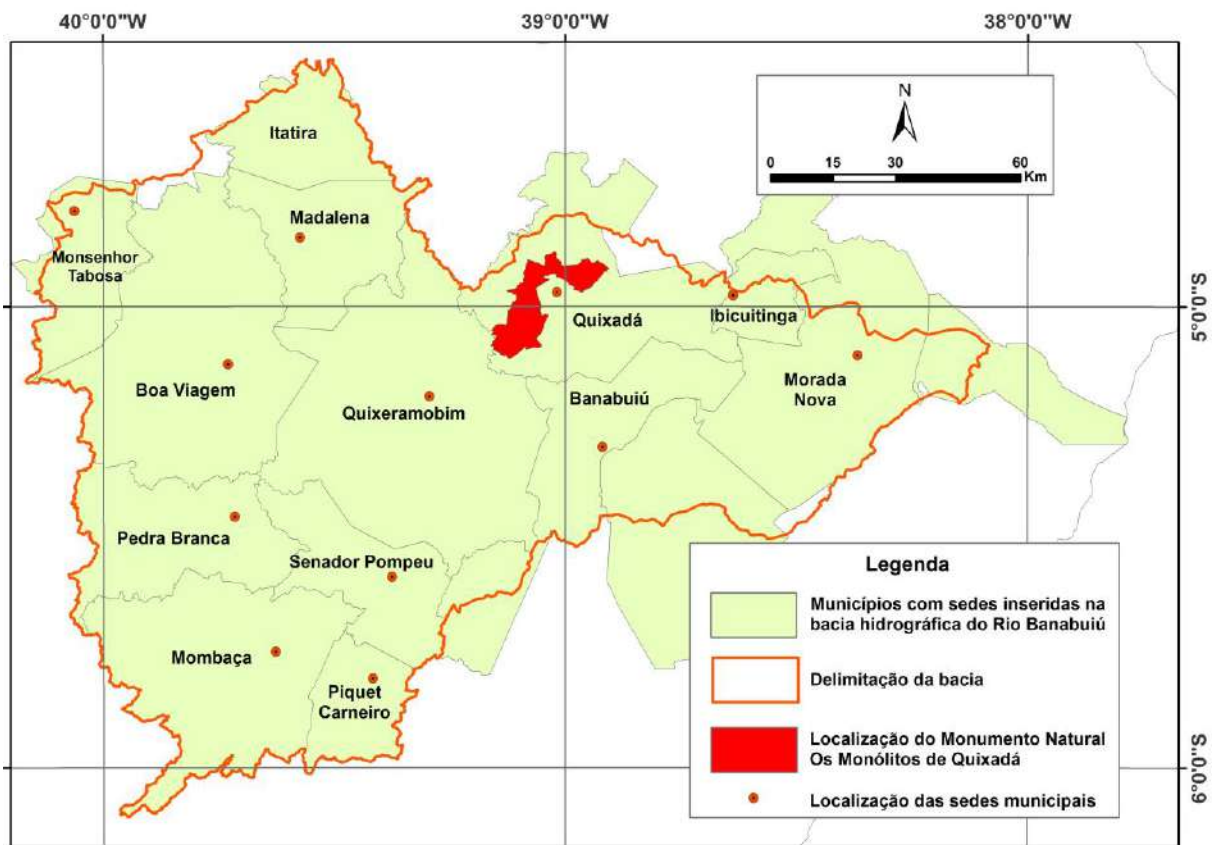
Classe	Caracterização
	Caatinga/mata seca moderadamente conservada com características naturais semelhantes do recobrimento vegetal original e com dinâmica ambiental progressiva, podendo apresentar porte arbóreo, arbustivo e herbáceo. São áreas, que pela dificuldade de acesso, muitas vezes localizadas em regiões com declividades mais acentuadas, possuem um estado de conservação mais acentuado.
	Caatinga/mata de tabuleiro degradada, com características de recobrimento vegetal secundário, alterada por atividades antrópicas principalmente para o extrativismo vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
	Mata Ciliar ribeirinha degradada e fortemente degradada com características de recobrimento vegetal secundário transformado e com dinâmica ambiental com tendência regressiva, alterada pelas atividades humanas, como o extrativismo mineral e vegetal, agricultura e pecuária extensiva.
	Caatinga degradada com características do recobrimento vegetal primário transformadas e com dinâmica ambiental com tendências regressivas, com inclusões de afloramentos rochosos, culturas de subsistência e pastagens extensivas.
	Caatinga intensamente degradada submetida a processos de desertificação e com solos e biodiversidade irreversivelmente comprometidos, com presença dispersa de espécies de caatinga arbustivo-arbórea, arbustivo-herbácea, cactáceas, exposições rochosas, matacões, solos erodidos com intensa utilização pelo pastoreio extensivo.

4.3.2 Unidades de conservação

Ainda referindo-se ao tópico de uso e ocupação é importante destacar a necessidade de proteção dos recursos naturais, em consonância com trabalhos de zoneamento ambiental, que visam sistematizar e proporcionar o ordenamento territorial em diferentes sistemas ambientais, escalas e níveis de legislação diferentes.

No perímetro que compõem a bacia hidrográfica do rio Banabuiú há uma Unidade de Conservação relevante, enquadrada na categoria de Monumento Natural, com a denominação de Monumento Natural Os Monólitos de Quixadá. Essa unidade de conservação de proteção integral, criada por meio do **DECRETO Nº 26.805, de 25 de outubro de 2002**, abrange uma área delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas: Latitude Sul entre 04° 54' e 05° 02' e Longitude Oeste entre 38° 53' e 39° 06' (SEMACE, 2017).

Figura 42: Localização da Unidade de Conservação Monumento Natural Os Monólitos de Quixadá



Fonte: SEMACE (2017).

A importância da proteção desses ambientes, principalmente em áreas do semiárido é de grande valia, levando-se em consideração a riqueza de biodiversidade que esse bioma apresenta. Sousa (2010), elenca pontos importantes vinculados ao Monumento Natural Os Monólitos de Quixadá, destacando a exuberância dos inselbergs na área, com grande destaque para a geomorfologia, que adquirem diferentes formas na região, já evidenciadas por Souza (1989) e Maia *et al.*, (2015).

Nesse sentido, são áreas de grande relevância científica e educativa, com uma grande variedade de aspectos geológicos e geomorfológicos, enquadrando-se na discussão da geodiversidade (GRAY, 2004; BRILHA, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2008; PEREIRA, 2010) pautada na conservação dessas áreas de situação singular localizadas em diferentes sistemas ambientais.

5 FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO PARÂMETRO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

A fragilidade ambiental foi adotada como percurso metodológico para esta pesquisa devido ao seu fator de integração dos elementos. Nesse sentido, a fragilidade ambiental é uma metodologia de investigação que tem por objetivo fornecer a análise das componentes ambientais de forma integrada, sinteticamente tratadas e representadas no território (SANTOS e ROSS, 2012).

Nesse sentido, a classificação da fragilidade ambiental levou em consideração a sequência numérica atribuída aos elementos relevo, solo e uso e ocupação/vegetação. Assim, a classificação quali-quantitativa das unidades variou de 1 (muito baixa) a 5 (muito forte), como está explicitado nos procedimentos metodológicos.

Dessa forma, a variação da fragilidade ambiental potencial (unidades estáveis), e fragilidade emergente (unidades instáveis), baseados inicialmente na classificação das Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977) foi realizada no trabalho. Para a classificação dessas unidades, a premissa da análise qualitativa dos ambientes, em relação ao grau de intervenção dos sistemas ambientais foi utilizada, levando-se em consideração o balanço morfogênese X pedogênese.

Partindo dessa análise, as unidades Tabuleiros interiores do baixo banabuiú e Serra secas 1 foram as unidades elencadas para constituir as unidades de fragilidade potencial. Todos os outros sistemas ambientais, componentes da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú constituíram as unidades de fragilidade emergente.

Para este trabalho optou-se pela análise de quatro modelos distintos da fragilidade ambiental. No primeiro definiu-se não utilizar a distinção entre unidades de fragilidade ambiental potencial e emergente. Essa opção justifica-se em detrimento da observação dos resultados numa análise majoritariamente quantitativa. No segundo modelo optou-se por fazer a distinção das unidades entre potencial e emergente.

Para a análise do terceiro e quarto modelo a variável uso e ocupação foi o elemento fundamental na distinção das classes. Tal variável, para a realidade dos sertões cearenses, foi fundamental para a distinção do grau de intervenção atual, imbuindo-se dessa maneira uma variável de peso na análise da fragilidade

ambiental. Com peso 2 na análise dessa unidade, terceiro modelo é apresentada a classificação da fragilidade ambiental com peso no uso e ocupação e sem distinção entre potencial e emergente. No quarto modelo é feita essa classificação com peso no uso e ocupação/vegetação, mas com a distinção entre unidades de fragilidade potencial e emergente. De forma sintética, os quatro modelos são:

Modelo 1: Classificação da fragilidade ambiental sem distinção entre potencial e emergente.

Modelo 2: Classificação da fragilidade ambiental com distinção entre potencial e emergente.

Modelo 3: Classificação da fragilidade ambiental emergente e potencial com peso no uso e ocupação/vegetação e sem distinção entre potencial e emergente.

Modelo 4: Classificação da fragilidade ambiental emergente e potencial com peso no uso e ocupação/vegetação e com distinção entre potencial e emergente.

5.1 Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú

Foram analisados um total de 37 polígonos, sendo 5 de fragilidade potencial e 32 de fragilidade emergente. Na Tabela 10 são apresentados os códigos para os três indicadores de fragilidade, além dos locais onde os polígonos foram analisados.

Tabela 10: Códigos da fragilidade ambiental

FRAGILIDADE	CLASSES DE FRAGILIDADE	CÓDIGO DA FRAGILIDADE
		(Relevo, solo, uso e ocupação/vegetação)
FRAGILIDADE POTENCIAL	Serras secas 1	231, 233, 234, 235
	Tabuleiros Interiores	232
FRAGILIDADE EMERGENTE	Serras secas 2	341, 343, 344, 345
	Serras secas 3	451, 454, 455
	Serras secas 4	451, 453, 454, 455

Pedimentos dissecados	341, 343, 344, 345
Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	441, 443, 444, 445
Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	431, 433, 434, 435
Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	341, 343, 344, 345
Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	351, 353, 354, 355
Planícies fluviais	233

Baseado nos dados da Tabela 10 resumimos algumas informações descritivas na Tabela 11.

Tabela 11: Frequência e percentuais dos códigos para os três indicadores de fragilidade

Código	Relevo	Solo	Uso e ocupação/vegetação
1	-	-	9 (24,32%)
2	6 (16,22%)	-	1 (2,70%)
3	16 (43,24%)	10 (27,03%)	9 (24,32%)
4	15 (40,54%)	16 (43,24%)	9 (24,32%)
5	-	11 (29,73%)	9 (24,32%)
Total	37 (100%)	37 (100%)	37 (100%)

Nos Gráficos 3, 4 e 5 podemos visualizar graficamente essas informações. Nota-se que a componente Solo apresentou as maiores notas de fragilidade, comparadas aos demais indicadores, onde em 72,97% das observações o solo apresentou-se com notas de fragilidade 4 e 5, isto é, Forte e Muito Forte. Já o

Relevo apresentou-se com fragilidade centrada mais na média, 43,24% dos polígonos tiveram fragilidade do relevo classificada como média. Quanto ao uso e ocupação/vegetação, este encontra-se bem distribuído, apresentando-se com percentual semelhante em todas as categorias de fragilidade.

Gráfico 3: Frequência da fragilidade no Relevo

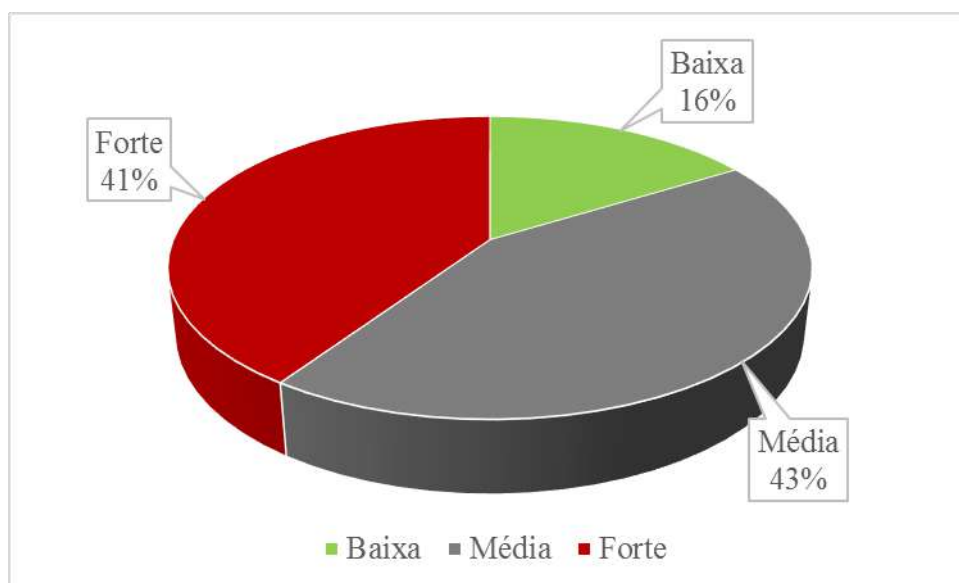


Gráfico 4: Frequência da fragilidade no Solo

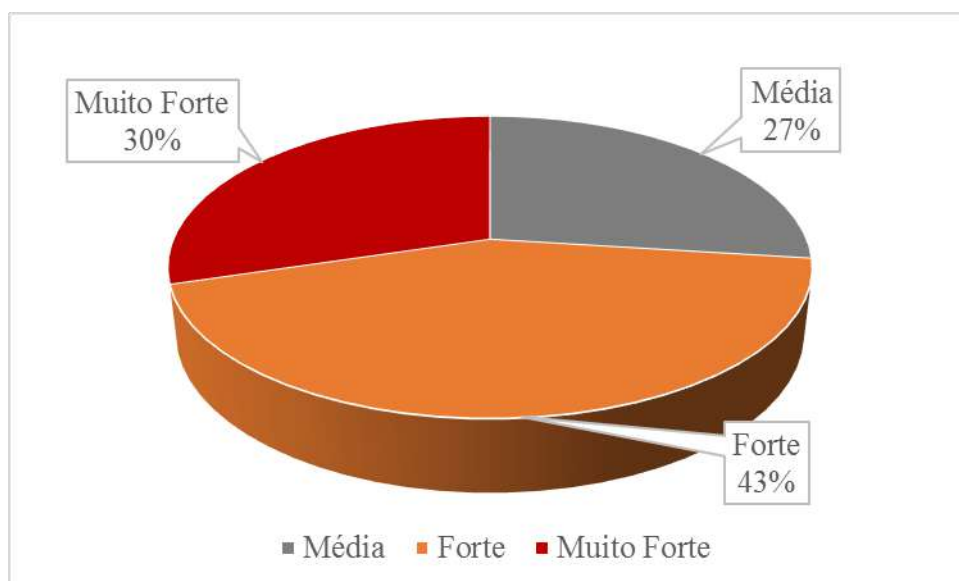
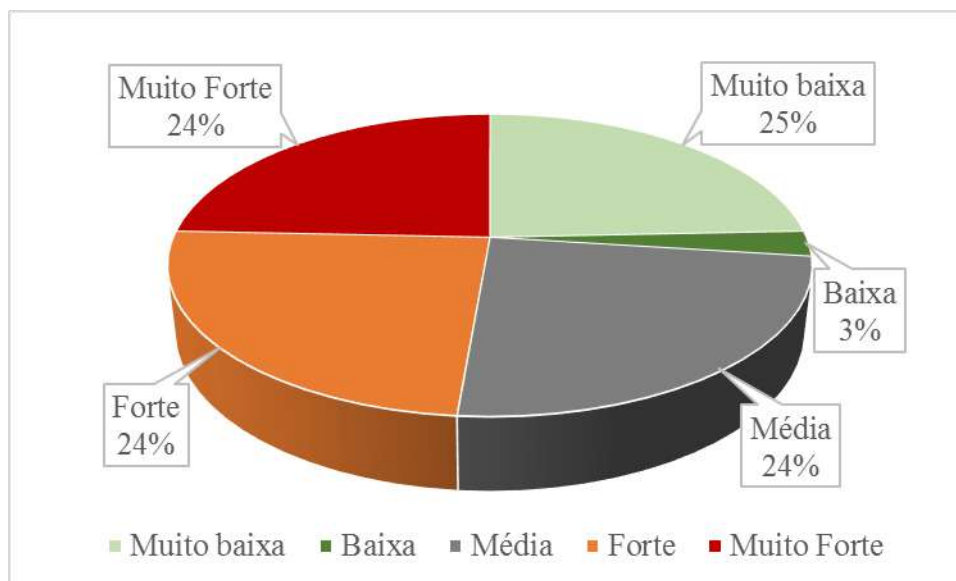


Gráfico 5: Frequência da fragilidade quanto ao uso e ocupação/vegetação



No Tabela 12 apresentamos os resultados separados por classes, sem diferenciação entre potencial e emergente. Na Tabela 13 apresentamos os mesmos resultados, porém separados por fragilidade potencial e emergente.

Optou-se por utilizar essas distinções para a visualização dos dados em diferentes situações. No primeiro grupo a visualização dos dados gerais, não oferecendo diferenciação para a classe de fragilidade potencial (estáveis) e emergente (instáveis), e no segundo grupo mesma separação, mas levando-se em consideração o maior peso do elemento uso e ocupação/vegetação na classificação da fragilidade ambiental.

Tabela 12: Classificação da fragilidade ambiental sem distinção entre potencial e emergente

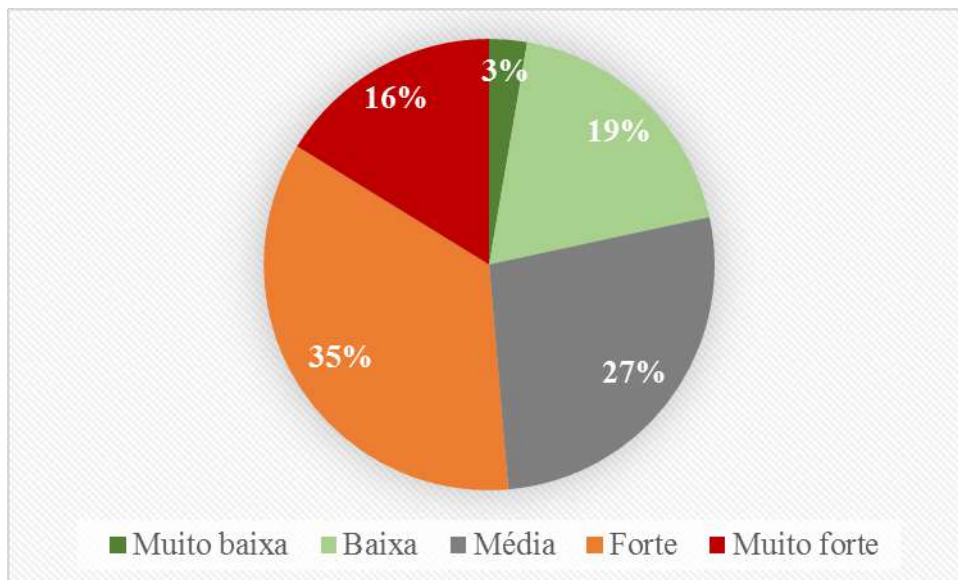
Categorias de fragilidade ambiental	Unidade geomorfológica	Indicadores de fragilidade
Muito baixa	Serras secas 1	231
Baixa	Serras secas 1	233
	Tabuleiros interiores	232
	Serras secas 2	341
	Pedimentos dissecados	341
	Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	431
	Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	341
	Planícies fluviais	233
Média	Serras secas 1	234, 235
	Serras secas 2	343
	Serras secas 3	451
	Serras secas 4	451
	Pedimentos dissecados	343
	Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	441
	Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	433
	Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	343
	Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	351
Forte	Serras secas 2	344, 345
	Serras secas 4	453
	Pedimentos dissecados	344, 345
	Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	443, 444
	Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	434, 435
	Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	344, 345
	Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	353, 354
Muito forte	Serras secas 3	454, 455
	Serras secas 4	454, 455
	Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	445
	Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	355

Tabela 13: Classificação da fragilidade ambiental com distinção entre potencial e emergente

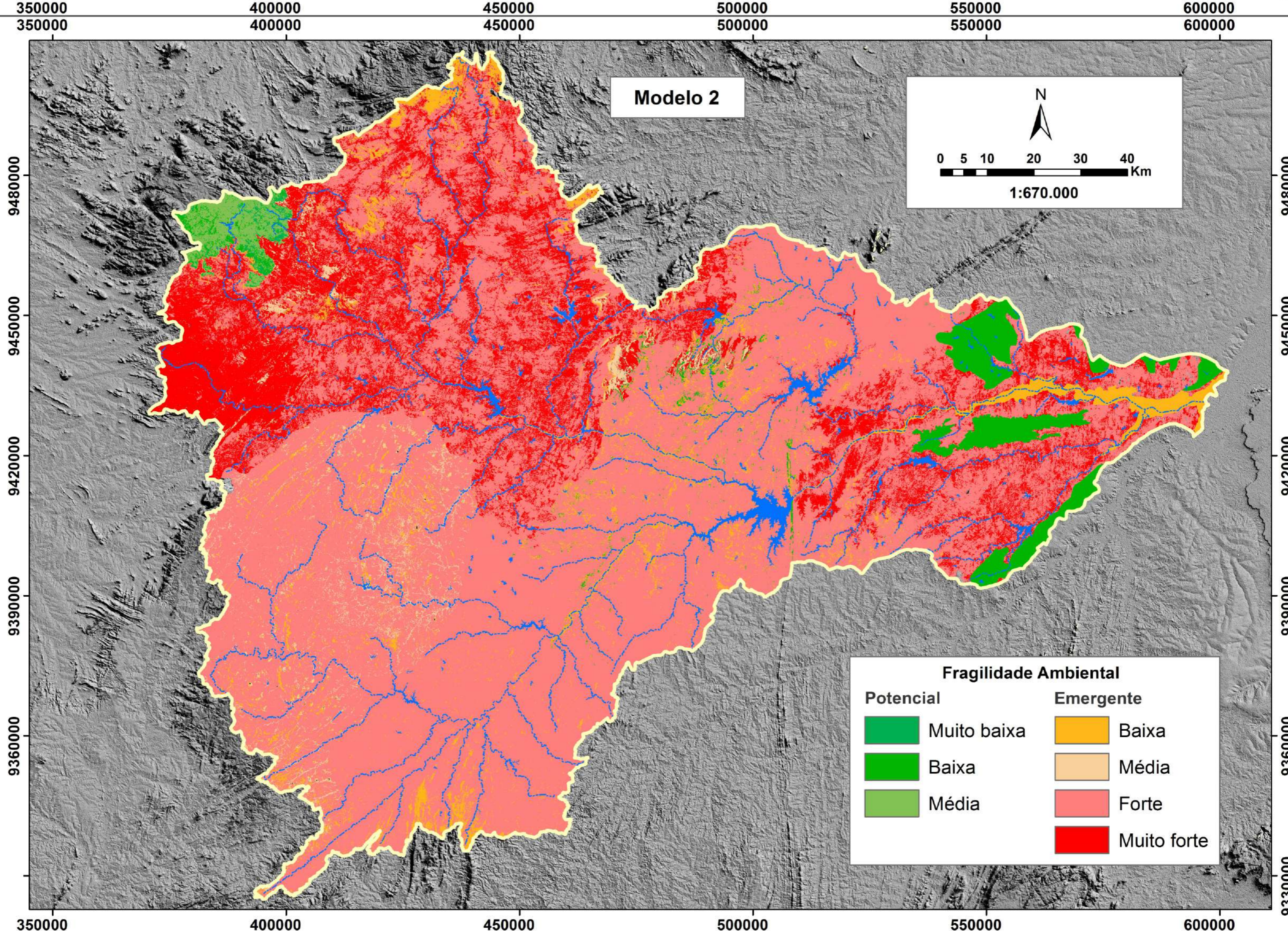
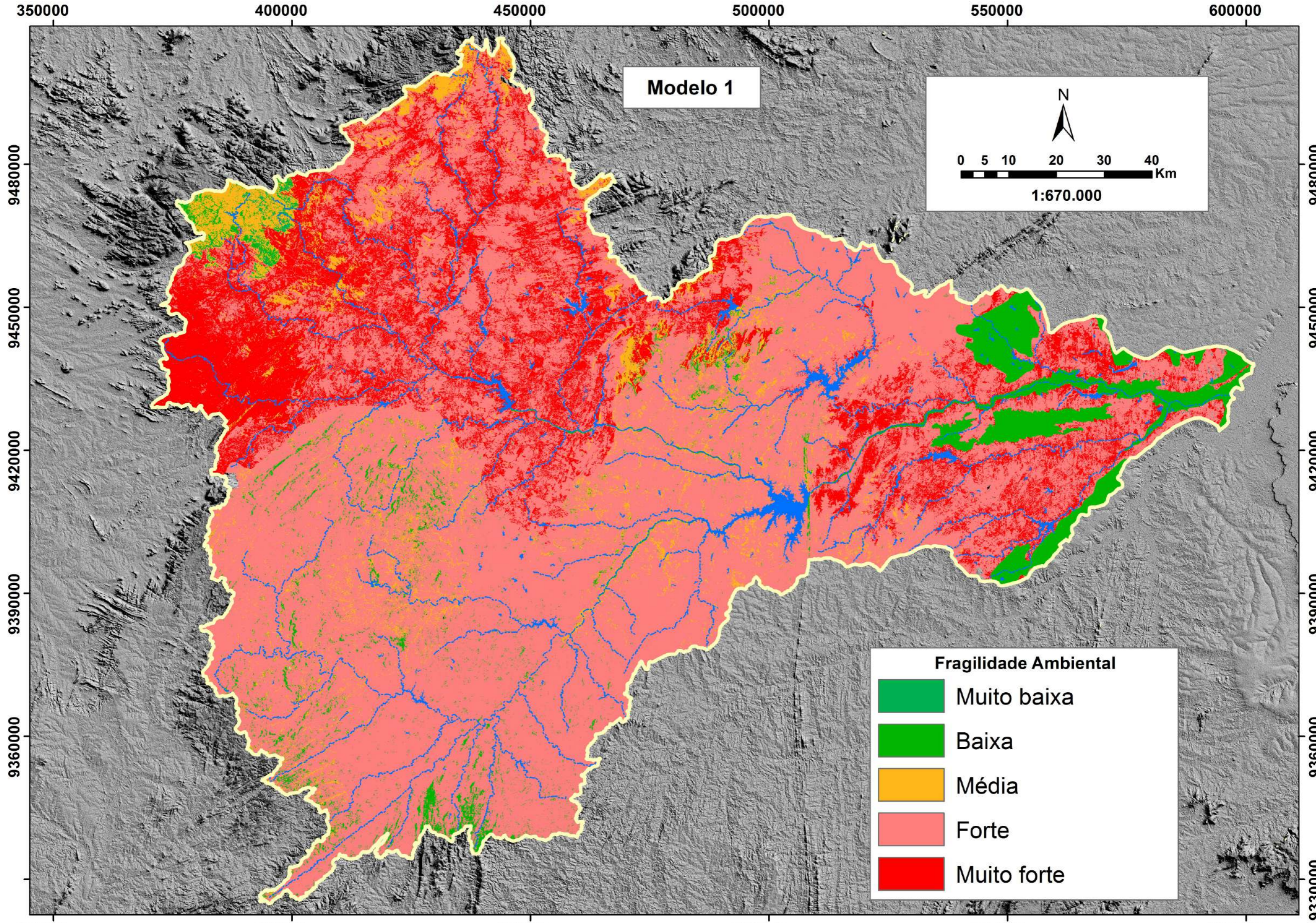
	Categorias de fragilidade ambiental	Unidade geomorfológica	Indicadores de fragilidade
FRAGILIDADE POTENCIAL	Muito baixa	Serras secas 1	231
	Baixa	Serras secas 1	233
		Tabuleiros interiores	232
	Média	Serras secas 1	234, 235
FRAGILIDADE EMERGENTE	Baixa	Serras secas 2	341
		Pedimentos dissecados	341
		Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	431
		Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	341
		Planícies fluviais	233
	Média	Serras secas 2	343
		Serras secas 3	451
		Serras secas 4	451
		Pedimentos dissecados	343
		Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	441
		Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	433
		Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	343
	Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	351	
	Forte	Serras secas 2	344, 345
		Serras secas 4	453
		Pedimentos dissecados	344, 345
		Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	443, 444
		Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	434, 435
		Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	344, 345
		Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	353, 354
Muito forte	Serras secas 3	454, 455	
	Serras secas 4	454, 455	
	Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	445	
	Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	355	

É interessante mostrar as frequências quanto ao nível de fragilidade ambiental dos polígonos observados. No Gráfico 6 podemos ver o comportamento da fragilidade de acordo com os critérios abordados até aqui.

Gráfico 6: Classificação geral da fragilidade ambiental.



Observa-se no Gráfico 6 que mais da metade dos casos tiveram fragilidade forte ou muito forte, no total 51% dos polígonos, enquanto que tiveram fragilidade baixa e muito baixa apenas 22% dos polígonos, fato este que explicita uma predominância em unidades com alta fragilidade.



De acordo com critérios explicitados anteriormente, observados na análise dos indicadores de fragilidade, observou-se a importância do uso e ocupação/vegetação e seu impacto na análise da fragilidade do ambiente. Dessa forma, foram estipulados dois modelos, acrescentando peso 2 neste indicador. Assim com que o valor do somatório mude, alterando, conseqüentemente, todo o resultado. De acordo com essa nova condição, nas Tabelas 14 e 15, são apresentadas as classificações da fragilidade ambiental, sem e com a distinção entre fragilidade potencial e emergente.

Tabela 14: Classificação da fragilidade ambiental com peso no uso e ocupação/vegetação e sem distinção entre potencial e emergente

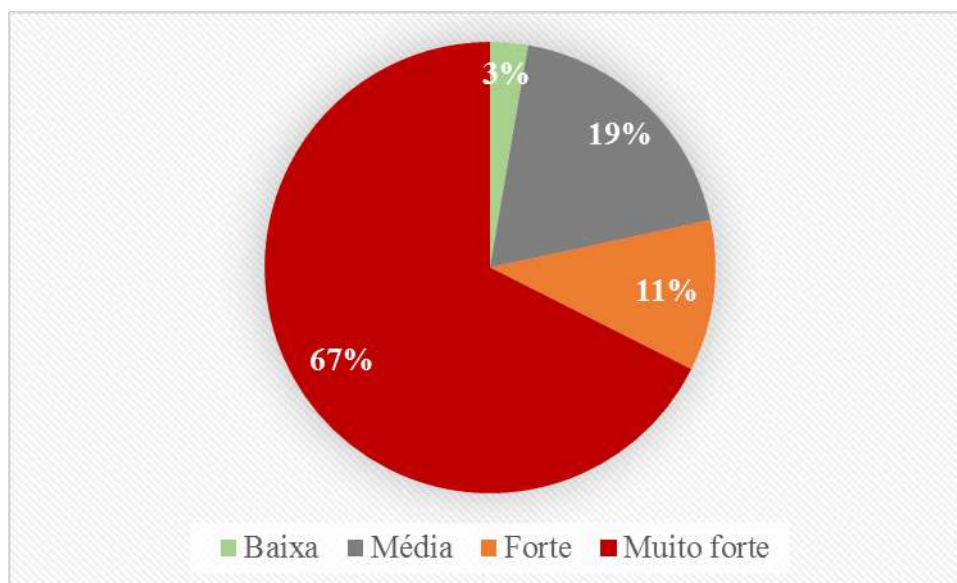
Categorias de fragilidade ambiental	Unidade geomorfológica	Indicadores de fragilidade
Baixa	Serras secas 1	231
Média	Tabuleiros interiores	232
	Serras secas 2	341
	Pedimentos dissecados	341
	Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	441
	Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	431
	Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	341
	Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	351
Forte	Serras secas 1	233
	Serras secas 3	451
	Serras secas 4	451
	Planícies fluviais	233
Muito Forte	Serras secas 1	234, 235
	Serras secas 2	343, 344, 345
	Serras secas 3	454, 455
	Serras secas 4	453, 454, 455
	Pedimentos dissecados	343, 344, 345
	Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	443, 444, 445
	Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	433, 434, 435
	Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	343, 344, 345
	Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	353, 354, 355

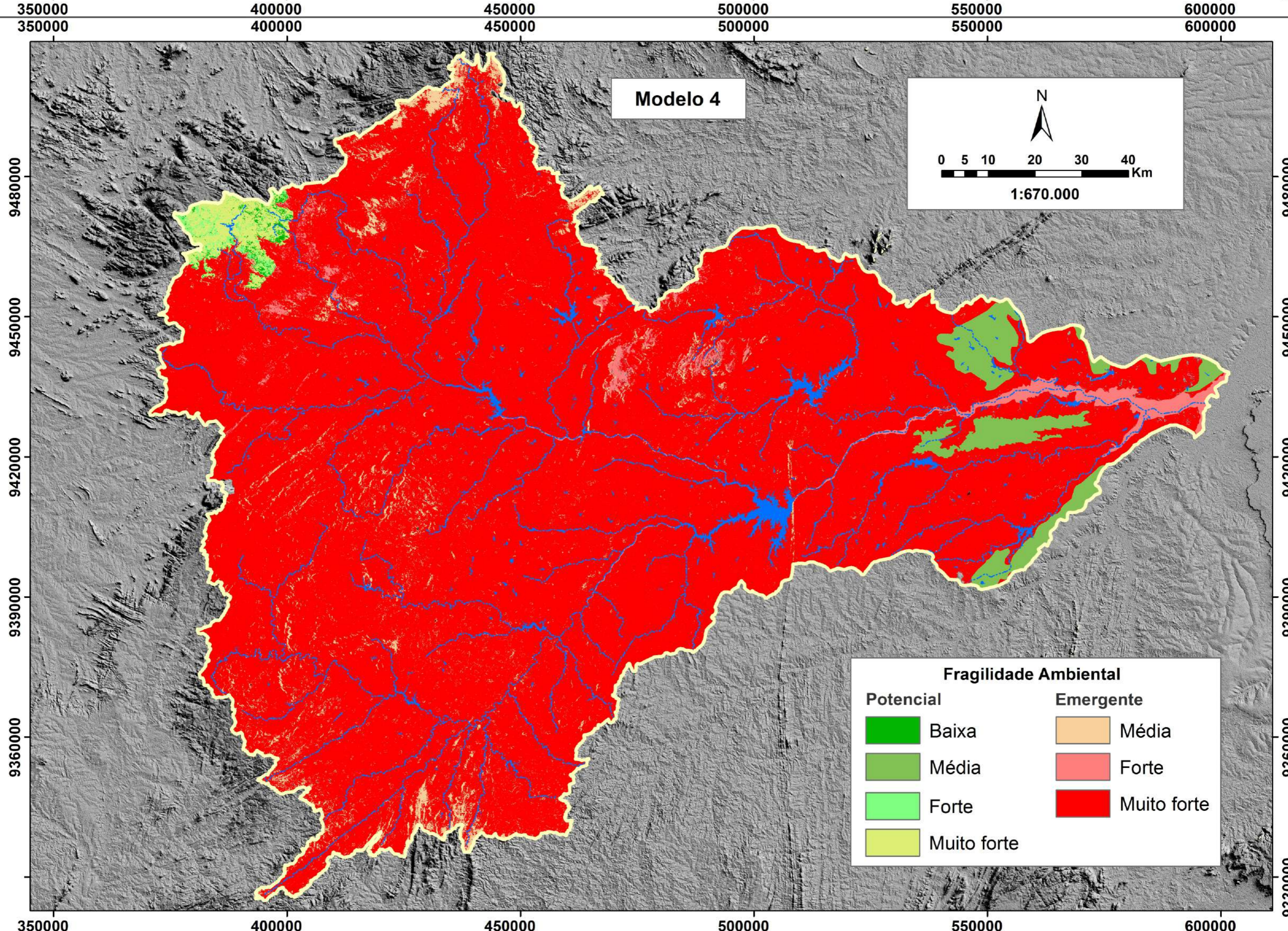
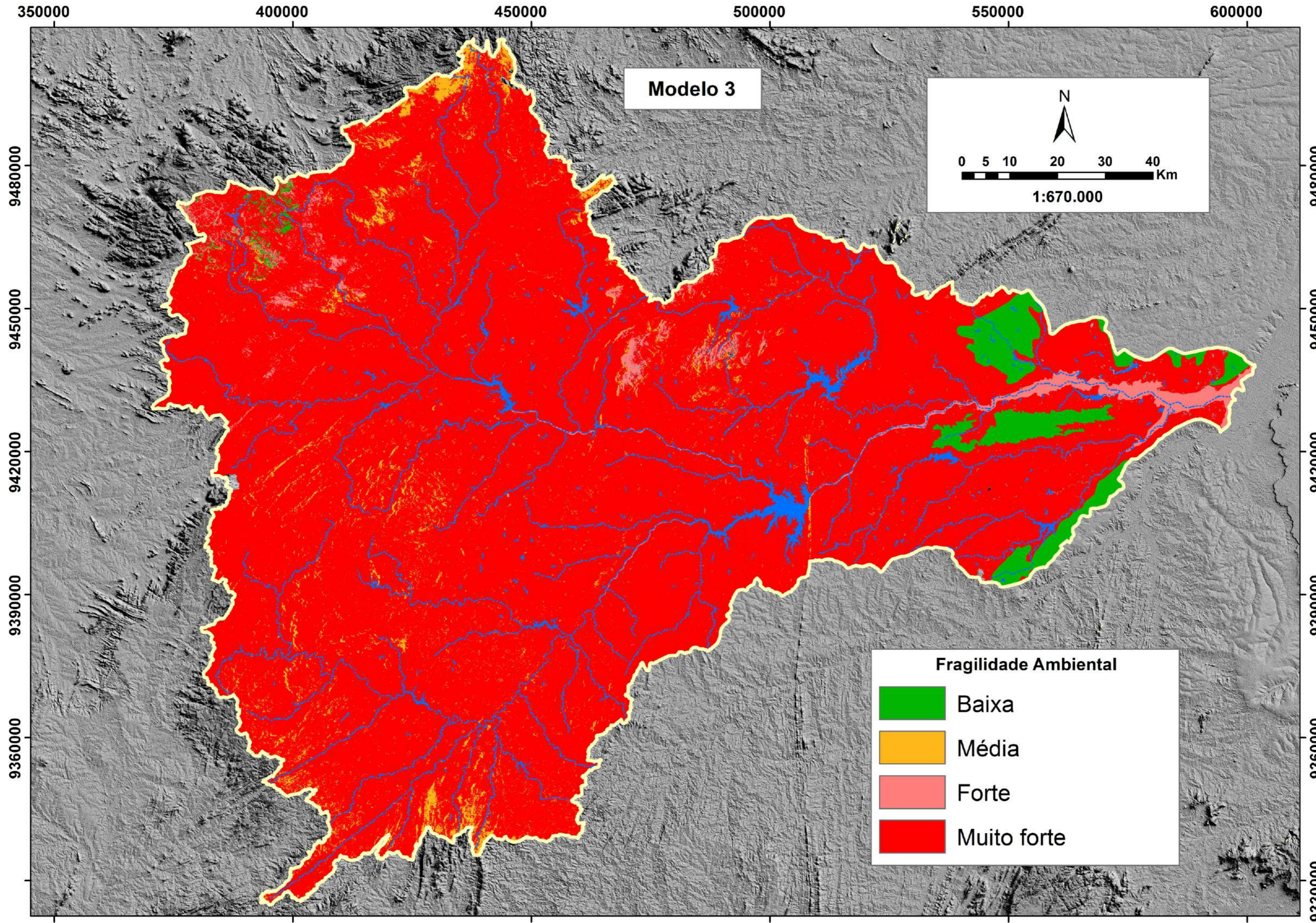
Tabela 15: Classificação da fragilidade ambiental emergente e potencial com peso no uso e ocupação/vegetação e com distinção entre potencial e emergente

Categorias de fragilidade ambiental		Unidade geomorfológica	Indicadores de fragilidade
FRAGILIDADE POTENCIAL	Baixa	Serras secas 1	231
	Média	Tabuleiros interiores	232
	Forte	Serras secas 1	233
	Muito Forte	Serras secas 1	234, 235
FRAGILIDADE EMERGENTE	Média	Serras secas 2	341
		Pedimentos dissecados	341
		Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena	441
		Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu	431
		Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim	341
		Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	351
	Forte	Serras secas 3	451
		Serras secas 4	451
		Planícies fluviais	233
	Muito Forte	Serras secas 2	343, 344, 345
		Serras secas 3	454, 455
		Serras secas 4	453, 454, 455
		Pedimentos dissecados	343, 344, 345
Sertões dissecados de Boa Viagem-Madalena		443, 444, 445	
Sertões dissecados de Mombaça-Senador Pompeu		433, 434, 435	
Sertões moderadamente dissecados de Quixadá-Quixeramobim		343, 344, 345	
Sertões pediplanados de Morada Nova-Ibicuitinga	353, 354, 355		

Para resumir, a fragilidade ambiental agora com um peso maior no uso e ocupação/vegetação, visualizamos no Gráfico 7 a grande predominância dos polígonos com fragilidade muito forte, evidenciando mais ainda a alta fragilidade das unidades estudadas.

Gráfico 7: Classificação geral da fragilidade ambiental com peso em uso e ocupação/vegetação.





Análise Gráfica

Foram criados dois gráficos para comparar a fragilidade do ambiente com e sem o peso no componente uso e ocupação do solo, um de rosca (Gráfico 8) e outro de colunas (Gráfico 9).

Analisando-os, é nítido perceber que, ao incorporar um peso no uso e ocupação do solo, a maior parte dos ambientes do modelo “geral” passaram a ser classificados com fragilidade muito forte (67%). Ao acrescentar esse peso, a categoria “muito baixa” deixou de existir, e as categorias “baixa”, “média”, “forte” e principalmente a “muito forte” tiveram seus percentuais aumentados.

Gráfico 8: 1º modelo de comparação entre a fragilidade do ambiente com e sem o peso no componente uso e ocupação do solo

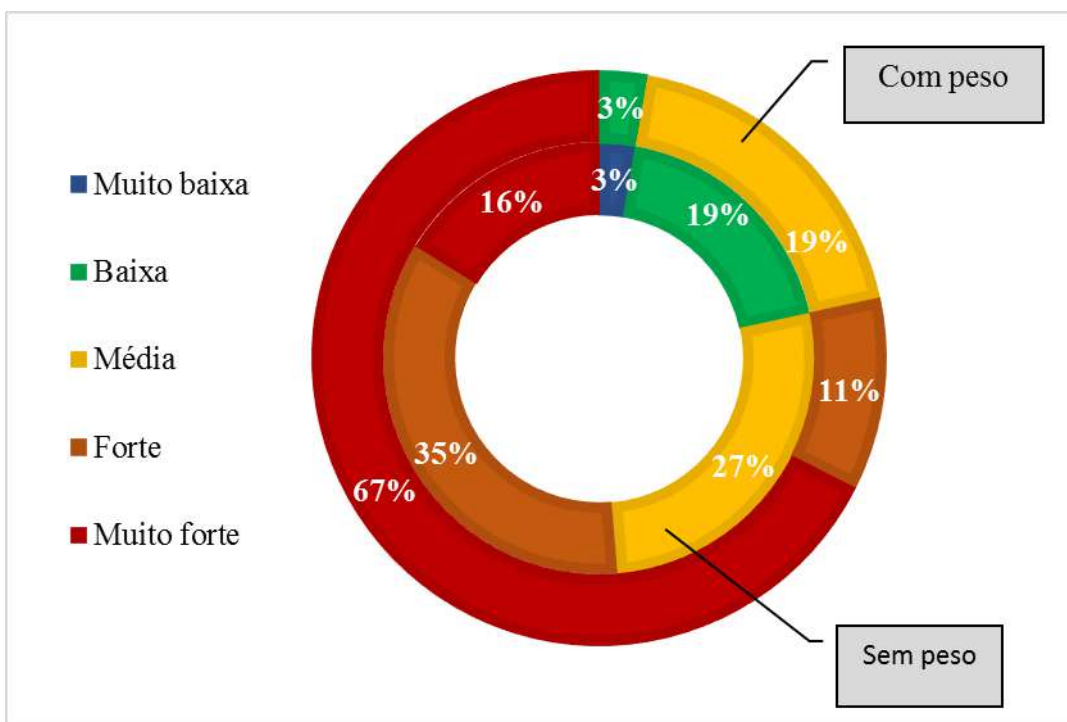
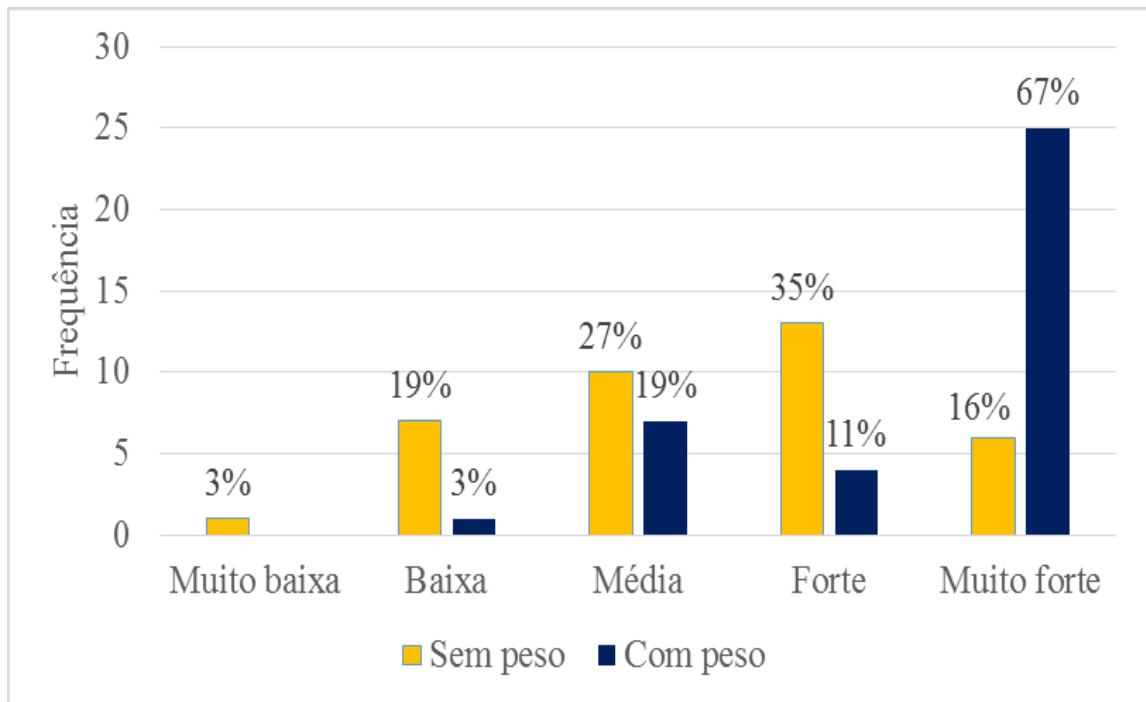


Gráfico 9: 2º modelo de comparação entre a fragilidade do ambiente com e sem o peso no componente uso e ocupação do solo



Teste de independência Qui-quadrado (χ^2)

Foi realizado o teste Qui-quadrado de independência para testar as seguintes hipóteses:

H_0 : Não existe diferença entre os modelos, quanto a fragilidade do ambiente.

H_1 : Existe diferença entre os modelos, quanto a fragilidade do ambiente.

Tabela 16: Classificação dos ambientes segundo a fragilidade, para os modelos com e sem o peso no componente uso e ocupação do solo

Modelo	Fragilidade					P-valor**
	Muito baixa	Baixa	Média	Forte	Muito forte	
Sem peso	1	7	10	13	6	0,0004
Com peso	0	1	7	4	25	

** Valor p obtido pelo teste Qui-quadrado

O nível de confiança adotado para o teste foi de 95%.

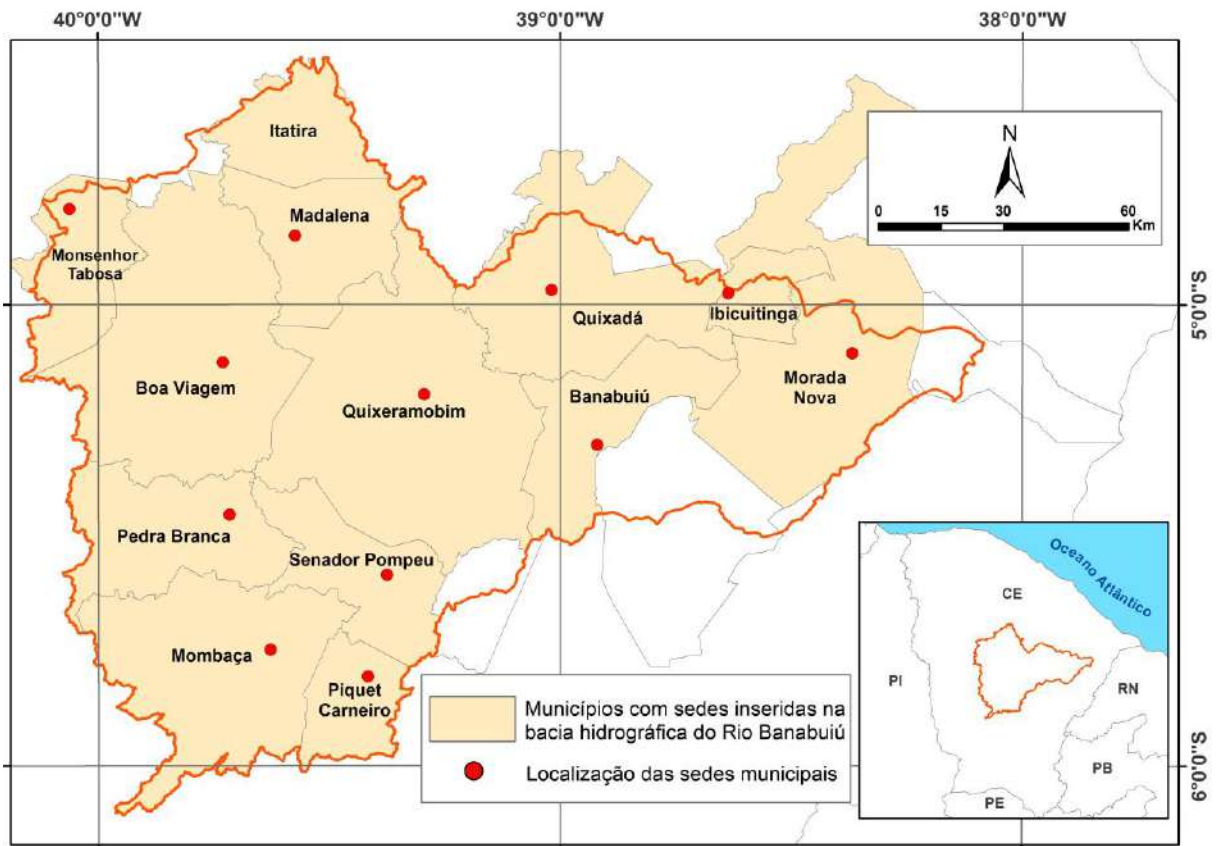
Após aplicado o teste aos dados do estudo, foi obtido uma estatística de 22,4390 e um valor p bastante significativo, de 0,0004, portanto como o valor p é menor do que 5%, rejeita-se a hipótese nula e conclui-se que existe diferença entre os modelos quanto a fragilidade do ambiente. Dessa forma, podemos então tomar como significativo as diferenças gráficas visualizadas anteriormente.

5.2 Considerações sobre os sítios urbanos inseridos na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú

Nessa seção será evidenciada a importância dos sítios urbanos para a dinâmica físico-ambiental na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, além de correlacionar com os dados de fragilidade ambiental já apresentados. Nesse sentido, é importante perceber como as cidades inseridas na área de pesquisa estão atualmente dispostas do ponto de vista do substrato, procurando relacionar com os dados discutidos do tópico anterior.

Na figura 43 podemos observar a localização das sedes municipais inseridas na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú. 12 sedes estão totalmente inseridas na área da bacia, com exceção de Nova Jaguaribara e Itatira, que estão localizadas nas áreas limítrofes da bacia, e por esse motivo não foram incluídas na seleção.

Figura 43: Localização das sedes municipais inseridas na bacia hidrográfica do rio Banabuiú.



Fonte: IPECE. Elaboração: Costa, 2015.

Das doze cidades inseridas na sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, os dados referentes a declividade demonstraram-se bem variados, respeitando a escala de análise, as cidades encontram-se de forma geral em áreas de planícies e terraços fluviais, com exceção das cidades de Monsenhor Tabosa e Pedra Branca, que estão inseridas em áreas elevadas, representadas pelas serras secas (maciços residuais), mas o que não descarta a presença de recursos hídricos superficiais nas imediações.

Nesse sentido, é importante analisar a relação da bacia hidrográfica e todo o seu contexto ambiental e os aglomerados urbanos, de tal modo que a compreensão dos aspectos físico-naturais dos sítios urbanos estejam relacionados além do local, com o regional (COSTA *et al.*, 2016).

A cidade de **Banabuiú** apresenta-se como outra particularidade, localizada em posição mais elevada em relação ao talvegue do rio homônimo, fato

relacionado com a localização da cidade em áreas elevadas influenciada por cristas residuais. Essas cristas são influência da zona de cisalhamento de Orós.

O sítio urbano de **Quixeramobim** é típico de áreas de planície fluvial. Importante destacar a relação dessa configuração com o processo histórico de ocupação do Estado do Ceará, onde a maioria das cidades se desenvolveu em áreas de planícies e antigos terraços fluviais, em decorrência das melhores condições em termos de recursos hídricos para a agricultura e subsistência local.

Além de constituir-se como cidade que se desenvolveu em áreas das aluviões, as áreas subsequentes da sede exibem amplo pediplano com considerável dissecação, com presença de colinas, inselbergs e planícies alveolares. Cabe destacar estas últimas, por abrigarem condições mais favoráveis a agricultura e pecuária. Os lajedos, áreas formadas por afloramentos rochosos, mas diferente dos inselbergs, possuem altimetria próxima a depressão subsequente, constituem-se como áreas desfavorecidas para a expansão urbana da cidade.

A cidade de **Quixadá**, representada pelos campos de inselbergs, de grande beleza cênica, apresenta características de uma típica cidade do sertão cearense. Quixadá acaba por se destacar como polo de serviços, polarizando os municípios vizinhos (PEREIRA, 2012), concentrando funções e atraindo fluxos dos demais municípios. Nesse sentido, a cidade de Quixadá, juntamente com Quixeramobim exercem grande influência no sertão central.

Figura 44: Planície fluvial do rio Quixeramobim. Observar a ocupação de risco nas margens



Fonte: Costa, 2015.

Figura 45: Vista do centro da cidade de Pedra Branca



Fonte: Costa, 2015.

O sítio urbano de **Pedra Branca** é caracterizado pela presença de unidades relacionadas aos maciços residuais, ou seja, grandes elevações em meio as áreas aplainadas das depressões sertanejas. A singularidade de estar localizada em altitudes que variam de 500 a 515 metros não oferece condições favoráveis de aporte de umidade, assim como as serras de Baturité e Meruoca, próximas do litoral.

De tal modo, que Pedra Branca é típico sítio urbano encravado em serra seca, ou seja, com condições que a aproximam da depressão sertaneja. A cidade, atualmente é circundada pela presença de amplas colinas rasas, entalhadas pela rede de drenagem. A morfologia de colinas por vezes é alterada pelo aparecimento de cristas residuais e inselbergs, que dominam a paisagem a medida que a depressão sertaneja se estabelece.

A cidade de **Monsenhor Tabosa**, com um perfil semelhante à da Pedra Branca, tem suas particularidades voltadas as condições do relevo e solo locais. A região tem características de áreas planas, com dissecação moderada e presença de Argissolos, com condições mais favoráveis do ponto de vista físico-ambiental.

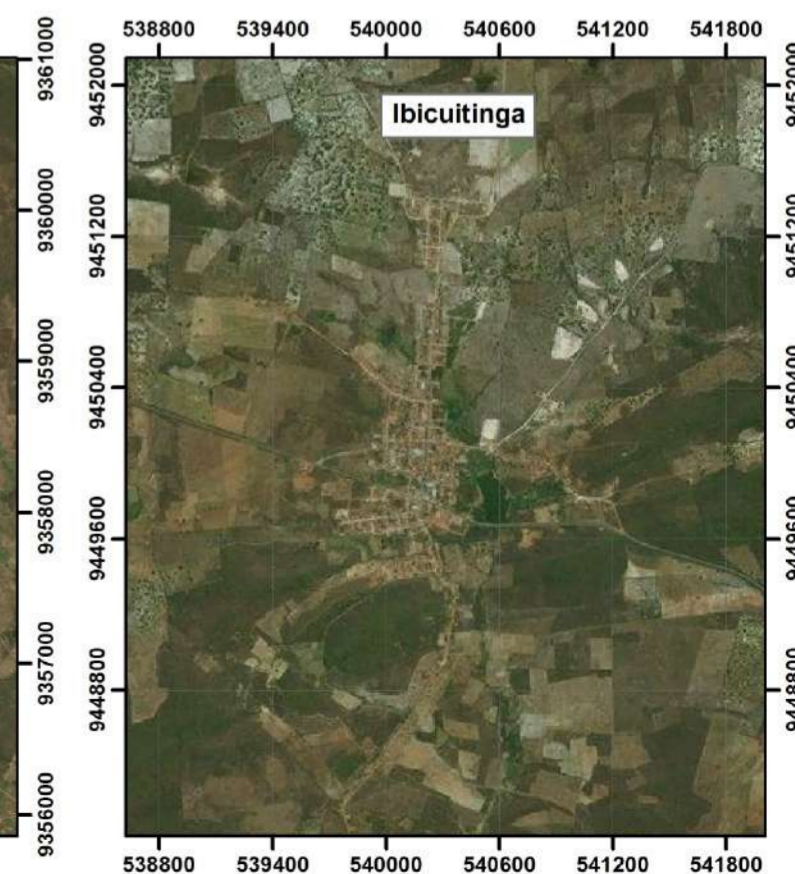
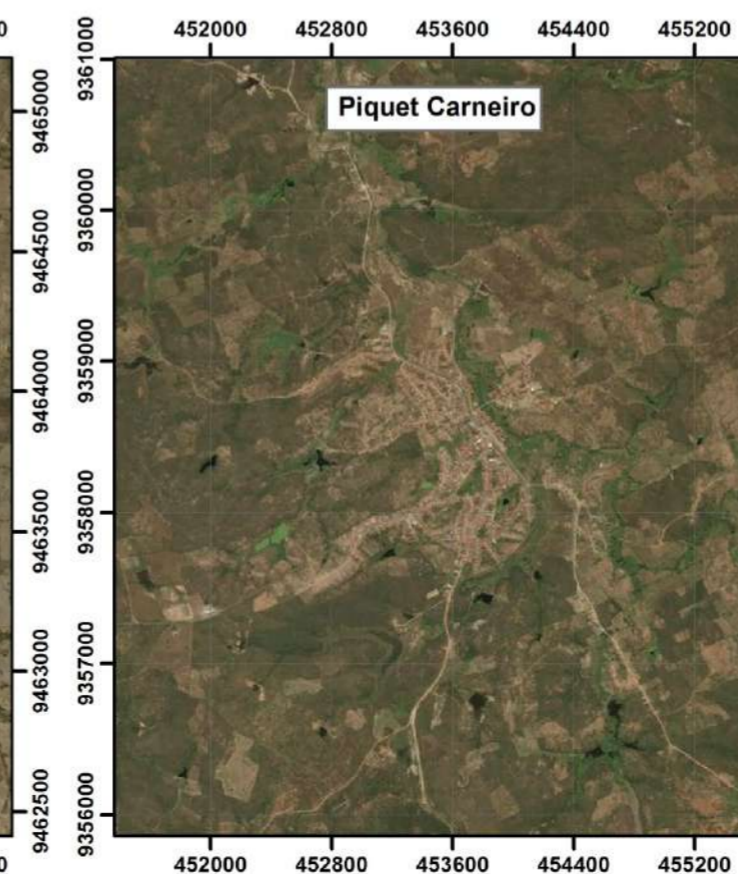
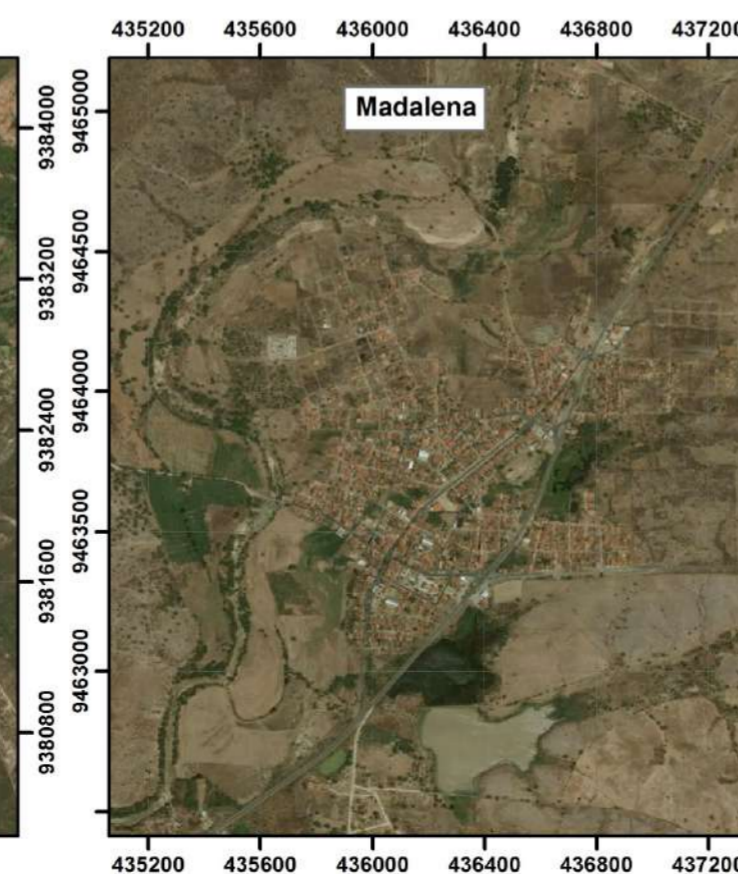
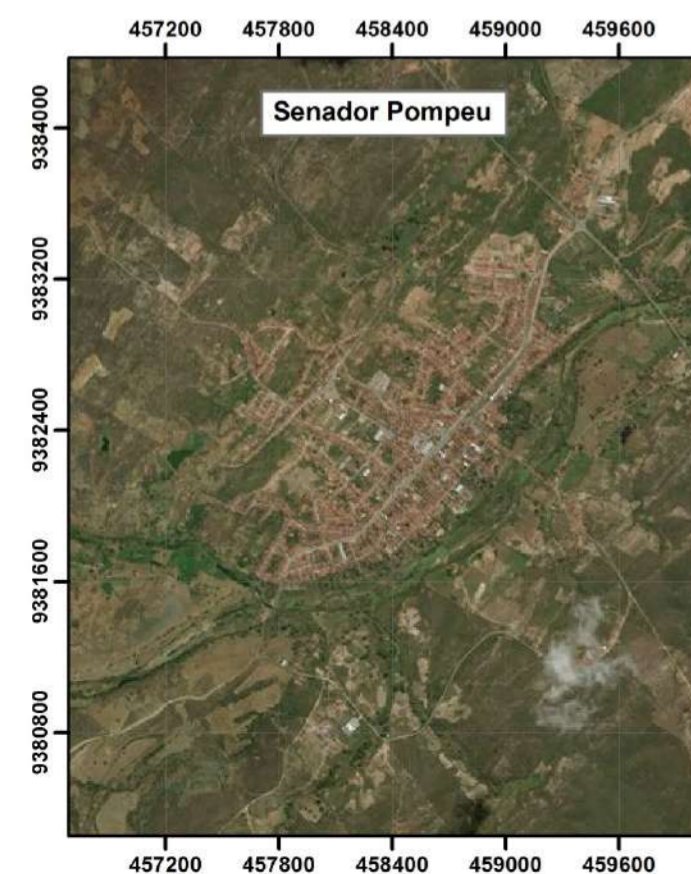
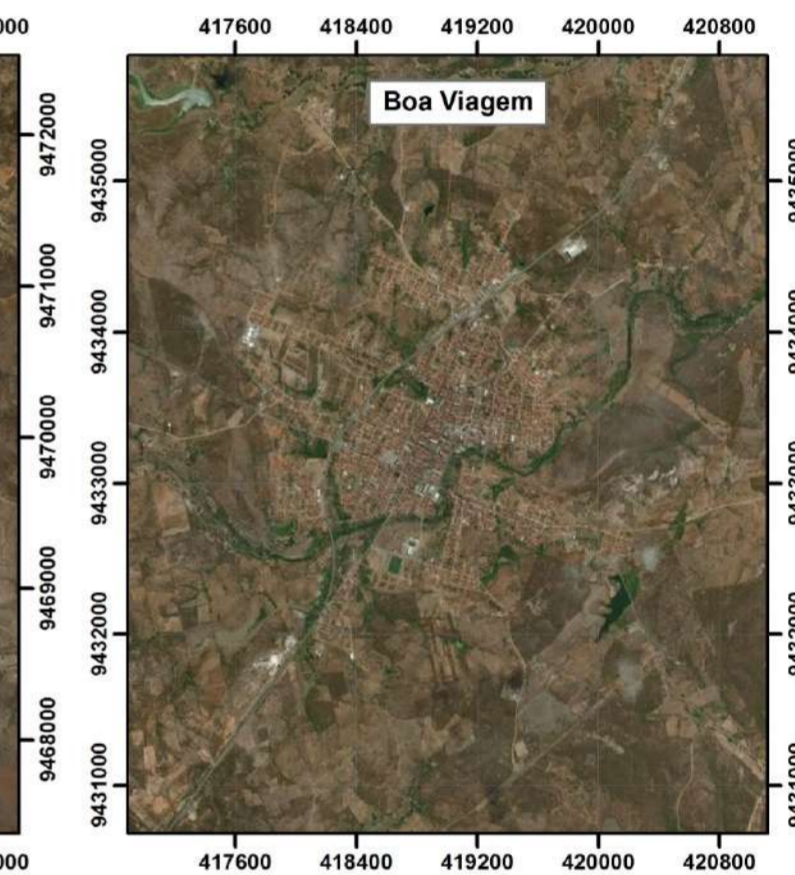
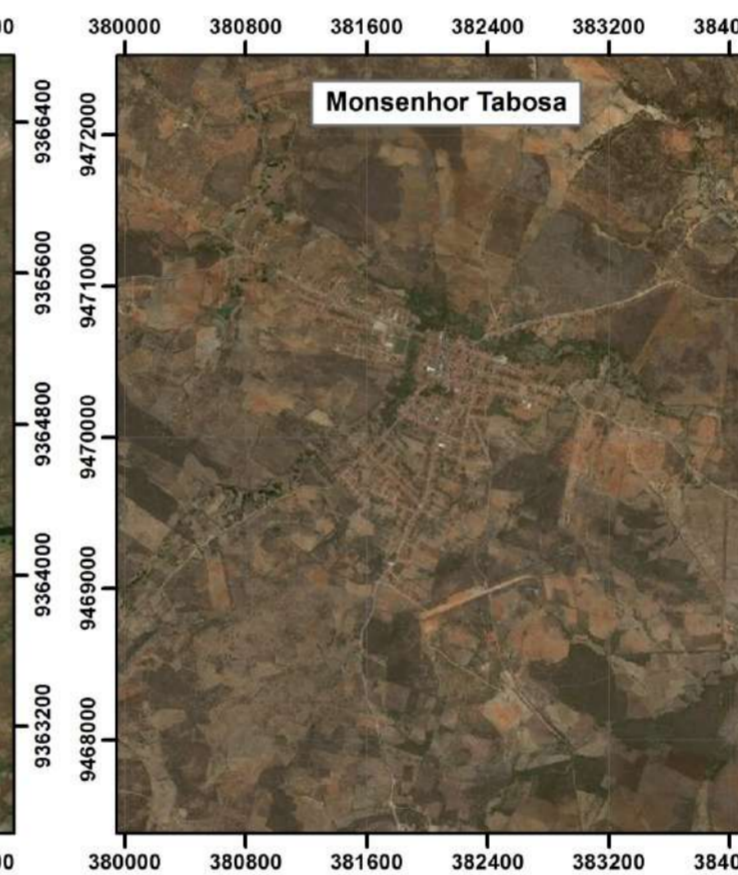
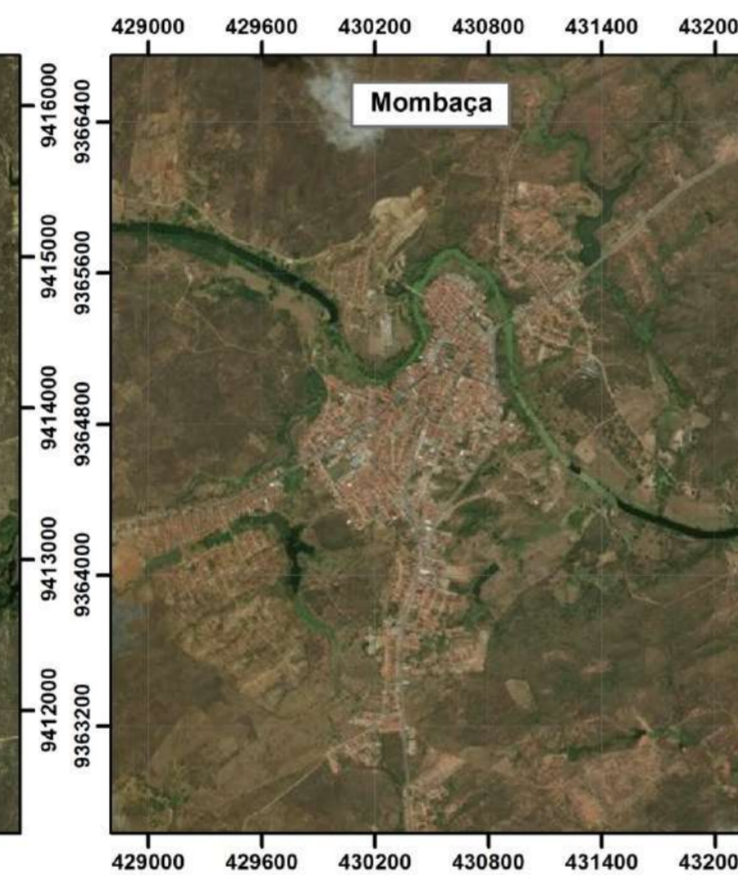
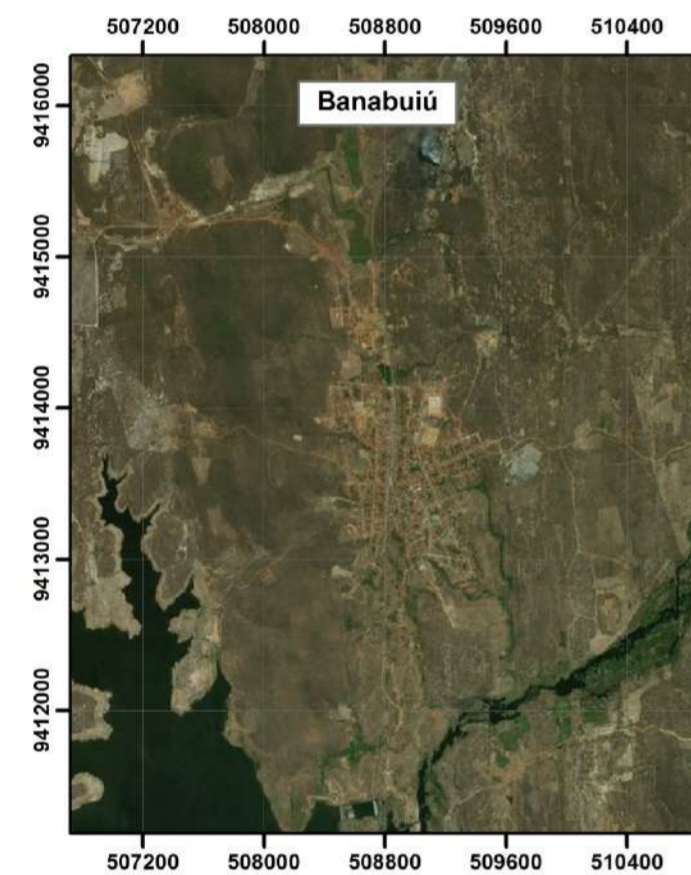
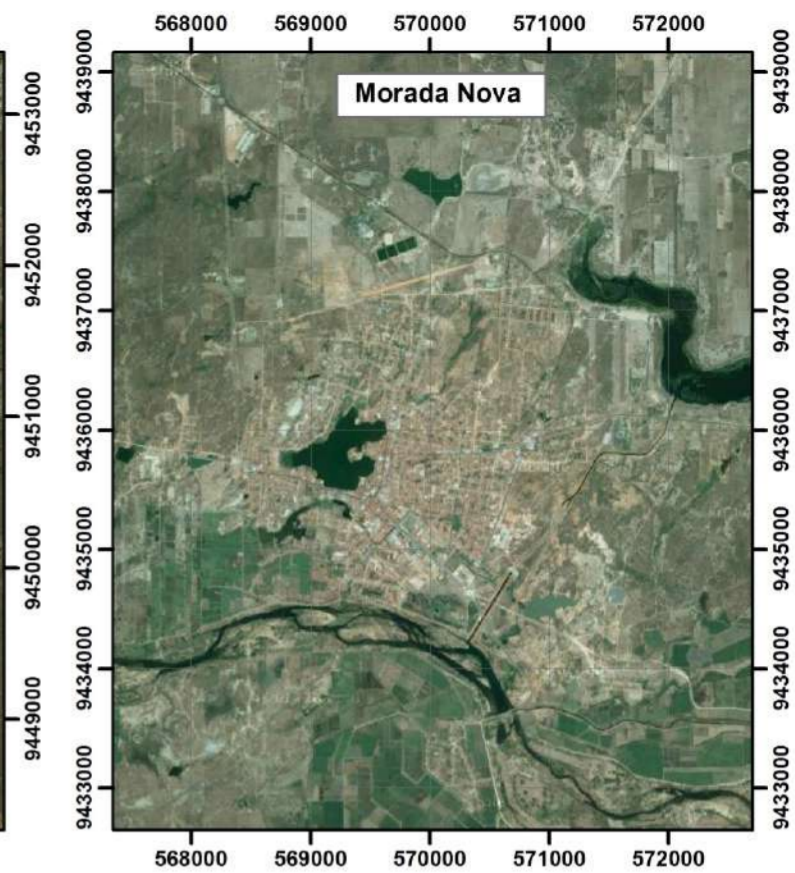
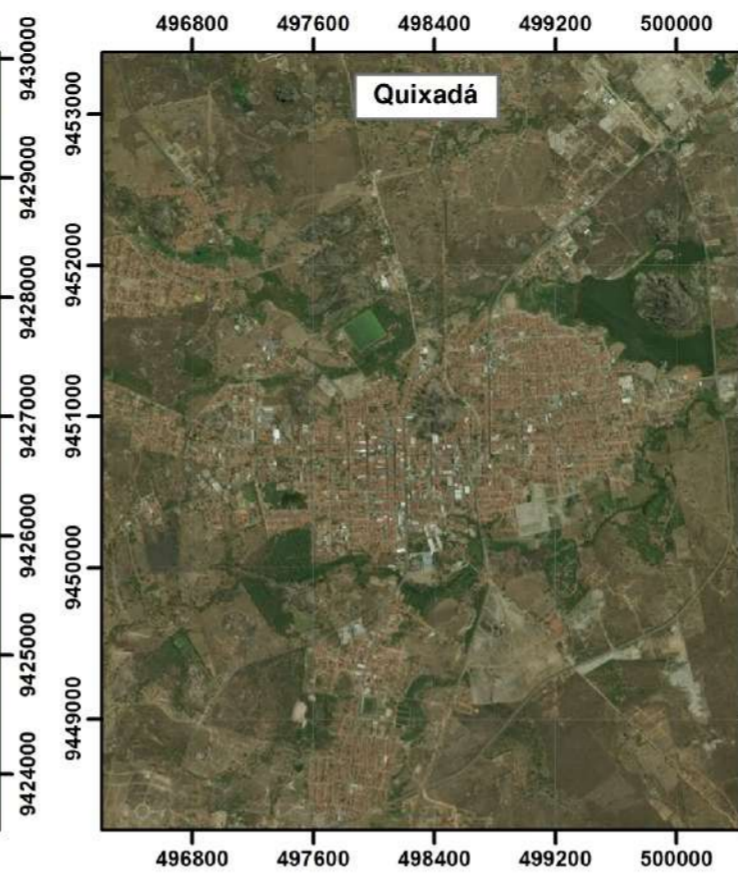
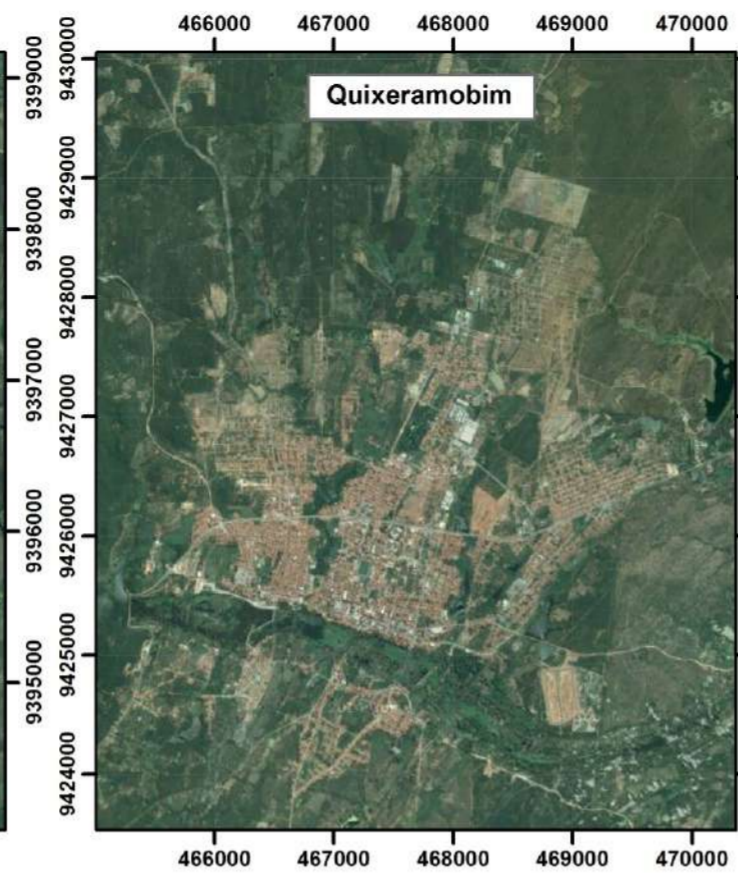
Os sítios urbanos de **Ibicuitinga** e **Morada Nova**, localizados na área do baixo curso do Rio Banabuiú. O primeiro, quase no limite da área de pesquisa, apesar de estar próximo às manchas de unidades de tabuleiros interiores, acaba por apresentar alta susceptibilidade ambiental. Na região é possível observar manchas de Neossolos Regolíticos, o que acaba por atenuar as condições referentes a semiaridez regional, com a disponibilidade de solos mais propícios a agricultura.

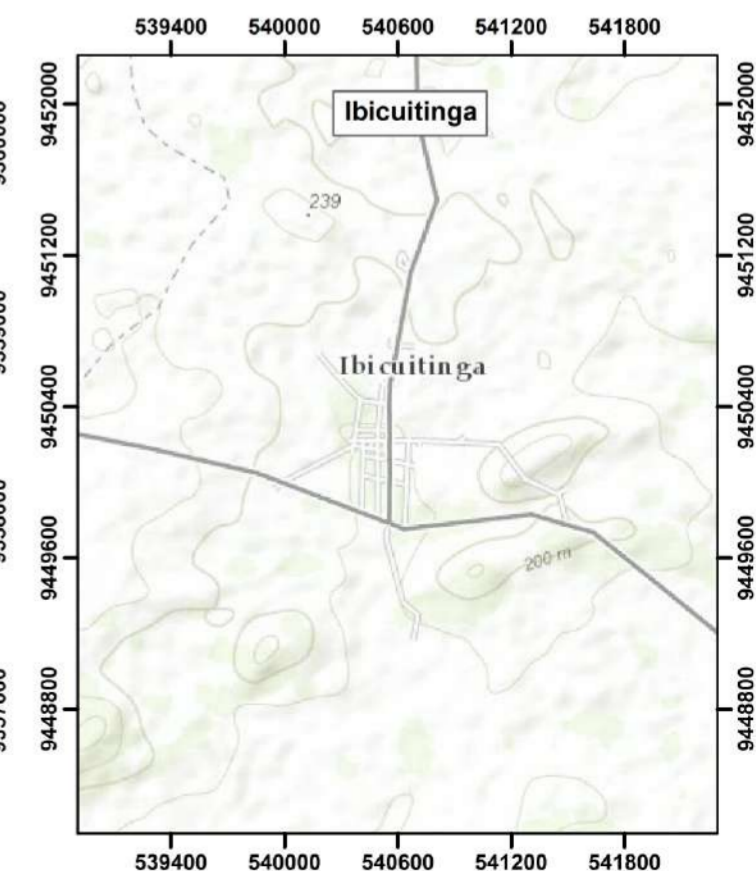
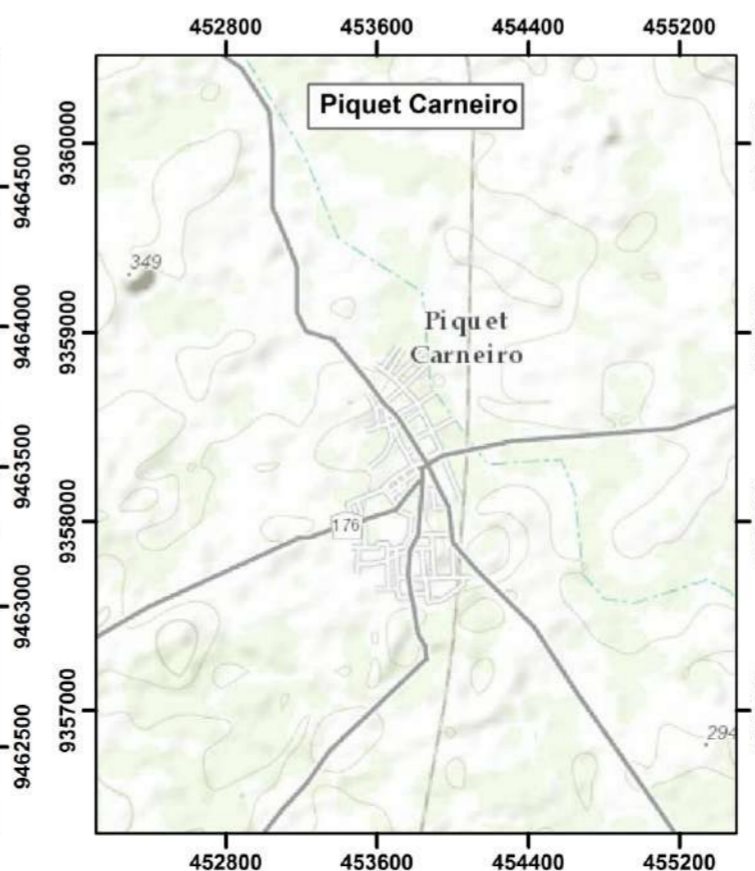
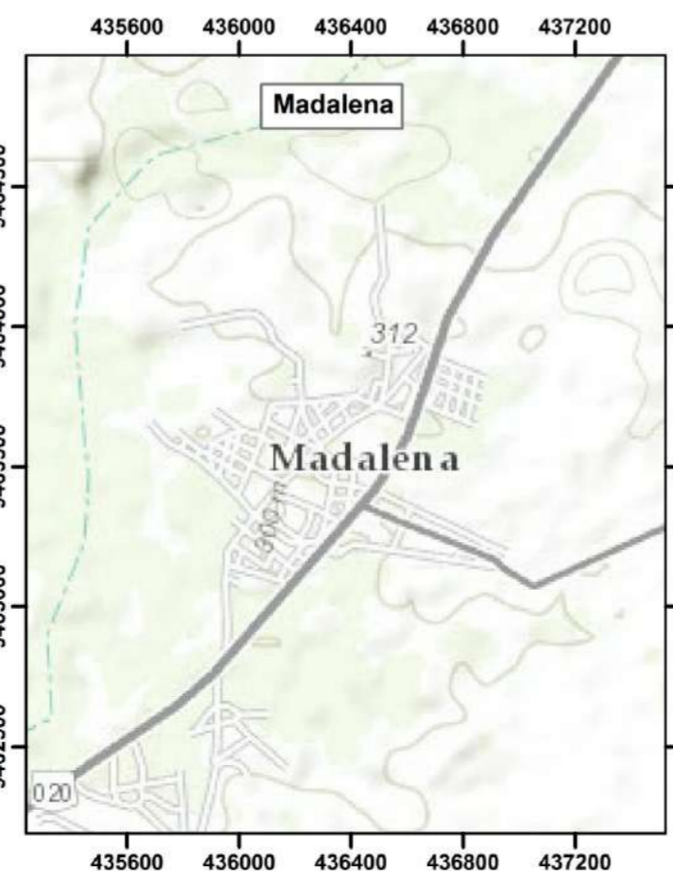
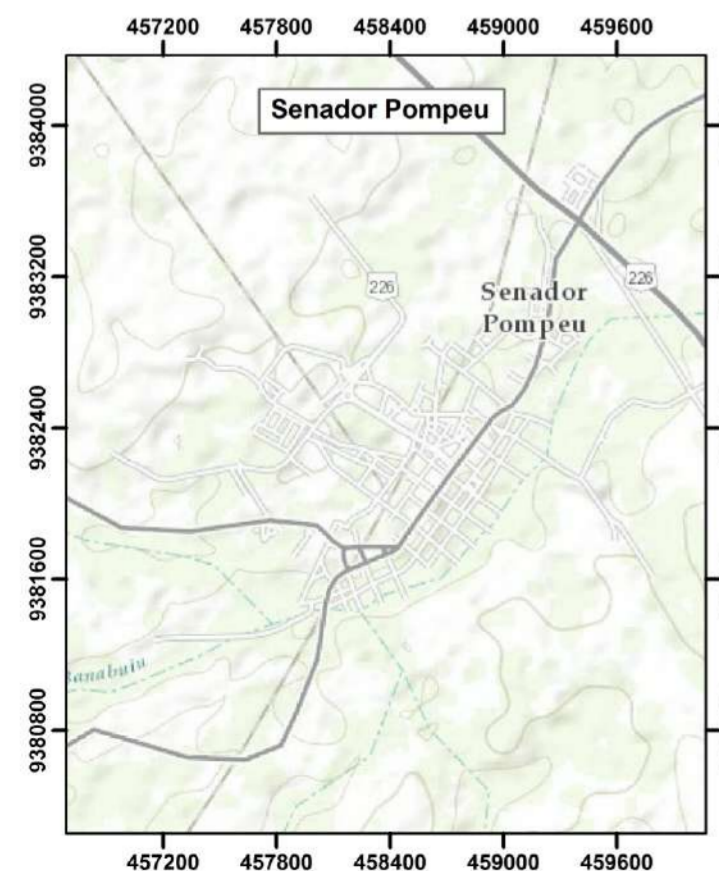
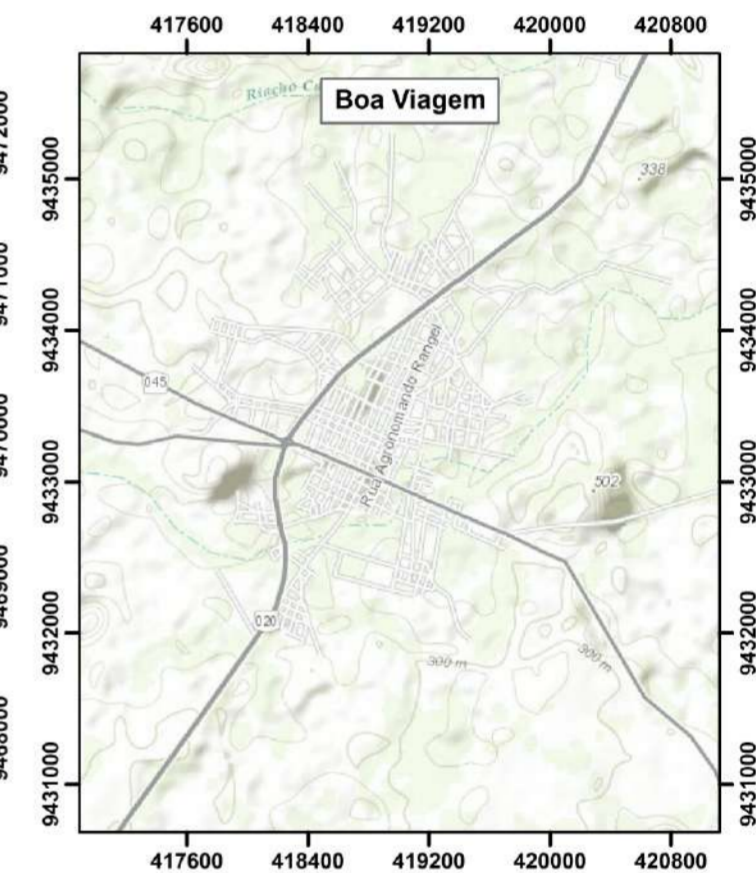
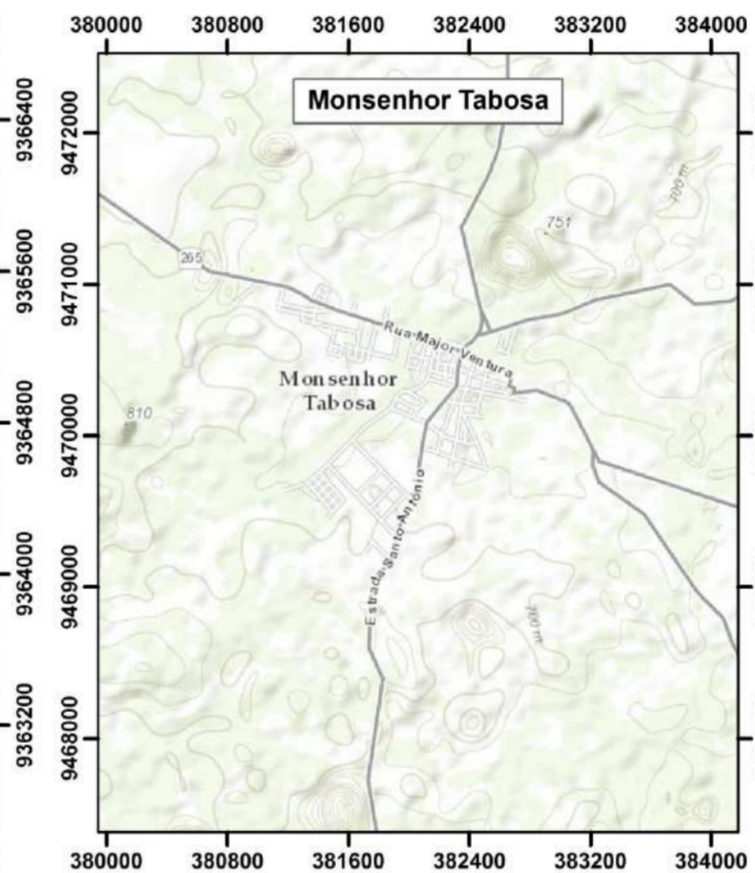
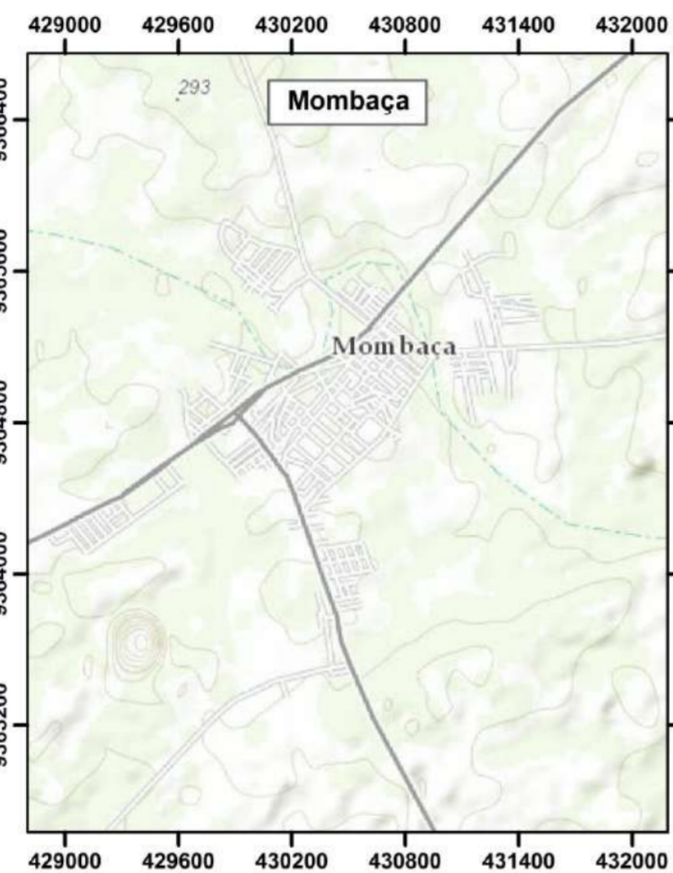
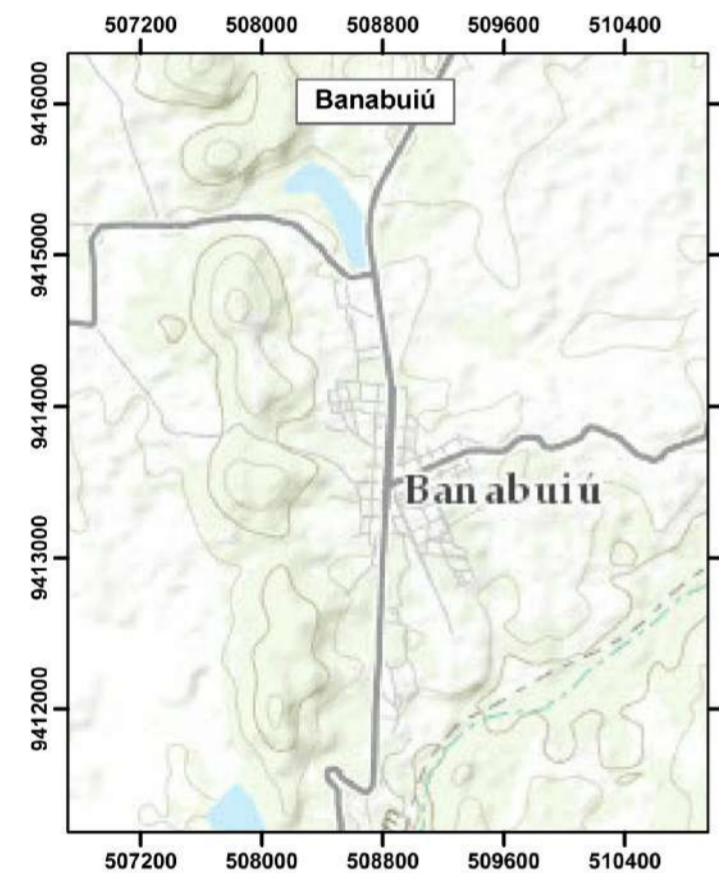
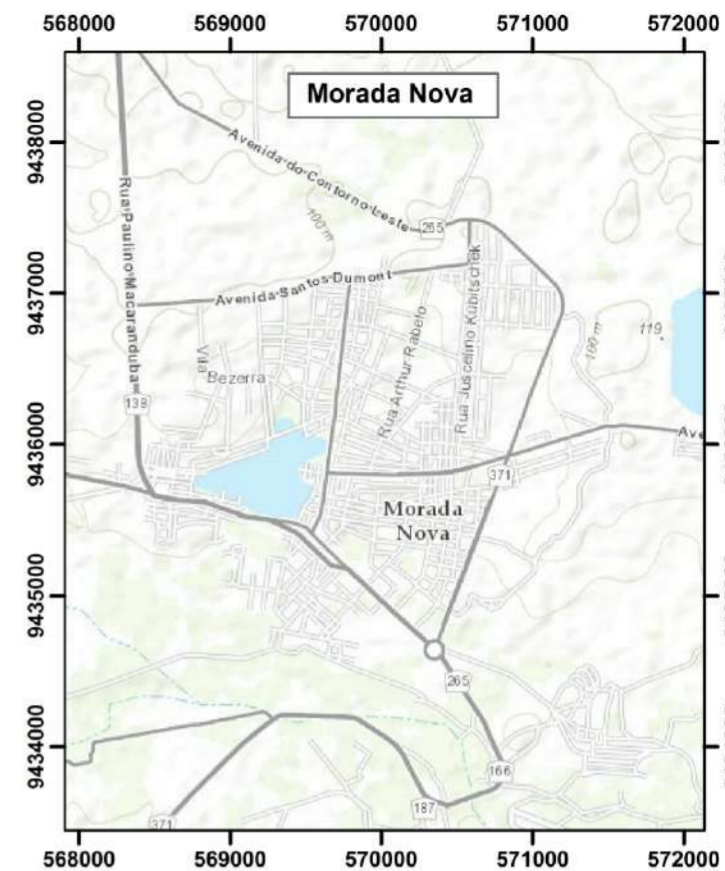
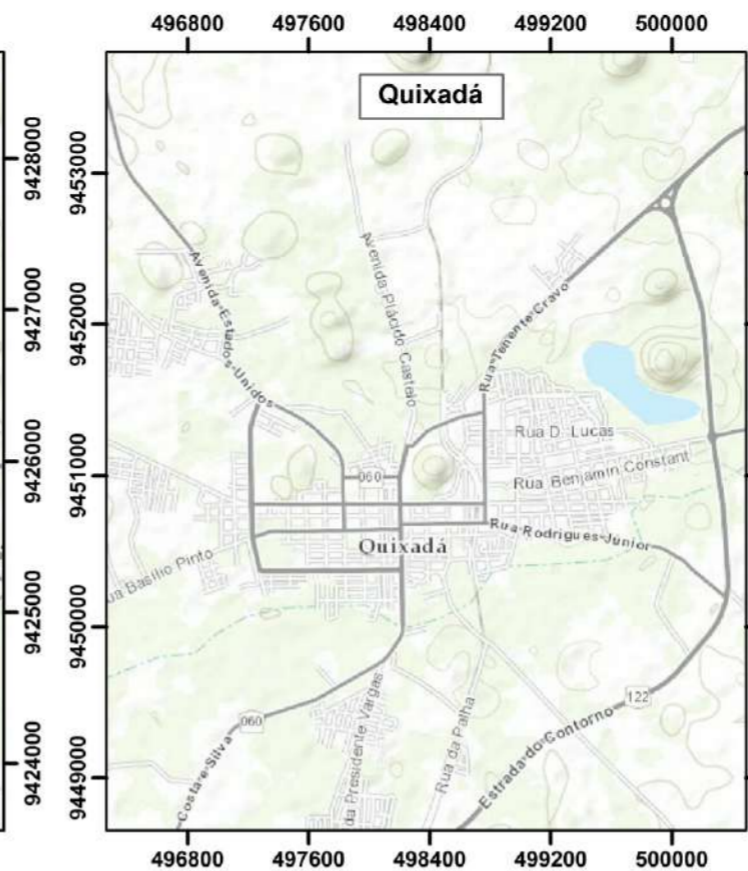
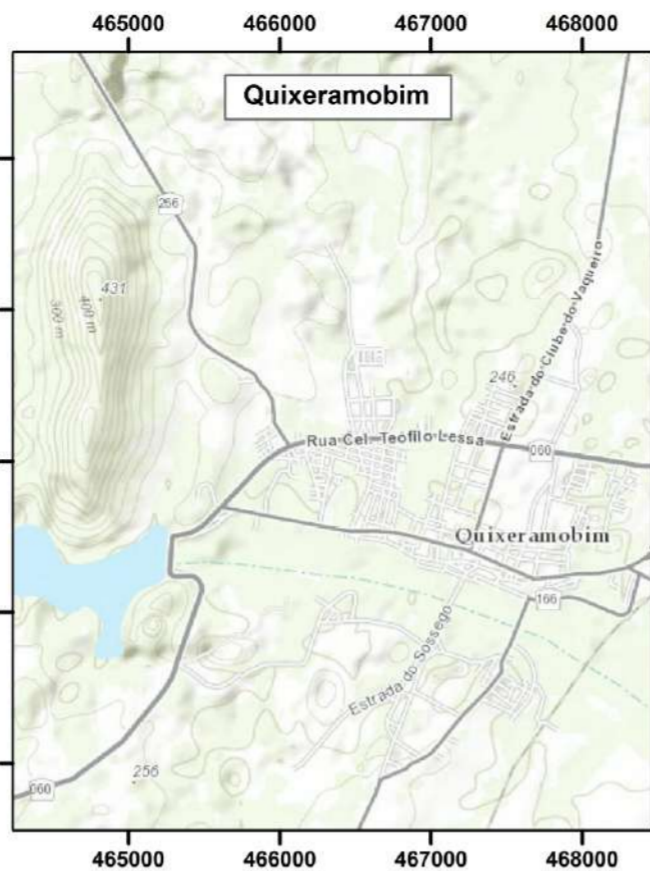
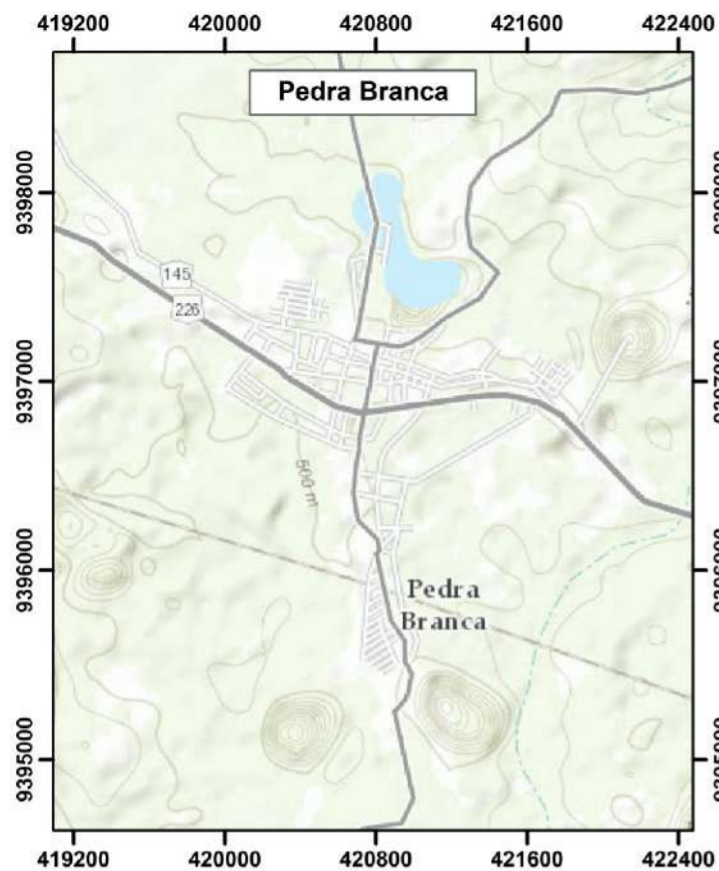
Morada Nova, localizada nas áreas de influência da planície fluvial do Rio Banabuiú, exerce grande influência na região, com uma importância econômica e de polarização na região do baixo banabuiú.

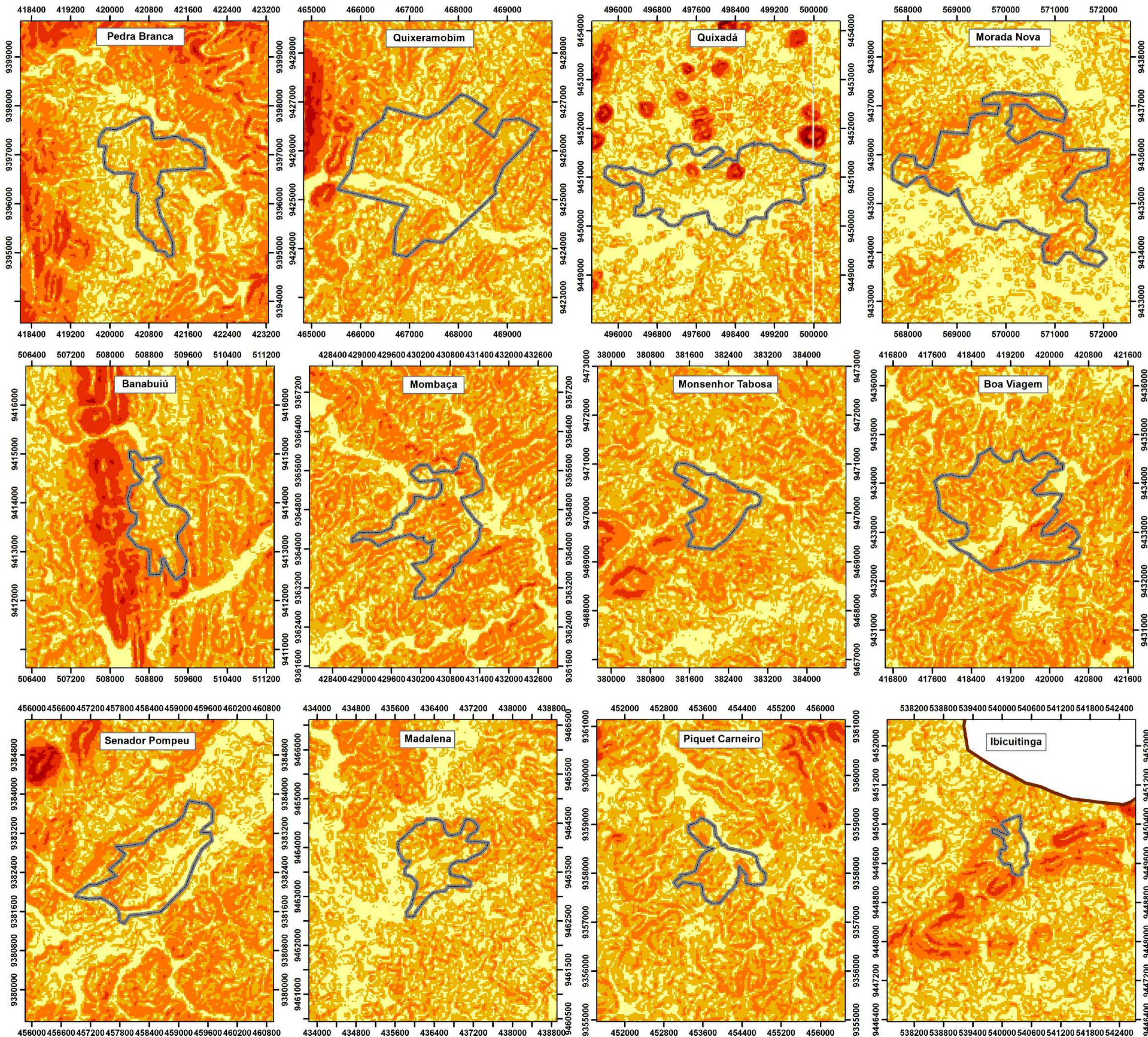
As cidades de **Mombaça** e **Senador Pompeu**, típicos sítios urbanos de planície fluvial. Ambas têm o Rio Banabuiú passando pelos seus núcleos urbanos, o que acaba por apresentar alto grau de susceptibilidade ambiental, pelo fato de estarem mais suscetíveis a enchentes do Rio Banabuiú. Nesse sentido é necessário um planejamento e gestão ambiental eficientes para minimizar esses desastres naturais.

Nas cidades de **Madalena**, **Piquet Carneiro** e **Boa Viagem** a situação é semelhante, constituindo cidades com núcleos em ambientes semiáridos e relevo que varia de dissecado a moderadamente dissecado. Apesar de serem cidades

habitadas à realidade do clima semiárido, em situações excepcionais sofrem com as cheias dos rios adjacentes.







Relação sítio urbano-declividade

N

0 1 2 4 Km

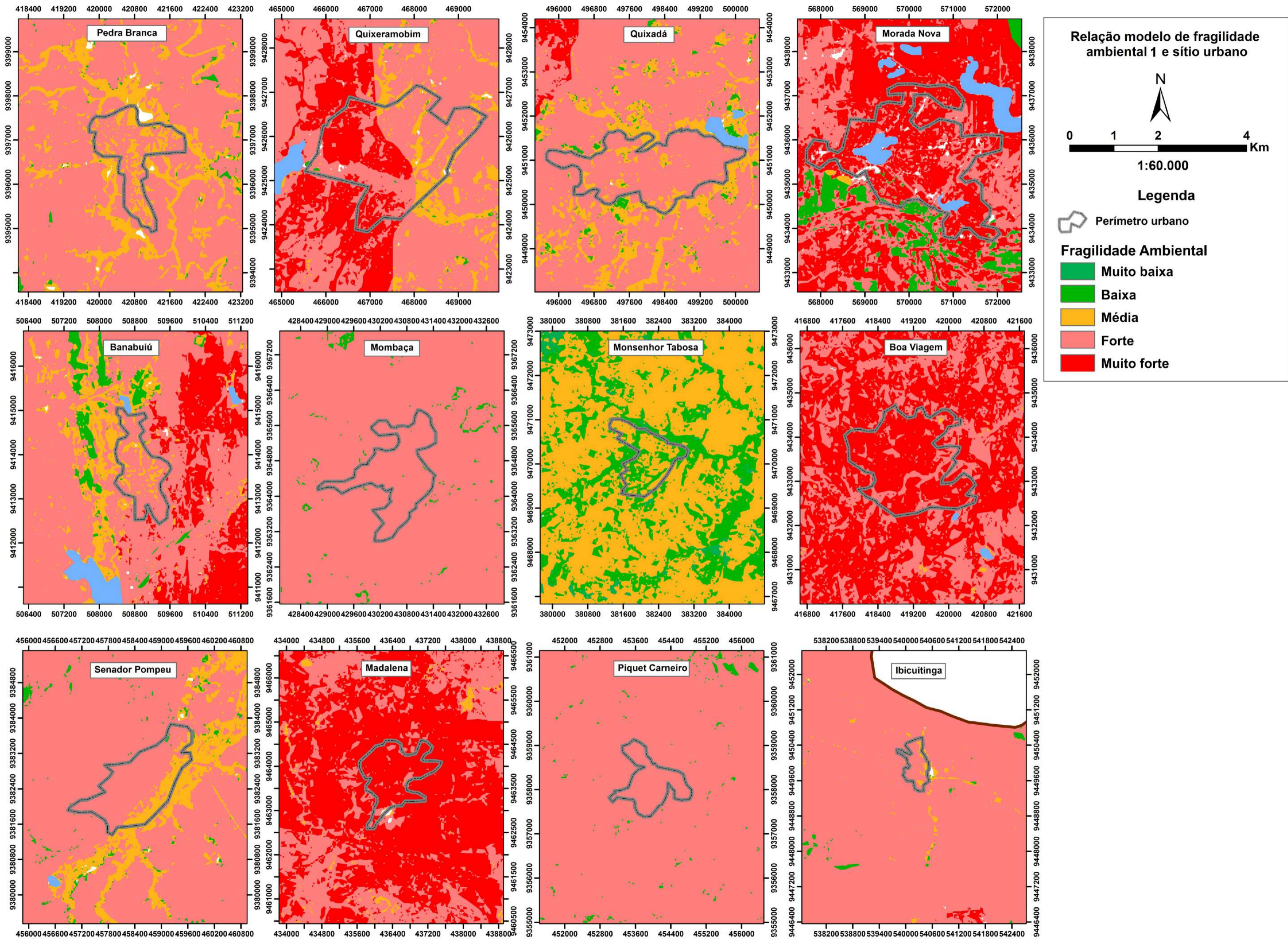
1:60.000

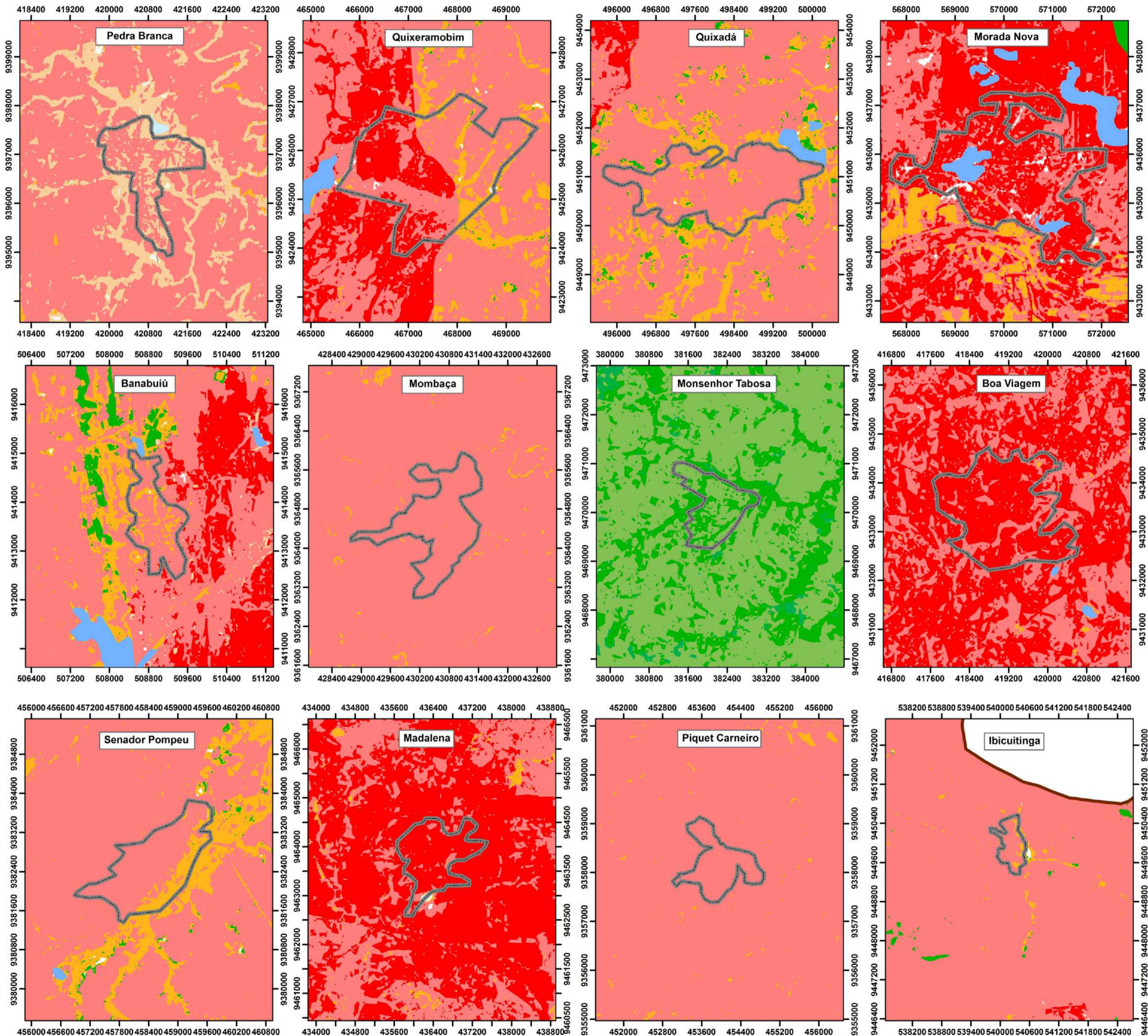
Legenda

Perímetro urbano

Classes de Declividade (%)

- 0 - 3
- 3 - 8
- 8 - 20
- 20 - 45
- 45 - 75
- > 75





Relação modelo de fragilidade ambiental 2 e sítio urbano

N

0 1 2 4 Km

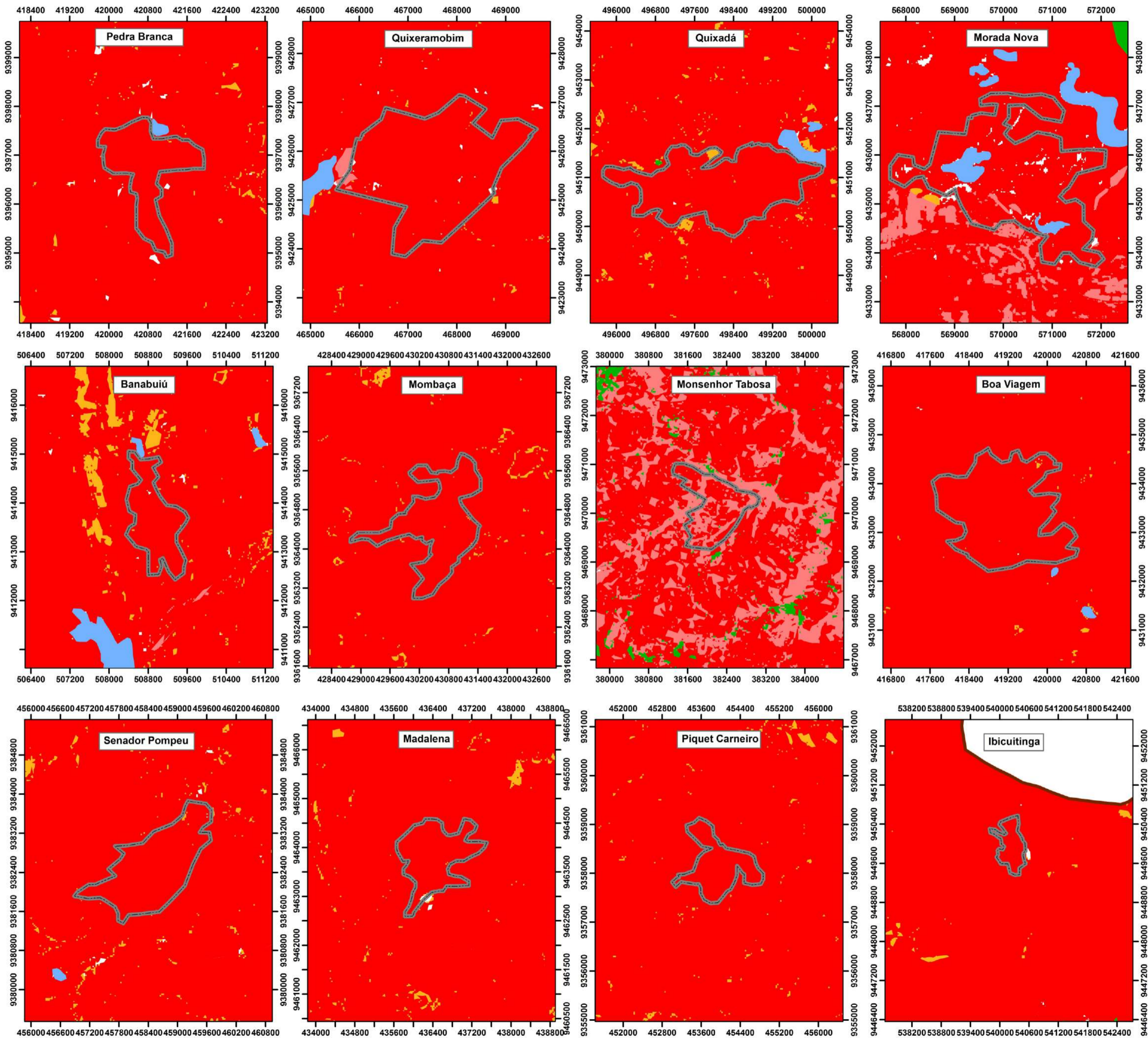
1:60.000

Legenda

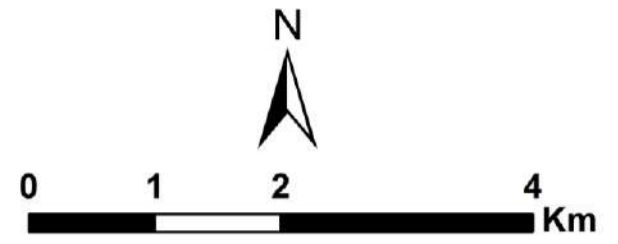
Perímetro urbano

Fragilidade Ambiental

Potencial		Emergente	
	Muito baixa		Baixa
	Baixa		Média
	Média		Forte
			Muito forte



Relação modelo de fragilidade ambiental 3 e sítio urbano

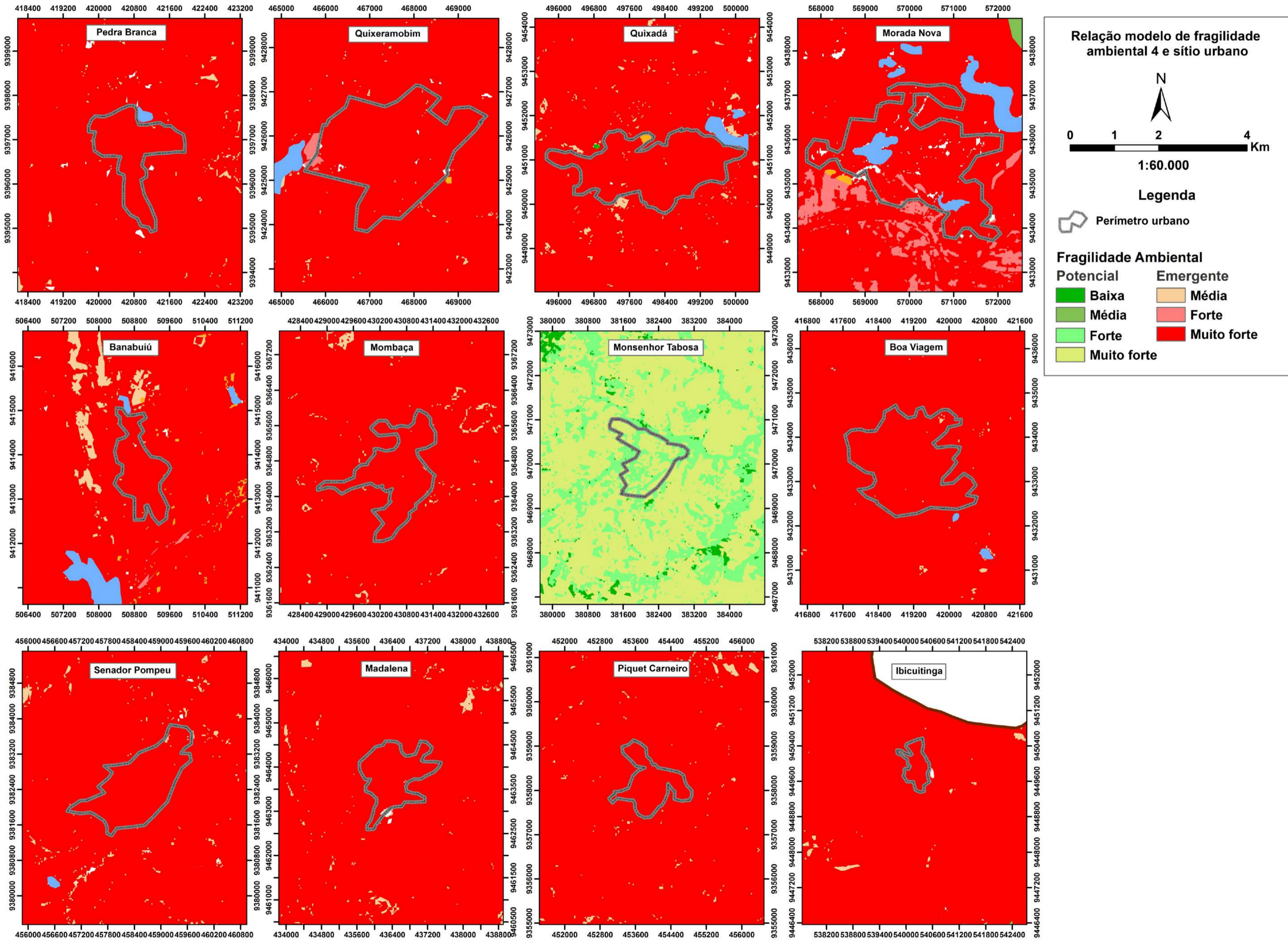


Legenda

 Perímetro urbano

Fragilidade Ambiental

-  Baixa
-  Média
-  Forte
-  Muito forte



Na análise empírica dos sítios urbanos, relacionando com os quatro modelos da fragilidade ambiental, fica comprovado um alto grau de susceptibilidade aos problemas ambientais nas cidades analisadas. Nesse sentido, independente do modelo proposto para a análise dos sítios urbanos, fazendo uma análise conjunta dos dados de declividade + fragilidade ambiental + observações de campo, fica evidente a necessidade de estudos em escalas de detalhe, além de políticas públicas voltadas para o planejamento e gestão ambientais em áreas urbanas.

Cidades como Senador Pompeu, Mombaça, Quixeramobim e Morada Nova apresentam um grau maior de susceptibilidade em relação às outras cidades. Tal fato é justificado em detrimento das calhas dos Rios Quixeramobim e Banabuiú passarem dentro dos núcleos urbanos, o que provoca, em determinados períodos, inundações que se caracterizam como desastres naturais, com perdas materiais e humanas.

Destaca-se a importância de estudos voltados para cidades pequenas, que, mesmo não possuindo uma relevância no quadro da hierarquia urbana regional, fazem parte da rede que compõem o quadro das cidades do Ceará, sendo imprescindível a importância de estudos dessa natureza na Geografia e áreas afins.

CONCLUSÕES

O estudo através dos sistemas integrados proporcionou visualizar não apenas a condição física da sub-bacia, mas principalmente perceber como os elementos que compõem as unidades setoriais se comportam quando se realiza o exercício da integração dos elementos. Os sistemas ambientais, metodologia base para todo caminho da pesquisa, foi essencial para a visualização, etapa por etapa, dos diferentes níveis de abordagem na análise integrada.

A análise dos sistemas ambientais, como suporte para os estudos setoriais foi ponto fundamental para a compreensão da dinâmica da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, principalmente no que se refere aos aspectos geoambientais. Nesse sentido, o referido mapa foi basilar à análise posterior, ou seja, para a definição dos níveis de fragilidade ambiental potencial e emergente, além da análise qualitativa da susceptibilidade dos sítios urbanos inseridos na área de estudo.

Os padrões de uso e ocupação e sua relação com a análise ambiental em áreas semiáridas foi uma etapa importante que o trabalho procurou evidenciar, tendo em vista a alta susceptibilidade desses ambientes ao processo de desertificação quando submetidos a níveis de degradação ambiental acentuados.

Embora a análise estatística tenha sido empregada na adaptação da proposta metodológica de Ross (1994), o estabelecimento de pesos diferentes na comparação das análises não comprometeu a discussão dos dados.

Partindo para a análise das hipóteses levantadas inicialmente, constatou-se que a primeira afirmava que era *“possível a aplicação e análise da fragilidade em ambientes com dinâmica semiárida, resultando na estimativa de processos relacionados a degradação ambiental. Nesse sentido a variável uso e ocupação pode ser um elemento norteador na interpretação e análise do grau de fragilidade ambiental nesses ambientes”*, constatou-se que a possibilidade de análise da fragilidade ambiental de ambientes semiáridos é válida.

Dos quatro modelos aplicados à realidade da bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, é satisfatório a aplicação dos modelos 2 e 4. Tal fato justifica-se no sentido de que a metodologia da fragilidade ambiental empregada nesses dois modelos, utilizou do caráter qualitativo presente na interpretação das condições ambientais nas unidades estáveis e instáveis do ambiente.

Apesar da experiência de aplicação das variáveis e da matriz metodológica sem distinção entre fragilidade ambiental potencial e emergente, como pode ser observado nos modelos 1 e 3, utilizando-se de um maior apoio da análise estatística, ainda assim, a necessidade da análise qualitativa, ainda fortemente ligada na concepção de Unidades Ecodinâmicas (TRICART, 1977), é elemento norteador para a análise empírica da fragilidade ambiental.

A utilização e modificação da variável uso e ocupação também foi objeto de análise do trabalho, que constatou a necessidade de estudos e ensaios metodológicos mais específicos para o emprego mais usual dessa ferramenta. Nesse sentido, compreende-se que o uso e ocupação da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú foi elemento imprescindível na análise da fragilidade ambiental, em especial dos modelos 3 e 4.

Em relação a segunda hipótese, que questionava que *“é possível analisar ambientes de núcleos urbanos e áreas do entorno, levando-se em consideração os dados referentes à fragilidade ambiental da área da bacia. Nesse sentido, respeitando as limitações da escala, é viável estabelecer quais cidades são mais susceptíveis a problemas de vulnerabilidade ambiental”*, a conclusão é de uma resposta parcial. Tal fato justifica-se na dificuldade do estudo em escalas diferentes e com níveis de abordagem distintos.

Mesmo que a aplicação da fragilidade ambiental da bacia tenha sido aplicada à área do entorno dos sítios urbanos, e tal fato justifica-se na abordagem da escala utilizada na primeira, a escassez de dados, principalmente em relação a pequenos núcleos urbanos, além de uma base cartográfica pertinente, comprometem parcialmente o enriquecimento metodológico.

Assim, o esforço da utilização e interpretação dos dados referentes a declividade, fragilidade ambiental da área e trabalhos de campo foi passo importante para os resultados qualitativos levantados para as doze cidades analisadas. O material cartográfico gerado nessa perspectiva foi fundamental para essa relação.

Entretanto, procurar aprofundar a análise da relação da degradação ambiental entre a bacia e os núcleos urbanos é tarefa importantíssima para estudos posteriores, que poderão utilizar-se da fragilidade ambiental ou não para esse salto metodológico.

Ainda, para este trabalho, cabe destacar a importância do trabalho empregado no aperfeiçoamento metodológico da proposta inicial da fragilidade

ambiental (ROSS, 1994), que, a partir das unidades ecodinâmicas estipulava os diferentes graus de estabilidade e instabilidade do ambiente. Assim, com o objetivo de aplicar uma adaptação da referida metodologia, utilizou-se da análise estatística, com a pretensão de amenizar a subjetividade abordada em trabalhos disponíveis sobre a temática.

A análise de todos esses componentes proporcionou uma visão das condições geoambientais da sub-bacia hidrográfica do Rio Banabuiú, desde os seus elementos setoriais, passando pelos sistemas ambientais, até chegar à fragilidade ambiental. Dessa forma, é importante a análise criteriosa na abordagem da análise integrada, utilizando-se de metodologias consagradas e procurando, na medida do possível, aperfeiçoá-las para uma avaliação cada vez mais séria e compromissada com os diferentes ambientes presentes no estrato geográfico.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia à serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**. São Paulo, v. 18, 1969.
- AB'SABER, A. N. **O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras**. USP: Instituto de Geografia: São Paulo, 1974.
- AB'SABER, A. N. **Formas de relevo**: texto básico. Edart. São Paulo, 1975.
- AB'SABER, A. N. A problemática da desertificação e da savanização no Brasil. In: **Geomorfologia**, nº 53. USP: São Paulo, 1977.
- AB'SABER, A. N. **Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo**. Ed. Fac-Similar - 50 anos. São Paulo: Ed. Ateliê, 2007.
- ABRAHAM, E.M.; BEEKMAN, G.B. **Indicadores de la desertificación para América del Sul**. IICA-BID ATN JF. Mendoza, Argentina: LaDyOT/IADIZA/CONICEF/IICA, 2006.
- ABRAHAM, E.M; SALOMÓN, M. Experiencias de combate a la desertificación en Mendoza – Argentina. In: LIMA, R.C.C; CAVALCANTE, A.M.B; MARIN, A.M.P. (org.) **Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro**. Disponível em: http://www.insa.gov.br/wp-content/themes/insa_theme/acervo/desertificacao-e-mudancas-climaticas.pdf. Acesso em setembro de 2013.
- ADAMI, S.F; COELHO, R. M; CHIBA, M. K; MORAES, J. F. L. Environmental fragility and susceptibility mapping using geographic information systems: applications on Ribeirão do Pinhal watershed (Limeira, State of São Paulo). **Acta Scientiarum. Technology**. v. 34, n. 4, p. 433-440, Oct.-Dec., 2012.
- AGUIAR, T.C. **Planejamento ambiental**: o desafio da interação sociedade/natureza. 1ª edição. Consequência editora. Rio de Janeiro, 2016.
- ALBUQUERQUE, E. L. S. Avaliação das condições socioambientais em bacias hidrográficas costeiras: contribuição ao ordenamento territorial do setor leste da região metropolitana de Fortaleza, Ceará. **Tese de Doutorado**. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza: UECE, 2015.
- ALMEIDA, T. M. Análise geossistêmica aplicada ao estudo da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio São João de Tiba, Bahia. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.
- ANDRADE, M. C. de. **A terra e o homem no Nordeste**. 8ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

ARAÚJO FILHO, J. C.; SILVA, A. B. SILVA, F. B. R.; LEITE, A. P. **Diagnóstico Ambiental do Município de Floresta, Pernambuco**. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2001.

ARTHAUD, M.H. Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da sedimentação à colisão continental brasileira. 2007. 170 f. Brasília, 2007. **Tese (Doutorado em Geociências)** - Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. São Paulo: Bertrand Brasil, 1996. 179p.

BARBOSA, G. V; SILVA, T. C; FILHO, T. N; DEL'ARCO, D. M; COSTA, R. C. R. Evolução da metodologia para mapeamento geomorfológico do projeto RADAMBRASIL. Salvador: Projeto RADAMBRASIL. **Boletim técnico do Projeto RADAMBRASIL**. Série Geomorfologia, 1982.

BERTALANFFY, L.V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973.

BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação dos solos**. 6. ed. São Paulo: Ícone, 2008.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico**. In: Caderno de Ciências da Terra, v.13, p. 1-21. São Paulo, 1971.

BEEKMAN, G.B. El programa combate a la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía em América del Sur IICA / BID. In: ABRAHAM, E.M; BEEKMAN, G.B. (orgs). **Indicadores de la desertificación para América del Sur**. Argentina. Editora Martín Fierro, 2006.

BEZERRA, C.L.F *et al.* Survey of the vegetation in the State of Ceará. In: GAISER, T. *et al.* **Global change and regional impacts**. Nova Iorque: Springer, 2003.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, Antônio C.; GUERRA, Antônio J. T. (orgs). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil 2004.

BRAGA, A. P.G; PASSOS, C. A. B; SOUZA, E. M; FRANÇA, J. B; MEDEIROS, M. F; ANDRADE, V. A. **Geologia da Região Nordeste do Estado do Ceará: projeto** Fortaleza. DNPM, Brasília, 1981.

BRANDÃO, R. L. **Geodiversidade do Ceará**. Fortaleza, CPRM, 2014.

BRASIL. SUDENE/EMBRAPA. **Levantamento exploratório de reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife: Bol. Téc. Nº 28, Série Pedologia, 1973.

BRASIL. MMA-Ministério do Meio Ambiente. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca, PAN-BRASIL**.

Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf. Acesso em setembro de 2013.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação**: A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica. Palimage Editores, Viseu-PT, 2005.

BUDEL, J. **Climatic Geomorphology**. New Jersey. Princeton University Press, 1982.

BUSSAB, W. O; MORETTIN, P. A. **Estatística Básica**, 7ª ed, Saraiva. São Paulo, 2011.

CASTILHO, C. J. M.. O Ambiente Urbano numa Perspectiva Interdisciplinar: Discussão de Conceitos que Tratam das Inter-Relações Sociedade-Natureza, a partir da Geografia do Recife. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 04, n. 05, 2011.

CASTRO, D.L; CASTELO BRANCO, R.M.G; MARTINS, G; CASTRO, N.A; Radiometric, magnetic, and gravity study of the Quixadá batholith, central Ceará domain (NE Brazil): evidence for Pan-African/Brasiliano extension-controlled emplacement. **Journal of South American Earth Sciences**. Vol. v.15, n. 5, p.543-551, oct. 2002.

CAVALCANTE, J.C; FERREIRA, C.A; RAMALHO, R; BRAUN, O.P.G; BATISTA, M.B; CUNHA, H.C.S. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Escala: 1:500.000. Fortaleza. MME/DNPM/CEMINAS/SUDENE, 1983.

CAVALCANTE, J. C. *et al.* **Mapa geológico do Estado do Ceará**– Escala 1:500.000. Fortaleza: MME/CPRM, 2003.

CAVALCANTI, L. C. S; CORRÊA, A. C. B. Geossistemas e geografia no Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**. V. 61, n 2. Rio de Janeiro, 2016.

CEARÁ. Instituto de Planejamento do Ceará- IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: IPLANCE, p. 1997. 56p.

CEARÁ (Estado). **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. 372p.

CEARÁ. Instituto de Pesquisas e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE). **Perfil Básico Municipal - CE**. Fortaleza: IPECE, 2016.

CEARÁ (Estado). Assembleia Legislativa. **Caderno regional da sub-bacia do Banabuiú** / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos. SANTANA, E.W. de (Coordenador). – Fortaleza: INESP, 2009.

CELINA. **Estimativa das temperaturas para o estado do Ceará**. Fortaleza: Departamento de Geografia da UFC. Versão 1.0. 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.

CHRISTOFOLETTI, A. Significância da teoria de sistemas em geografia física. **Boletim de geografia teórica**. Rio Claro, v. 16-17, n. 31-34, 1987.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1999.

CHRISTOFIDIS, D. Considerações sobre conflitos e uso sustentável em recursos hídricos. In: THEODORO, Suzi (org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Grammon, 2002.

CLAUDINO SALES, V.C. Lagoa do Papicu: Natureza e Ambiente na cidade de Fortaleza. 1993. 320f. **Dissertação de Mestrado** – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CLAUDINO SALES, V.C. Les Littoraux du Ceará. Evolution géomorphologique de la zone côtière de L'Etat du Ceará, Brésil- du long terme au court terme. **Thèse de Doctorat**, Université Paris Sorbonne, Paris.2002.

CONTI, J. B. Desertificação nos trópicos: Proposta de metodologia de estudo aplicada ao nordeste brasileiro. 1995. Tese (**Doutorado em Ciências: Geografia Física**) - Universidade de São Paulo, São Paulo: 1995.

COSTA, L.R.F. Estruturação geoambiental e susceptibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do Riacho Santa Rosa. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2014.

COSTA, L.R.F; OLIVEIRA, V.P.V. Os sistemas ambientais e a análise ambiental no contexto semiárido: o caso da sub-bacia hidrográfica do riacho Santa Rosa. **Revista Equador**. V.4.n.2. Teresina, 2015.

COSTA, L.R.F; SANTOS, J.O; OLIVEIRA, V.P.V. Abordagem geoambiental na análise da degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio Banabuiú – CE. **Revista GeoAmazônia**. v. 04, n. 08, p. 27 - 45, jul./dez. Belém, 2016.

COSTA, L.R.F; OLIVEIRA, V.P.V; SANTOS, J.O. ANÁLISE AMBIENTAL EM SÍTIO URBANO NO VALE DO BANABUIÚ: considerações sobre Pedra Branca e Quixeramobim – CE. **Anais**. In: I Simpósio Internacional Estado, Sociedade e Políticas Públicas, 2016, Teresina. I Simpósio Internacional Estado, Sociedade e Políticas Públicas. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2016.

COSTA, L.R.F; BARRETO, L.L; OLIVEIRA, V.P.V; MAIA, R.P. **Tabuleiros interiores e platôs lateríticos no Nordeste Brasileiro**. No prelo.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P. & FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-380.

CUNHA, S. B. da. Bacias Hidrográficas. In: CUNHA, S. B. da.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006. p. 229-271.

CPRM – Serviço geológico do Brasil. **Mapa geológico do Estado do Ceará**. Escala 1:500.000, Ceará. CPRM, 2003.

CRISPIM, A. B. Fragilidade ambiental decorrente das relações sociedade/natureza no semiárido brasileiro: o contexto do município de Quixadá-CE. **Tese de Doutorado**. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2016.

DANTAS, E.W.C. Sistema de cidades em terra semi-árida. In: ALMEIDA, M.G; RATTTS, A.J.P (orgs). **Geografia – leituras culturais**. Goiânia: Alternativa, 2003.

DOLFUSS, Olivier. **A análise geográfica**. São Paulo: Difusão Européia do Livro, 1973.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. **Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro:1979. 83p. (Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

ESTEVES, C.J de O. Riscos e vulnerabilidade socioambiental: aspectos conceituais. **Caderno IPARDES**, Curitiba: IPARDES, v.1, n.2, p.62-79, 2011.

FERNANDES, A. **Temas Fitogeográficos**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.

FERNANDES, A; BEZERRA, P. **Estudo Fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.

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**. Rio de Janeiro. v. 1, n. 1, 2005. p. 15-28.

FERREIRA, A.R. Geomorfologia, Geodiversidade e Análise da Fragilidade Ambiental das Paisagens do Parque Estadual Serra Ricardo Franco. **Tese (Doutorado em Geografia)** - Universidade de São Paulo, 2014.

GRANJEIRO, M.M.G. **Base Conceitual da Organização Ambiental: a Bacia Hidrográfica como Categoria de Análise do Planejamento de Uso da Natureza Semi-Árida**, (Dissertação de Mestrado) UECE,2004. p. 127.

GRAY, M. **Geodiversity**: Valuing and Conserving Abiotic Nature. John Wiley and Sons, Chichester – England, 2004.

GONÇALVES, D. S. Análise da fragilidade do baixo curso do Rio Ceará: uma contribuição para a gestão de rios urbanos. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.

GUERRA, A.T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUERRA, M.D.F; SOUZA, M.J.N. de; LUSTOSA, J.P.G. **A pecuária, o algodão e a desertificação nos sertões do médio Jaguaribe – Ceará/Brasil**. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/480>. Acesso em agosto de 2013.

GUICHARD. E. **Les sols du bassin du rio Jaguaribe** (Brésil). Orstom, Paris, 1970.

HÉTU, B. Uma geomorfologia socialmente útil: os riscos naturais em evidência. **Revista Mercator**. Ano 2. nº 2. Fortaleza, 2003.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico 2000/2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza: Edições IPLANCE, 1997.

JATOBÁ, L; LINS, R.C.; OLIVEIRA, J.G.B. de; SOUZA, M.J.N. Condições Geo-ambientais do semiárido brasileiro. In: **Notas e Comunicações de Geografia**. Série B: Textos didáticos nº 15. Deptº de Ciências Geográficas – UFPE, Recife – PE, 1996.

JATOBÁ, L.; LINS, R. C. **Introdução à Geomorfologia**. 5. ed. Recife - PE: Bagaço, 2008.

JÚNIOR, H.M. A desertificação no mundo e no Brasil. In: SCHENKEL, C.S; JÚNIOR, H.M. (org.). **Desertificação**. Brasília: UNESCO, 1999.

KING, L. C. A Geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LEPSH, I. **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 456p.

LIBAULT. A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**. Métodos em questão. IGEOG-USP. São Paulo, 1971.

LORANDI, R; CANÇADO, C.J. Parâmetros físicos para gerenciamento de bacias hidrográficas. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. (editores). **Conceitos de Bacias Hidrográficas**. Ilhéus – BA: Editora da UESC, 2005.

LUDWIG, J.A; TONGWAY. Desertification in Australia: na eye to grass roots and landscapes. In: Mouat, D.A; Hutchinson, C.F. (org.) **Desertification in Developed Countries**. Kluwer Academic Publishers, 1995.

MAIA, R.P. Planície fluvial do baixo Jaguaribe: evolução geomorfológica, ocupação e análise ambiental. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal do Ceará – UFC. Fortaleza, 2005.

MAIA, R.P; BEZERRA, F.H.R. Condicionamento estrutural do relevo do nordeste setentrional brasileiro. **Revista Mercator**. V.13, n. 1. Fortaleza, 2014.

MAIA, R.P; BEZERRA, F.H.R; NASCIMENTO, M.A.L; CASTRO, H.S; MEIRELES, A.J.A; ROTHIS, L.M. Geomorfologia do campo de inselbergues de Quixadá, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v 16, n 2. 2015.

MAIA, R.P; COSTA, L.R.F; BARRETO, L.L. **Geomorfologia do nordeste setentrional**. Laboratório de geomorfologia - UFC. Universidade Federal do Ceará. Mapa na escala 1:950.000. Fortaleza, 2017.

MELO, R. C.; PEREIRA L. H. M. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. – PLGB. Serrinha – Folha SC.24-Y-D. Estado da Bahia. Brasília: CPRM/DIEDIG/DEPAT, 2001.

MENDONÇA, F. Geografia socioambiental. **Revista terra livre**, São Paulo, nº 16, p. 139-158, 2001.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MENDONÇA, F. **Geografia Física**: Ciência Humana? São Paulo: Contexto, 2001. 72 p.

MENDONÇA, F.; LEITÃO, S. Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **Geotextos**, Paraná, v. 4, n. 1, p. 145-163, 2008.

MELO, A. B. C; CAVALCANTI, I. F.A; SOUZA, P. P. Zona de convergência intertropical do atlântico. In: **Tempo e clima no Brasil**. Cavalcanti ...[et al.]. Oficina de textos, São Paulo., 2009.

MIYAZAKI, V. K. Estruturação da cidade e morfologia urbana: um estudo sobre cidades de porte médio da rede urbana paulista. **Tese de doutorado**. Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente – SP, 2013.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas**: a história de uma procura. 2. ed. São Paulo- SP: Contexto, 2001. 127p.

MOREIRA, A.A.N. **Cartas Geomorfológicas**. São Paulo. Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo, 1969.

MOREIRA, A.A.N. A Cidade de Teresina. In: IBGE. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, Ano 31, nº.30 e 31, 1972.

MOREIRA, A.A.N. Relevo. In: IBGE, **Geografia do Brasil: Região nordeste**. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977.

NASCIMENTO, F. R. do. Degradação Ambiental no Nordeste Brasileiro: o contexto da bacia hidrográfica do rio Acaraú – Ceará. **Tese de Doutorado**. Universidade Federal Fluminense - UFF, 2006.

NASCIMENTO, F.R. do. Os recursos hídricos e o Trópico Semiárido no Brasil. **Revista GEOgraphia**. v. 14, n. 28, p. 82-109, 2012.

NASCIMENTO, R.S.C.. Petrologia dos Granitóides Brasileiros associados a zonas de cisalhamento Remígio-Pocinhos (PB). **Dissertação de Mestrado**, Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica. PPGG-UFRN, Natal, RN, 1998.

NASCIMENTO, E. Produção de uma topografia social urbana. **Revista Mercator**. v.11, n. 26. Fortaleza, 2012.

NASCIMENTO, M. A. L; RUCHKYS, U. A; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico**, 2008.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. SUPREN/IBGE, 1979.

NOGUEIRA, J.F. Estrutura, geocronologia e alojamento dos batólitos de Quixadá, Quixeramobim e Senador Pompeu - Ceará Central. **Tese (Doutorado em Geologia)** Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2004.

OLIVEIRA, V.P.V. **Zoneamento geoambiental do sertão de Quixeramobim – CE**. Coleção Mossoroense, 1990.

OLIVEIRA, V.P.V. **Prospección, Caracterización y cartografía edafopaisajística em uma região montañosa del semiárido brasileño: la Sierra de Uruburetama (Sertão Nordestino – Ceará – Brasil)**. Almería: Universidad de Almería, 2002 (Tese de doutorado).

OLIVEIRA, V. P. V. de; PRINTZ, A.; SCHMIDT, S.; BEZERRA, C. L. F. Sustainability of Natural Resource use in the Municipality of Tauá. In: GAISER, T.; KROL, M.; FRISCHKOM, H. ARAÚJO, J. C.; GRAEF, F. (Org.). **Global Change Regional Impacts**. Berlin: Springer-Verlag, 2003. p. 305-322.

OLIVEIRA, V.P.V. A Problemática da Degradação dos Recursos Naturais no Domínio dos Sertões Secos do Estado do Ceará-Brasil. In: SILVA, J.B; DANTAS,

E.W.C. e MEIRELES, A.J.A. (org.). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

OLIVEIRA, V.P.V. Sistemas ambientais de Santiago – Cabo Verde (África): Indicadores biofísicos de desertificação. In: OLIVEIRA, V.P.V.O. de; 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.

PARENTE, C.V; HENRIARTHAUD, M. **O sistema orós-jaguaribe no Ceará, NE do Brasil**. Disponível em: http://www.sbgeo.org.br/pub_sbg/rbg/vol25_down/2504/2504297.pdf. Acesso em setembro de 2013.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

PENTEADO, M.M. **A geomorfologia no planejamento do meio ambiente (geomorfologia ambiental)**. Not. Geomorfol. Campinas, 1976.

PEREIRA, J.M.V. Concepção de uma Estratégia de Geoconservação para Cabo Verde e sua Aplicação à Ilha de Santiago. **Tese de Doutorado**. Universidade do Minho. Portugal, 2010.

PEREIRA, R.C.M; SILVA, E.V. Solos e Vegetação do Ceará: características gerais. In: SILVA, J.B; DANTAS, E.W.C. e MEIRELES, A.J.A. (org.). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

PEREIRA, A.Q. Hierarquia urbana no sertão central cearense. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 32, n. 2, p. 109-125, jul./dez. 2012.

PROJETO RADAMBRASIL. **FOLHA SB.24 FORTALEZA**; geologia, geomorfologia. Rio de Janeiro. 1981.

PROJETO RADAMBRASIL. **FOLHA SB.23/24 JAGUARIBE/NATAL**: geologia, geomorfologia. Rio de Janeiro. 1981.

PIRES, J.S.R; SANTOS, J.E. **Bacias Hidrográficas: integração entre o meio ambiente e desenvolvimento**. Revista Ciência Hoje: Águas do Brasil, má utilização e falta de planejamento, 1995.

PIRES, J.S.R; DEL PRETTE. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A; CAMARGO, A. (editores). **Conceitos de Bacias Hidrográficas**. Ilhéus – BA: Editora da UESC, 2005.

QUEIROZ, P.H.B.; **Caracterização geoambiental e morfométrica de um trecho do médio curso da bacia hidrográfica do rio pacoti/ce**. Disponível em <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/079.pdf> Acesso em: 12 Dezembro de 2012.

R Core Team, **R: A language and environment for statistical computing**, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, URL <https://www.R-project.org/>, 2016.

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

ROCHA, A. A. **Sociedade e natureza**: a produção do espaço urbano em bacias hidrográficas. Vitória da Conquista. Edições UESB, 2011.

RODRIGUES, S. C. Análise Empírica-experimental da Fragilidade Relevo-Solo no Cristalino do Planalto Paulistano. **Tese (Doutorado em Geografia)**. Universidade de São Paulo, 1998.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Revista Mercator**. Fortaleza: Revista impressa, 2002.
ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. *In.*: **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, n. 6. São Paulo, 1992.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos Hídricos e as Bacias Hidrográficas: Âncoras do Planejamento e Gestão Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, n. 12, 1998.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *In*: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p.3-74, 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento. Ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

ROSS, J. L. S; AMARAL, R. A aplicação do conceito de unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **Geosp (USP)**, v. 26, p. 59-78, 2009.

ROSS, J.L.S. Geomorfologia Aplicada aos EIAs- RIMAs. *In*: GUERRA, Antônio Teixeira; CUNHA, Sandra B. da (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2010.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia**: ambiente e planejamento. São Paulo: Contexto, 2014.

SALES, L.B. A fragilidade ambiental como subsídio ao ordenamento do território: o caso da RESEX da Prainha do Canto Verde, Beberibe – Ceará. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Ceará, 2017.

SALES, M.C.L. Evolução dos estudos de desertificação no Nordeste brasileiro. **GEOUSP**. Espaço e Tempo, São Paulo, nº 11, p.115-126, 2002.

SALES, M.C.L. **Panorama da desertificação no Brasil**. João Pessoa: Editora Universitária – UFPB, 2006.

SALES, M.C.L; OLIVEIRA, J.G.B. Análise da Degradação Ambiental no Núcleo de Desertificação de Irauçuba. In: SILVA, J.B; DANTAS, E.W.C. e MEIRELES, A.J.A. (org.). **Litoral e Sertão: Natureza e Sociedade no Nordeste Brasileiro**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2006.

SANTOS, M. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1993.

SANTOS, J. O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza CE: contribuições ao ordenamento territorial**. Tese de Doutorado (Programa de Pós-graduação em Geografia Física), Universidade de São Paulo: São Paulo, 2011.

SANTOS, J. O; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 8, n. 10, p. 127-144, 2012.

SANTOS, J.O; SOUZA, M.J.N. Abordagem geoambiental aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos. In: **Boletim Goiano de Geografia**. v.34. n. 2, 2014.

SIEGEL, S. & CASTELLAN, Jr, N.J. **Estatística Não Paramétrica para as Ciências do Comportamento**. Artmed-Bookman. São Paulo, 2006, reimpressão 2008.

SOARES, L. P. Caracterização climática do estado do Ceará com base nos agentes da circulação regional produtores dos tipos de tempo. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-graduação em Geografia, Fortaleza, 2015.

SOARES, A.M.L; LEITE, F.R.B; LEMOS, J.J.S; MARTINS, M.L.R; NERA, R.D.M; OLIVEIRA, V.P.V. de. Áreas degradadas suscetíveis aos processos de desertificação no Ceará. In: GOMES, M.G; SOUZA, H.R; MAGALHÃES, A.R. (org.). **Desenvolvimento Sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA:1995.

SOUZA, S. A. M. Avaliação de Implementação de Uma Unidade de Conservação de Proteção Integral: O caso do Monumento Natural dos Monólitos de Quixadá-CE. **Dissertação (Mestrado em Geografia)** UECE, 2010.

SOUZA, M. L. **ABC do Desenvolvimento Urbano**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil; 190 páginas, 2003.

SOUZA, M. L. **Mudar a Cidade: Uma Introdução Crítica ao Planejamento e à Gestão Urbanos**. 10ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

SOUZA, M.J.N. Geomorfologia do Vale do Choró. **Dissertação de Mestrado**. São Paulo: Universidade de São Paulo – USP, 1973.

SOUZA, M.J.N. Geomorfologia e condições ambientais dos vales do Acaraú/Coreaú – Ceará. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1981.

SOUZA, M.J.N. Contribuição para o estudo das unidades morfo-estruturais do Estado do Ceará. Fortaleza: **Revista de Geologia**, ano 1 - nº1, 1988.

SOUZA, M.J.N. Bases geoambientais e esboço do zoneamento geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org). **Compartimentação territorial e gestão regional do Ceará**. Fortaleza: Funece, 2000.

SOUZA, M.J.N. Compartimentação geoambiental do Ceará. In: SILVA, J. B; CAVALCANTE; T. DANTAS, E. (Org). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2005.

SOUZA, M.J.N. Mapeamento de sistemas ambientais e aplicações práticas para a conservação da natureza e o ordenamento territorial. **Revista Equador**, Vol. 4, Nº 3. Edição Especial XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Teresina-Piauí, 2015.

SOUZA, M.J.N; OLIVEIRA, V.P.V. de; GRANGEIRO, M.M.G. **Análise Geoambiental**. In: ELIAS, Denise (Org.) O novo espaço da produção globalizada – o baixo Jaguaribe. Fortaleza: Funece, 2002.

SOUZA, M.J.N; OLIVEIRA, V. P. V. de. Semiárido do Nordeste do Brasil e o Fenômeno da Seca. In: HUBP, J. L; INBAR, M. **Desastres Naturales em América Latina**. México, 2002.

SOUZA, M.J.N; NETO. J. M; SANTOS, J. O; GONDIM, M. S. **Diagnóstico geoambiental do município de Fortaleza**: subsídios ao macrozoneamento ambiental e à revisão do plano diretor participativo – PDPFor. Fortaleza. Prefeitura Municipal de Fortaleza, 2009.

SOUZA, M.J.N; OLIVEIRA, V.P.V. Análise ambiental – uma prática da interdisciplinaridade no ensino e na pesquisa. **Revista Rede (PRODEMA)**. Fortaleza, 2011.

SOTCHAVA, V.B. **O estudo dos geossistemas**: método em questão. São Paulo: instituto de geografia – USP, 1977.

SPÖRL, C. Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguarí-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. **Dissertação de Mestrado**. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2001.

SPÖRL, C. Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental. **Tese de Doutorado**. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2007.

SILVA, J. B. O Algodão na Organização do Espaço. In: **História do Ceará**. Fortaleza: Fundação Demócrito Rocha, 1994.

SILVA, J.B. Discutindo o rural e o urbano. **Revista da ANPEGE**. v.7, n. 8, 2011.

SILVA, M. S. L. Caracterização e gênese do adensamento subsuperficial em solos de tabuleiro do semi-árido do nordeste do Brasil. **Tese de Doutorado**. Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SILVA, F. B. R.; ARAÚJO FILHO, J. C.; SOUZA, L. G. M. C.; LEITE, A. P.; BURGOS, N.; SOUSA NETO, N. C. **Diagnóstico ambiental do Município de Iguaraci, PE**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2000.

SILVEIRA, A. Diagnóstico ambiental do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP): uma abordagem geográfica. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2009.

SUERTEGARAY, D.M.A. Desertificação: recuperação e desenvolvimento sustentável. In: GUERRA, A.J.T; CUNHA, S.B. (org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

SUERTEGARAY, M. A. (Org.). **Terra: feições ilustradas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2008. 263p.

THOMAZINI, L. S. Análise da fragilidade ambiental em área urbana: o caso da bacia hidrográfica do córrego do Castelo, Bauru (SP). **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2013.

THORNTHWAITE, C.W; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. Centerton, New Jersey v. VIII, 1955.

TRICART, J. **Épiderme de la Terre**. Paris, 1962.

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

TRICART, J. **Paisagem e Ecologia**. Traduzido pelo Profº Carlos A.F. Monteiro, SP: Instituto de Geografia; USP, 1981.

TRICART, J. As zonas morfoclimáticas do nordeste brasileiro. **Sétimo livro das secas**. Coleção Mossoroense, 1983.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Recursos hídricos no Século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

TWIDALE, C.R. **Geomorphology**. Sydney: Nelson, 2000.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, et al (Orgs.). **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições

Demócrito Rocha, 2007, p. 169-188.

ZANELLA, M. E. **Inundações em Curitiba**: impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental. Edições UFC. Fortaleza, 2012.