



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

VANESSA MELO DOS SANTOS

ANÁLISE AMBIENTAL E VERIFICAÇÃO DA
DEGRADAÇÃO DE TERRAS NO SEMIÁRIDO (ALTO SANTO - CE)

FORTALEZA

2018

VANESSA MELO DOS SANTOS

ANÁLISE AMBIENTAL E VERIFICAÇÃO DA
DEGRADAÇÃO DE TERRAS NO SEMIÁRIDO (ALTO SANTO - CE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciências Ambientais, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharela em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S239a Santos, Vanessa Melo dos.
Análise Ambiental e Verificação da Degradação de Terras no Semiárido (Alto Santo - CE)
/ Vanessa Melo dos Santos. – 2018.
107 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva.

1. Semiárido. 2. Degradação Ambiental. 3. Recuperação de Áreas Degradadas. I. Título.

CDD 333.7

VANESSA MELO DOS SANTOS

ANÁLISE AMBIENTAL E VERIFICAÇÃO DA
DEGRADAÇÃO DE TERRAS NO SEMIÁRIDO (ALTO SANTO - CE)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Ciências Ambientais, do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharela em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcus Vinícius Chagas da Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Christina Bianchi
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ms. Tasso Ivo de Oliveira Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

À minha família, aos meus
professores e a mim pelo esforço
empenhado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças durante esses anos de graduação e por ter colocado pessoas maravilhosas na minha vida que colaboraram de diversas formas para que eu atingisse o meu objetivo de concluir o curso.

A minha mãe Liduina por toda dedicação, carinho, amor e paciência de me ouvir reclamar do cansaço, das recorrentes dores de cabeça, da falta de tempo e dos inúmeros trabalhos e provas desde a escola.

A minha tia Marta (que é também minha amiga e segunda mãe, além de ter sido uma das melhores professoras que tive na vida) por ter me ensinado lições valiosas e por sempre me apoiar nos meus estudos.

Aos meus tios Francisco, Raimundo e Antônio Marcos por terem financiado e dado suporte durante toda a minha educação.

A minha vó Valquíria por todo o amor e torcida pelo meu sucesso.

A todos os meus professores desde a escola até a universidade que contribuíram para a minha formação educacional.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), em especial ao Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR), pela qualidade do ensino ofertada por seus colaboradores bem como por ter proporcionado o aprendizado prático durante as atividades laboratoriais e de campo.

Ao meu orientador, Marcus Vinícius, pela excelente orientação, pelos campos, pela amizade, pela paciência, pela dedicação, pela confiança, pelas risadas e, principalmente, por todos ensinamentos que levarei comigo durante a minha carreira profissional.

A professora Juliana Melo por ter despertado em mim a vontade de trabalhar com a Legislação Ambiental, pelo estímulo no desenvolvimento de atividades para o projeto de monitoria e por toda contribuição durante esses 4 anos da graduação.

Ao professor Antônio Geraldo pelas contribuições durante a bolsa de monitoria. Ao professor Fábio Matos pela ajuda com a metodologia científica desse trabalho.

A coordenação do curso de Ciências Ambientais e ao seu corpo docente por todo o suporte ofertado.

A todos os funcionários do Labomar pela atenção e colaboração.

Aos professores participantes da banca examinadora Dra. Christina Bianchi e Ms. Tasso Ivo de Oliveira pela disponibilidade e pelas sugestões.

A minha turma querida de 2015 com quem compartilhei de momentos maravilhosos dentro e fora da universidade. Obrigada por fazerem parte dessa caminhada e por terem tornado esses anos inesquecíveis.

Aos amigos Débora Carvalho, Lucas Ricardo, Álef Vasconcelos, Rafael Pereira, Eliziane Sena e Régia Leiliana por todas as conversas, torcidas, ajudas, risadas e partidas de uno e de ludo. Obrigada por fazerem parte da minha vida.

A Mariana Lima e a Tainã Maciel pela amizade desde os primeiros dias do curso.

Ao Daniel Anzolin pela amizade e pelas ajudas em campo e com o Arcgis. A Luzanira Ribeiro pela torcida e ajuda durante o campo do TCC. A Sâmila Lima pela ajuda na finalização do trabalho.

A Empresa Júnior do curso de Ciências Ambientais por todo o aprendizado adquirido nos dois anos em que fiz parte da equipe e pelas amizades que surgiram a partir dela, em especial a da Viviane Teófilo e da Karolyne Sales.

Aos amigos já cientistas ambientais e aos que ainda estão cursando por toda a ajuda e ensinamentos.

A todos que de alguma forma contribuíram na minha formação, o meu muito obrigado.

“O que eu faço é uma gota no meio de um oceano. Mas sem ela, o oceano será menor.”

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

A degradação de terras é um dos impactos ambientais mais observados no semiárido brasileiro, sendo ocasionada principalmente devido às condições inadequadas de uso da terra. Dessa forma, o objetivo desse trabalho foi realizar a análise ambiental do município de Alto Santo – CE e verificar se há ocorrência de degradação de terras. A pesquisa fundamentou-se em referências acerca de temáticas como: semiárido, análise integrada, abordagem sistêmica e degradação ambiental. A partir disso, foi feita a caracterização ambiental (geologia, geomorfologia, pedologia, fitoecologia, climatologia e hidrologia) e o mapeamento temático. Utilizando-se da análise integrada, os sistemas e subsistemas ambientais do município em estudo foram identificados, a fim de contribuir no processo de avaliação das possíveis áreas degradadas. Estas, foram identificadas levando-se em consideração os seguintes aspectos: condições edáficas, presença de pavimentos desérticos, atuação de processos erosivos, condições climáticas, disponibilidade hídrica e usos da terra, os quais foram observados durante o levantamento em campo. Como resultado, foram encontrados 4 sistemas e 6 subsistemas, os quais apresentaram diferentes níveis de degradação. O sistema ambiental da Depressão Sertaneja, que abrange cerca de 46% do município, exibiu elevado grau de degradação. O sistema ambiental da Chapada do Apodi apresentou baixos níveis de processos de degradacionais, sendo a espacialidade com melhores condições ambientais. O sistema ambiental das Planícies Fluviais e o sistema ambiental dos Tabuleiros Interiores manifestaram algumas características associadas à degradação que estabelecerem o seu estágio como moderado. Conclui-se, portanto, que as condições naturais de clima semiárido, altas taxas de evaporação e solos rasos associadas ao uso inadequado da terra conduziram o município de Alto Santo a elevados níveis de degradação, sendo necessário, em caráter de urgência, a adoção de técnicas para a recuperação das terras.

Palavras-chave: Semiárido. Degradação Ambiental. Recuperação de Áreas Degradadas.

ABSTRACT

Land degradation is one of the most observed environmental impacts in the Brazilian semiarid region, mainly due to inadequate land use conditions. Thus, the aim of this study was to conduct the environmental analysis of the municipality of Alto Santo - CE and verify if there is occurrence of land degradation. The research was based on references on topics such as: semiarid, integrated analysis, systemic approach and environmental degradation. From this, the environmental characterization (geology, geomorphology, pedology, phytocology, climatology and hydrology) and the thematic mapping were made. Using the integrated analysis, the environmental systems and subsystems of the municipality under study were identified in order to contribute to the process of evaluation of possible degraded areas. These, were identified taking into consideration the following aspects: soil conditions, presence of desert floors, erosion processes, climatic conditions, water availability and land uses, which were observed during the field survey. As a result, 4 systems and 6 subsystems were found, which presented different levels of degradation. The environmental system of the Depressão Sertaneja, which covers about 46% of the municipality, showed a high degree of degradation. The environmental system of Chapada do Apodi presented low levels of degradation processes, being the spatiality with better environmental conditions. The environmental system of the Planícies Fluviais and the environmental system of the Tabuleiros Interiores have shown some characteristics associated to the degradation that establish their stage as moderate. It is concluded, therefore, that the natural conditions of semiarid climate, high rates of evaporation and shallow soils associated with the inadequate use of the land have led to the high level of degradation in the municipality of Alto Santo, being necessary, as a matter of urgency, the adoption of techniques for land recovery.

Keywords: Semiarid. Environmental Degradation. Recovery of Degraded Areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Nova delimitação do semiárido de acordo com a Resolução nº 115 da Sudene, de 23 de novembro de 2017	24
Figura 2 - Armazenamento de água no solo, precipitação média e evapotranspiração real no mês de abril (a) e no mês de novembro (b) de 2015	27
Figura 3 - Número de dias com déficit hídrico 2014-2015.....	29
Figura 4 - Domínio Fitogeográfico da Caatinga na Depressão Sertaneja de ...	31
Figura 5 - Domínio Fitogeográfico da Caatinga na Depressão Sertaneja de ...	31
Figura 6 - Níveis taxonômicos propostos por Bertrand	35
Figura 7 - Áreas Suscetíveis à Desertificação - ASD's no Ceará	41
Figura 8 - Metodologia aplicada na pesquisa.....	47
Figura 9 - Sistema Orogênico Borborema.....	51
Figura 10 - Relevo suave ondulado na Depressão Sertaneja de Alto Santo	56
Figura 11 - Pavimento desértico em Alto Santo.....	56
Figura 12 - Chapada do Apodi.....	57
Figura 13 - Tabuleiro Interior em Alto Santo	58
Figura 14 - Planície Fluvial em Alto Santo.....	59
Figura 15 - Cultivo de cajueiros nos tabuleiros interiores de Alto Santo.....	70
Figura 16 - Mata ciliar com carnaúbas em Alto Santo	71
Figura 17 - Índice de aridez dos municípios do Ceará	75
Figura 18 - Riacho da Serra	77

LISTA DE FÓRMULAS

Fórmula 1 - Fórmula do índice de aridez.....	73
--	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Precipitação média anual de Alto Santo - CE, série histórica 1988-2017	72
Gráfico 2 - Precipitação média mensal de Alto Santo - CE, série histórica 1988-2017	73

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização de Alto Santo	46
Mapa 2 - Litologia de Alto Santo.....	54
Mapa 3 - Geomorfologia de Alto Santo.....	60
Mapa 4 - Solos de Alto Santo	64
Mapa 5 - Fitoecologia de Alto Santo.....	69
Mapa 6 - Hidrografia de Alto Santo	76
Mapa 7 - Sistemas e subsistemas ambientais de Alto Santo	79
Mapa 8 - Mapa de degradação de Alto Santo	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Distribuição de municípios do semiárido por estado	25
Quadro 2 - Informações sobre os solos de Alto Santo	65
Quadro 3 - Classificação do índice de aridez proposta pela UNEP	74
Quadro 4 - Dados utilizados para cálculo do índice de aridez de Alto Santo – CE	74
Quadro 5 - Sistemas e subsistemas ambientais encontrados em Alto Santo...	78
Quadro 6 - Descrição do Subsistema Ambiental – Sertões de Alto Santo	80
Quadro 7 - Descrição do Subsistema Ambiental – Planícies Fluviais do Médio Curso do Rio Jaguaribe.....	82
Quadro 8 - Descrição do Subsistema Ambiental – Tabuleiros Interiores de Bom Jesus.....	84
Quadro 9 - Descrição do Subsistema Ambiental – Tabuleiros Interiores de Belas Águas	86
Quadro 10 - Descrição do Subsistema Ambiental – Planaltos Sedimentares da Formação Açú	88
Quadro 11 - Descrição do Subsistema Ambiental – Planaltos Sedimentares da Formação Jandaíra	90

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

art.	Artigo
ADENE	Agência de Desenvolvimento do Nordeste
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ASD's	Áreas Susceptíveis à Desertificação
BNB	Banco do Nordeste
CCM's	Complexos Convectivos de Mesoescala
CE	Ceará
CODEVASF	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
CONDEL	Conselho Deliberativo
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias
FCO	Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste
FNE	Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste
FNO	Fundo Constitucional de Financiamento do Norte
FPA	Frente Polar Atlântica
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GLASOD	Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation
GT-2014	Grupo de Trabalho
GTI	Grupo de Trabalho Interministerial
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
LI	Linhas de Instabilidade

MEAS	Massa de Ar Equatorial do Atlântico Sul
MI	Ministério da Integração Nacional
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OLI	Operational Land Imager
PAE-CE	Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PAN-BRASIL	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPG7	Programa Piloto para Proteção das Florestas Tropicais do Brasil
RADAMBRASIL	Radar na Amazônia
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RIO-92	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento
SDS	Secretaria de Desenvolvimento Sustentável
SEAGRI	Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária
SIRGAS 2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TIRS	Thermal Infrared Sensor
UNCOD	United Nations Conference on Desertification
UNEP	United Nations Environment Programme
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transversa de Mercator
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VCAN's	Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
ha	Hectare
km ²	Quilômetro quadrado
mm	Milímetro
n ^o	Número
°	Grau
S	Sul
h.ano ⁻¹	Hora por ano
°C	Grau Celsius
mm.ano ⁻¹	Milímetro por ano
m	Metro
XX	Vinte
XVI	Dezesseis
km	Quilômetro
bits	Binary Digits
Ma	Milhões de anos
cm	Centímetro
m ³	Metro cúbico
Ca ²⁺	Cálcio
Mg ²⁺	Magnésio
K ⁺	Potássio
XXI ^a	Vigésima primeira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 Limites legais do semiárido	21
3.2 O semiárido natural	25
3.2.1 <i>Principais características físicas do semiárido</i>	26
3.3 Análise ambiental integrada	32
3.3.1 <i>Abordagem sistêmica no estudo do meio ambiente</i>	33
3.4 Degradação ambiental.....	37
3.4.1 <i>Degradação X desertificação</i>	39
3.4.2 <i>Degradação de terras no semiárido</i>	42
3.4.3 <i>As secas e suas contribuições no processo de degradação</i>	44
4 MATERIAL E MÉTODOS	45
4.1 Delimitação da área de estudo	45
4.2 Técnicas operacionais	47
5 RESULTADOS	50
5.1 Alto Santo no contexto do semiárido	50
5.2 Caracterização ambiental.....	50
5.2.1 <i>Geologia e geomorfologia</i>	50
5.2.2 <i>Pedologia e fitoecologia</i>	61
5.2.3 <i>Climatologia e hidrologia</i>	71
5.3 Identificação dos sistemas e subsistemas ambientais	78
5.4 Verificação da degradação de terras em Alto Santo.....	92
5.5 Proposições para a recuperação das áreas degradadas	95
6 CONCLUSÃO	97
REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

A temática ambiental tornou-se um assunto bastante discutido a partir da década de 60, em virtude de eventos como a publicação do livro *Primavera Silenciosa* de Rachel Carson e o Clube de Roma que reuniu representantes de diversos países para discutir política, economia e meio ambiente. Desde então, estudiosos, governos, empresas e até mesmo a população em geral experienciaram uma maior preocupação com os impactos ambientais ocasionados pelo modo de exploração dos recursos naturais da sociedade atual (SANTOS, 2004).

A degradação de terras surge nesse contexto como uma das principais consequências das condições inadequadas de uso dadas à terra. Configura-se como um problema que pode ser observado em diversas regiões do país, principalmente no semiárido devido às suas especificidades ambientais de baixa pluviosidade, temperaturas elevadas, alta taxa de evaporação e ocorrência de solos rasos.

Destaca-se, sobretudo, a influência dos fatores sociais inerentes à região semiárida brasileira na pressão exercida sobre o meio ambiente. A pobreza, a desigualdade social, a concentração de terras e o desenvolvimento de atividades agropecuárias (comerciais e/ou de subsistência) acima da capacidade de suporte dos ambientes frágeis do semiárido contribuem para o aumento desse dano ambiental.

A perda das condições do solo em conjunto com o manejo impróprio tem acarretado malefícios não somente ao meio ambiente como também à sociedade e à economia. A baixa produtividade conduziu diversas pessoas ao abandono de terras, fato este que culmina com a não recuperação da área degradada e com prejuízos de ordem econômica. Além disso, o aumento da busca por espaços com boas condições agricultáveis pode vir a gerar conflitos pela posse de terras e, assim, ocasionar dificuldades na organização dos territórios (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2010).

A área delimitada para a pesquisa foi o município de Alto Santo – Ceará, pertencente à mesorregião do Jaguaribe e à microrregião do Baixo Jaguaribe e que se encontra inserido no semiárido por meio de delimitação legal desde sua criação. Exibe condições ambientais de precipitação média anual inferior a 800 mm e índice

de aridez menor que 0,5, que são fatores que colaboram para o estabelecimento da degradação ambiental.

A espacialidade em análise também faz parte das ASD's (Áreas Susceptíveis à Desertificação) do Ceará e compõe o Núcleo 3 (Sertões do Médio Jaguaribe) de desertificação do estado, fato este que sugere a possível existência de processos degradacionais no local.

De acordo com o censo agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística de 2006, em Alto Santo, 19.804 ha são utilizados para lavouras e 31.897 ha para pastagens. Além de ocupar em torno de 40% das terras do município, a agropecuária é a atividade que mais contribui para a economia depois do setor de serviços. Ela é responsável por diversos impactos ambientais como erosão, compactação e acidificação de solos, colaborando para o desenvolvimento e aceleração do processo de degradação no município.

Considerando as observações acima, observa-se que Alto Santo apresenta-se bastante susceptível à degradação devido aos fatores ambientais e de uso da terra, sendo propícia ao desenvolvimento do objetivo principal da pesquisa que é analisar e verificar a ocorrência desse processo no município.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar a análise ambiental integrada do município de Alto Santo – CE e verificar a ocorrência de degradação de terras.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar as unidades homogêneas de paisagem visando a delimitação dos sistemas e subsistemas ambientais presentes em Alto Santo;
- Qualificar a degradação ambiental em meio ao semiárido;
- Propor medidas para a recuperação das áreas degradadas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Limites legais do semiárido

O governo federal criou, por meio da Lei nº 175, de 7 de janeiro de 1936 que regula o disposto no art. 177 da Constituição, o Polígono das Secas, uma área que compreendia 672.281,98 km² e que tinha como objetivo atender às populações residentes em áreas de ocorrência comum de secas no Nordeste (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004). Essa delimitação sofreu alterações ao longo do tempo com a Lei nº 1.348, de 10 de fevereiro de 1951, que dispõe sobre a revisão dos limites da área do polígono das secas; com a Lei nº 4.239, de 27 de julho de 1963, que aprova o Plano Diretor do Desenvolvimento do Nordeste para os anos de 1963, 1964 e 1965, e dá outras providências e com a Lei nº 4.763, de 30 de agosto de 1965, que inclui, no Polígono das Secas, o município de Vitória da Conquista, no Estado da Bahia e dá outras providências. A partir de 1989, essa espacialidade passou a ser reconhecida como Região Semiárida do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste – FNE e foi delimitada legalmente por meio da Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989 que regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências. Nela, o semiárido foi classificado como:

Região inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste - Sudene com precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm (oitocentos milímetros), definida em portaria daquela Autarquia (BRASIL, 1989, p.1).

Essa definição era muito específica, deixando vários municípios com características semiáridas de fora da delimitação legal. Apenas em 2007 a Lei Complementar nº 125, que institui, na forma do art. 43 da Constituição Federal, a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - SUDENE; estabelece sua composição, natureza jurídica, objetivos, áreas de atuação, instrumentos de ação; altera a Lei nº 7.827, de 27 de setembro de 1989, e a Medida Provisória nº 2.156, de 24 de agosto de 2001; revoga a Lei Complementar nº 66, de 12 de junho de 1991; e dá outras providências, alterou o conceito de semiárido para “região natural inserida na área de atuação da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste -

SUDENE, definida em portaria daquela Autarquia”, o que proporcionou uma maior inclusão de municípios a essa região.

Em 1995, a Portaria nº 1.181 da Sudene proporcionou a primeira atualização dos municípios que faziam parte do semiárido. No entanto, em 2001 essa autarquia foi extinta e o Ministério da Integração Nacional (MI) assumiu as funções que anteriormente eram incumbidas à Sudene, tornando-se responsável por posicionar-se sobre os pleitos de inclusão dos municípios na região semiárida (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005). A Sudene, em 2007, por meio da Lei Complementar nº 125, foi recriada e retomou sua atuação nos processos de deliberação sobre os limites do semiárido.

Em virtude de fatores como o grande interesse dos municípios em estarem inseridos na zona semiárida para receberem créditos e benefícios fiscais, a insuficiência do índice pluviométrico como única base técnica para inclusão de municípios no semiárido e o fato de que a falta de chuvas não era o principal motivo da falta de água, mas sim a sua má distribuição associada a alta taxa de evapotranspiração, o MI constituiu em 2004, por meio da Portaria Interministerial nº 6, o Grupo de Trabalho Interministerial (GTI). Segundo a cartilha da nova delimitação do semiárido brasileiro organizada pelo Ministério da Integração Nacional (2005), participavam desse grupo técnicos de diversas instituições como Ministérios do Meio Ambiente, da Ciência e Tecnologia e da Integração Nacional; Agência de Desenvolvimento do Nordeste (ADENE); Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF); Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS); Agência Nacional de Águas (ANA); Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Instituto Nacional do Semiárido (INSA); Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA); e Banco do Nordeste (BNB).

O GTI, mediante seus trabalhos, desenvolveu alguns critérios para a inclusão de municípios ao semiárido, os quais podem ser encontrados na Portaria Interministerial nº 1 de 2005, que atualiza os critérios que delimitam a região semiárida do nordeste e na Resolução da Sudene nº 107, que estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência (2017c). São eles:

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros;
- Índice de aridez de até 0,5 considerando o período de 1961 e 1990;
- Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.

Levando-se em consideração a contiguidade da região, tal metodologia foi aplicada na área de atuação da antiga Sudene, integrando qualquer município que alcançasse pelo menos um dos critérios acima. Esse novo método de inclusão resultou em 1.135 municípios localizados em áreas semiáridas.

Em 2014, um novo Grupo de Trabalho foi criado (GT-2014), o qual manteve os critérios do GTI de 2005 e atualizou os dados para o período de 1981-2010. Como resultado, houve uma expansão nos limites e inserção de mais 54 municípios, totalizando 1.189.

Na XXIª Reunião do Conselho Deliberativo (CONDEL) da Sudene realizada em 2017, o GT-2014 apresentou o seu relatório e foi aprovado. Este, permitiu que os Estados recorressem aos limites definidos. Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba e Rio Grande do Norte tiveram suas solicitações de inclusão de mais municípios acatadas e o CONDEL ainda incluiu mais 24 municípios após revisão do novo relatório.

A última alteração realizada nos limites legais do semiárido foi da Resolução nº 115 da Sudene (2017d), que aprova a proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, de 27 de julho de 2017. Esta define que 1.262 municípios fazem parte dessa região (Figura 1). O quadro 1 apresenta a distribuição desses municípios e possibilita a compreensão da porção ocupada pelo semiárido em cada estado.

Figura 1 - Nova delimitação do semiárido de acordo com a Resolução nº 115 da Sudene, de 23 de novembro de 2017



Fonte: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (2017a).

Quadro 1 - Distribuição de municípios do semiárido por estado

Estados	Municípios no semiárido	Total de municípios por estado	Porcentagem de municípios no semiárido por estado
Alagoas	38	102	37,2%
Bahia	278	417	66,7%
Ceará	175	184	95,1%
Maranhão	2	217	0,9%
Minas Gerais	91	853	10,7%
Paraíba	194	223	87%
Pernambuco	123	185	66,5%
Piauí	185	224	82,6%
Rio Grande do Norte	147	167	88%
Sergipe	29	75	38,7%
Total	1262	2647	47,7%

Fonte: Adaptado da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (2017b) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017).

3.2 O semiárido natural

O semiárido brasileiro ocupa uma área de quase 1.000.000 km², sendo a Região Nordeste detentora de aproximadamente 89,5% do espaço total (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010). Em consequência de sua grande extensão, apresenta características ambientais variadas que configuram a formação de paisagens diversas ao longo do seu território. De acordo com Perez-Marin e Santos (2013), as áreas naturais que o compõem possuem topografias, solos, precipitações pluviométricas e pluriatividades distintas, afastando a ideia de que esse é um ambiente homogêneo, monótono e com pouca riqueza biológica.

Araújo (2011) afirma que uma região natural pode ser delimitada pela integração das condições naturais que permitem a sua distinção em relação ao espaço terrestre ao seu redor. A região semiárida, legalmente, é definida levando-se em consideração apenas variáveis relacionadas ao clima, o que vai de encontro com

a teoria acima de que é necessário uma interação de fatores ambientais (climatologia, hidrologia, geologia, geomorfologia, pedologia, cobertura vegetal) característicos que tornam o ambiente diferenciado do seu entorno, permitindo, assim, lidar uma determinada região. Notadamente, o clima tem maior destaque porque influencia diretamente os outros elementos, como ao modelar o relevo, ao permitir o desenvolvimento de certos tipos de vegetação ou ao intervir nas condições do solo, mas não deve ser o único a ser analisado para estabelecer os limites do semiárido.

Como mencionado anteriormente, o semiárido apresenta uma diversidade ambiental notória, mas, ainda sim, é possível destacar as peculiaridades que são comuns a toda região. Esse aspecto é o que permite constatar a delimitação natural da região, a qual tem significativa importância para o estabelecimento de ações integradas de órgãos que atuam nesse espaço como a Sudene.

3.2.1 Principais características físicas do semiárido

Os climas predominantes na maior parte do semiárido são o tropical com chuvas no inverno e o semi-árido quente (As e BSh de Köppen, respectivamente). Todavia, as variações das condições ambientais e atmosféricas possibilitam o estabelecimento de outros, como o tropical com chuvas de Verão-outono (Aw' de Köppen) e o mesotérmico com chuvas de Inverno-outono (Cs' de Köppen) (ARAÚJO, 2011).

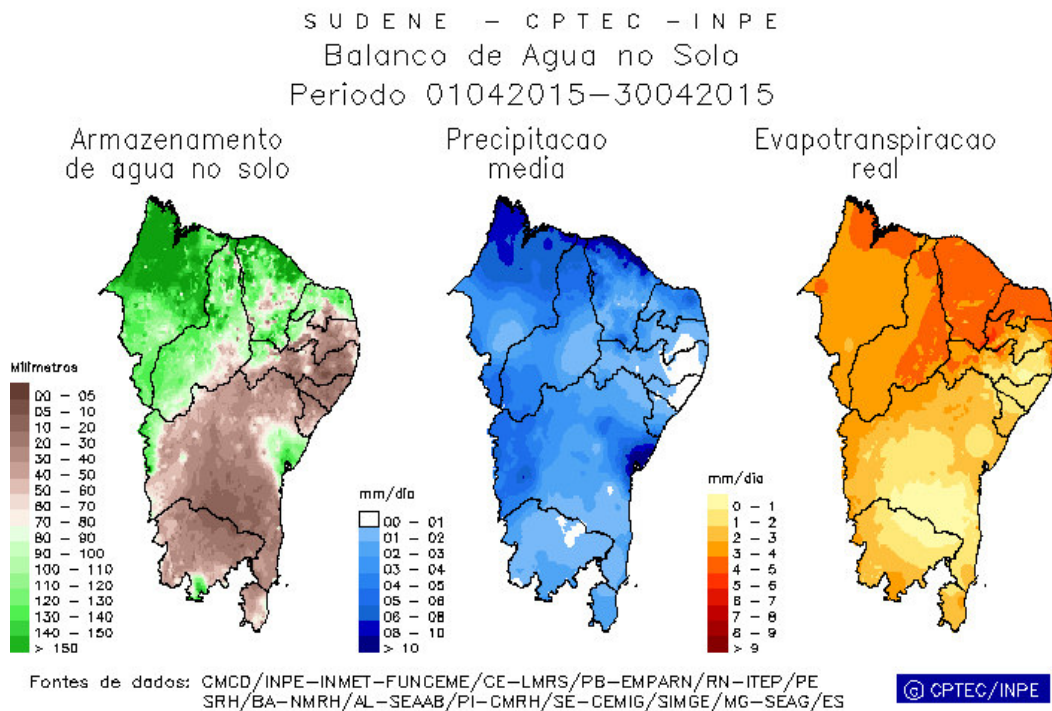
Localizado próximo à Linha do Equador (entre 5º e 10º S), recebe alta incidência solar com média de 2.800 h.ano⁻¹. Esse fator contribui para que as temperaturas médias anuais sejam em torno de 23ºC e 27ºC e a amplitude térmica seja baixa (3ºC a 5ºC). Além disso, a evaporação média é de 2.000 mm.ano⁻¹ e a umidade relativa do ar média é em torno de 50% (SILVA *et al.*, 2010).

As condições atmosféricas são influenciadas principalmente pela Massa de Ar Equatorial do Atlântico Sul (MEAS) e pela Frente Polar Atlântica (FPA), além dos fenômenos de escala global como o El Niño/La Niña, o Dipolo do Atlântico e a Oscilação 30-60 dias. Os sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN's), as Linhas de Instabilidade (LI), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's), as Ondas de Leste e as Brisas Marítimas e Terrestres também são responsáveis pelas

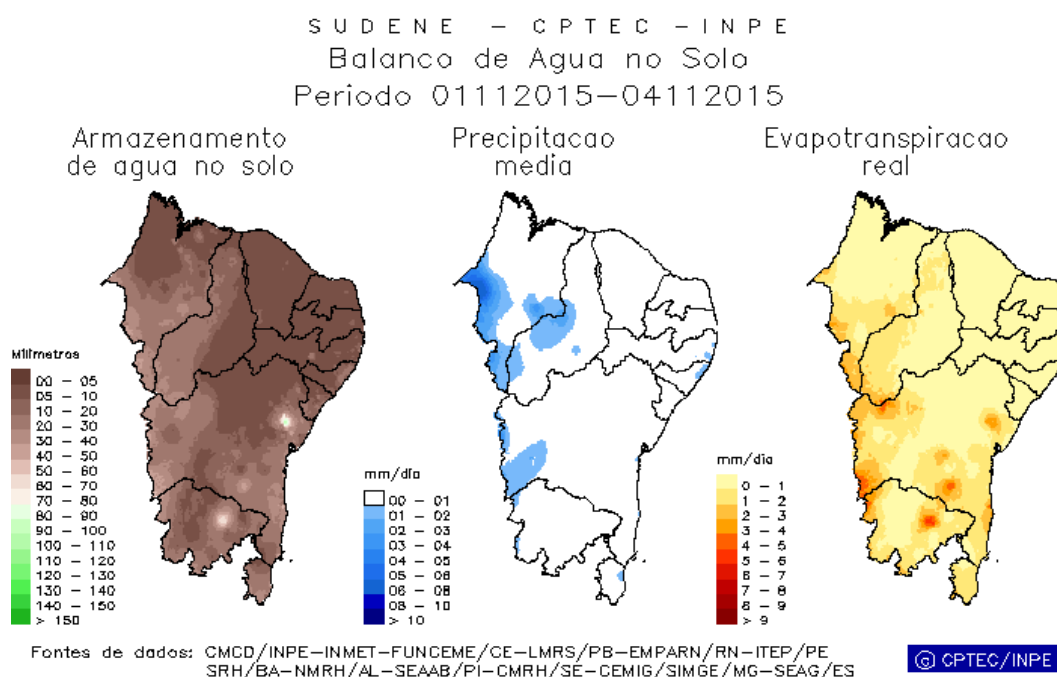
particularidades do clima no semiárido (SILVA *et al.*, 2010; ARAÚJO, 2011; OLÍMPIO, 2013).

Em relação às chuvas, estas concentram-se durante um curto período, de 3 a 4 meses, sendo escassas e irregulares no restante do ano. As médias anuais de precipitação variam de 280 mm a 800 mm, com exceção de áreas brejosas e de serras úmidas onde esse valor pode ser ultrapassado. A figura 2 ilustra a variação das condições climatológicas de acordo com o período do ano e a relação direta entre precipitação, evapotranspiração e armazenamento de água no solo.

Figura 2 - Armazenamento de água no solo, precipitação média e evapotranspiração real no mês de abril (a) e no mês de novembro (b) de 2015



(a)



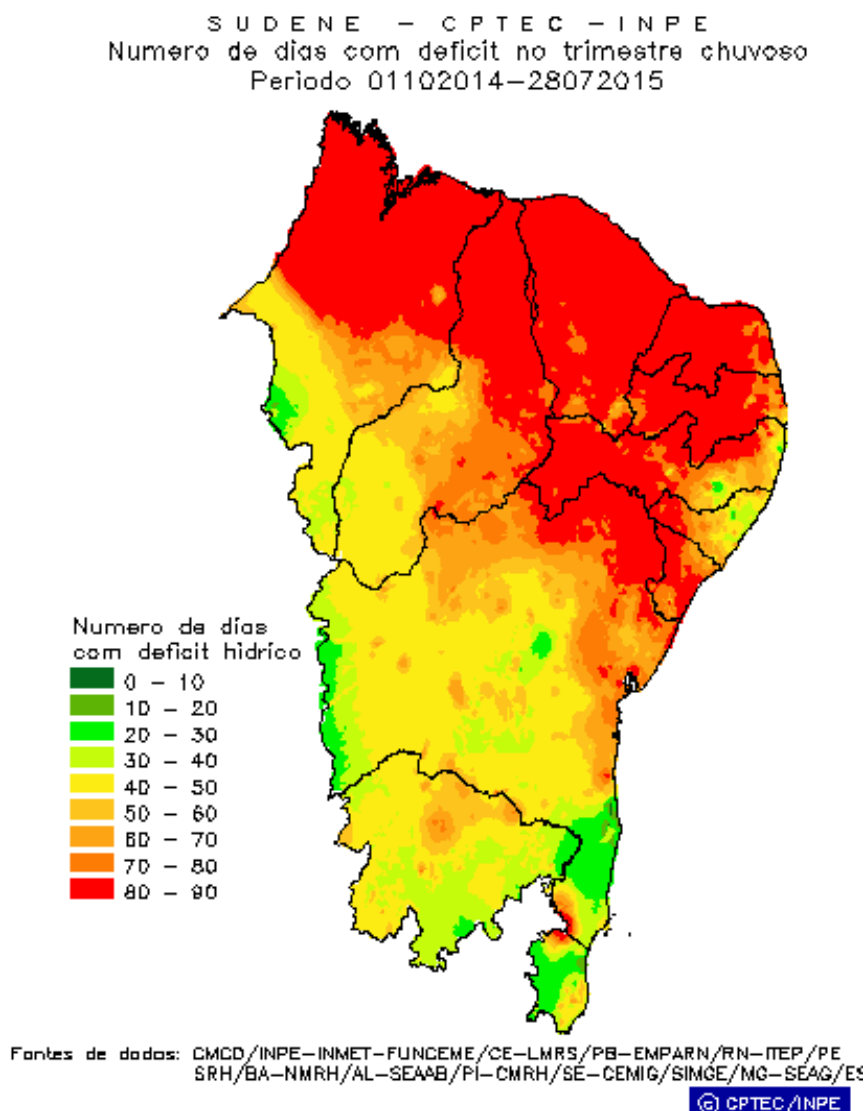
(b)

Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015).

Devido à escassez de chuvas e à alta taxa de evaporação, o balanço hídrico da região é deficitário. A frequência de ocorrência do fenômeno El Niño nos últimos anos é um dos fatores que mais contribui para a permanência dessa situação. Na figura 3 pode-se perceber que o maior número de dias com déficit hídrico concentra-se na porção centro-norte do mapa.

Os rios da região são em sua maioria intermitentes, formando-se apenas em períodos chuvosos. No que concerne às águas subterrâneas, estas apresentam-se insuficientes às demandas em virtude da conformação geológica do semiárido que dificulta o processo de drenagem. Como solução para a insuficiência hídrica, as autoridades públicas constroem açudes e perfuram poços a fim atender às necessidades locais (SILVA *et al.*, 2010).

Figura 3 - Número de dias com déficit hídrico 2014-2015



Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2015).

Inserida na Plataforma Sul-Americana, a região é composta predominantemente de rochas ígneas e metamórficas do Cráton do São Francisco e do antigo cinturão orogenético do Atlântico, de acordo com os domínios morfoestruturais de Ross (2009). Esse embasamento cristalino favorece as condições secas do semiárido, pois os solos rasos que o recobre permite que haja baixas taxas de infiltração e ocorra o escoamento superficial. Há, ainda, em menor proporção, a ocorrência de rochas sedimentares pertencentes à bacia sedimentar do Parnaíba, mas que não apresentam fontes abundantes de água que possibilitem a formação de rios perenes (ARAÚJO, 2011). Completando a geologia da região, têm-se os depósitos sedimentares do Cenozoico (período Terciário) no litoral nordestino.

Baseando-se nas unidades geomorfológicas propostas por Ross (2009), o semiárido abrange relevos variados como os planaltos e chapadas da bacia do Parnaíba, planaltos e serras do Atlântico-leste-sudeste, planalto da Borborema, depressão sertaneja e do São Francisco e tabuleiros costeiros. As altitudes apresentam-se baixas nos tabuleiros, entre 20 e 50 m, mas podem chegar até 800 m ou mais nos planaltos, serras e chapadas. Em virtude da depressão sertaneja ocupar a maior parte do semiárido, as formas de relevo mais identificadas são as superfícies aplainadas, os vales rasos e os morros residuais isolados.

Em consequência da existência de uma grande diversidade de litologias e de material originário, relevo e regime de umidade do solo, a região semiárida exibe várias classes de solos, as quais apresentam diferentes feições morfológicas e posições na paisagem (JACOMINE, 1996 *apud* CUNHA *et al.*, 2010). Os solos verificados são em sua maioria Latossolos (19%), Neossolos Litólicos (19%), Argissolos (15%) e Luvisolos (13%) (SALCEDO; SAMPAIO, 2008 *apud* CUNHA *et al.*, 2010). Os Latossolos caracterizam-se por serem profundos, bem drenados e porosos, mas pouco férteis. Já os Neossolos, são solos jovens, rasos e arenosos, onde há infiltração. Contudo, a água costuma ascender por capilaridade ou concentrar-se em profundidade. Os Argissolos apresentam um horizonte B textural, argiloso que tende a impermeabilizar o solo e dificultar a absorção de água. Os Luvisolos, por sua vez, são rasos ou pouco profundos, exibem em sua superfície revestimentos pedregosos e apresentam suscetibilidade alta aos processos erosivos (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006; CUNHA *et al.*, 2010; ARAÚJO, 2011).

A vegetação característica do semiárido está associada ao Domínio Fitogeográfico da Caatinga (figuras 4 e 5). Exibe fisionomia variada, adaptações às condições de aridez e um número considerável de espécies endêmicas, o que lhe atribui alto valor biológico. Segundo Araújo *et al.* (2004), a interação entre vegetação e solo, permite a divisão da região nas seguintes zonas: domínio da vegetação hiperxerófila (34,3%), domínio da vegetação hipoxerófila (43,2%), ilhas úmidas (9,0%) e agreste e área de transição (13,4%). De acordo com Araújo (2011), essa vegetação foi e ainda continua sendo acometida por processos de degradação, originados pelo uso de lenha, queimadas e desmatamentos com fins agropecuários.

Figura 4 - Domínio Fitogeográfico da Caatinga na Depressão Sertaneja de Alto Santo - Ceará (outubro de 2018)



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Figura 5 - Domínio Fitogeográfico da Caatinga na Depressão Sertaneja de Alto Santo - Ceará (outubro de 2018)



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

3.3 Análise ambiental integrada

O meio ambiente é formado por diversos elementos como rochas, relevos, solos, clima, vegetação e fauna. Contudo, este também é composto pelos seres humanos, conhecidos por serem hoje os principais responsáveis pelas alterações observadas na natureza por meio dos usos dados à terra.

Até aproximadamente a metade do século XX, o estudo das componentes ambientais era setorizado e o fator humano como agente modificador da paisagem era excluído das análises, o que impossibilitava a compreensão exata dos processos de constante transformação do meio. A partir da década de 60, com o início da utilização da abordagem sistêmica por pesquisadores da Geografia Física da antiga União Soviética e da França, o meio ambiente passou a ser compreendido como um espaço onde suas características apresentam certa correlação e dependência, ou seja, passaram a ser vistos pelo viés dinâmico e integrado.

A respeito da temática Ross (2009, p. 53 e 54) pontua que

As relações de troca energética, absolutamente interdependentes, não permite, por exemplo, o entendimento da dinâmica e da gênese dos solos sem que se conheça o clima, o relevo, a litologia e seus respectivos arranjos estruturais, ou a análise da fauna, sem associá-la à flora – e esta lhe proporciona suporte –, que, por sua vez, não pode ser entendida sem o conhecimento do clima, da dinâmica das águas, dos tipos de solo, e assim sucessivamente.

Dessa forma, entende-se como análise ambiental integrada, o estudo das relações mútuas entre as variáveis ambientais, sendo a influência de cada elemento de composição sobre os demais o foco desse tipo de análise.

Apesar da disseminação da observação integrada do ambiente, o conhecimento setorizado de cada ramo das Ciências Ambientais (geologia, geomorfologia, pedologia, climatologia, hidrologia, fitossociologia e uso da terra, por exemplo) pode servir como subsídio aos estudos integrados, cabendo ao pesquisador analisar a interação dessas variáveis para entender a real situação de seu objeto de pesquisa. A investigação das interações naturais e antrópicas, a partir da análise ambiental integrada, é fundamental para conseguir verificar a dinâmica existente em uma determinada espacialidade. O entendimento das relações entre os constituintes do meio ambiente permite que este seja organizado e planejado, a fim de garantir a redução de problemas como a degradação ambiental e possibilitar a preservação e conservação do mesmo.

No Brasil, este tipo de análise tem sido empregada nos últimos anos em Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e nos seus respectivos Relatórios de Impactos Ambientais (RIMA), os quais são exigidos pela Lei nº 6.938 (Política Nacional do Meio Ambiente), de 31 de agosto de 1981, para fins de licenciamento ambiental de grandes empreendimentos. Destaca-se também a aplicação dessa metodologia nos zoneamentos ambientais como o da Amazônia Legal; os dos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro; os da Zona Costeira nos estados do Ceará, Paraíba, Bahia e Santa Catarina; o do Castanhão (Ceará); os das Áreas Susceptíveis à Desertificação do Estado do Ceará (Núcleo I – Irauçuba/Centro-Norte e Núcleo II – Sertão dos Inhamuns), dentre outros.

A avaliação ambiental por meio da integração de seus componentes se faz imprescindível nos planejamentos ambientais, principalmente em áreas com grandes potenciais exploratórios, em área de expansão urbana e em áreas vulneráveis a processos de degradação, devendo continuar sendo utilizada na elaboração de futuros zoneamentos e estudos de impactos.

3.3.1 Abordagem sistêmica no estudo do meio ambiente

A origem da metodologia de abordagem sistêmica se deu com a Teoria Geral dos Sistemas, a qual foi apresentada pela primeira vez pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy em 1968. A partir de então, o meio passou a ser estudado de tal forma que seus atributos fossem interdependentes, ou seja, que todos os elementos fossem responsáveis pela composição do todo .

Essa teoria apresenta aplicabilidade em vários campos científicos como Geografia, Biologia, Ciências Ambientais, Ciências Sociais e Física. De acordo com Magalhães, Silva e Zanella (2010), no ramo da Geografia Física a concepção sistêmica é frequentemente utilizada e responsável por possibilitar uma visão holística do meio natural, evidenciando a relação homem-meio. Foi exatamente nesse âmbito geográfico que na década de 60 o estudo dos geossistemas por pesquisadores tanto da corrente russo-soviética quanto da francesa ganhou destaque, tornando-se a posteriori mundialmente conhecido e utilizado em pesquisas de cunho ambiental.

Pertencente à escola russo-soviética, Sotchava (1977) pregava que os geossistemas eram sistemas dinâmicos abertos, hierarquicamente organizados e naturais, apesar de sofrerem influência de fatores socioeconômicos e tecnogênicos.

O fato de serem abertos permite que diversos fatores atuem na constituição do meio, promovendo uma dinâmica. Esta, pode ser observada na constatação das mudanças de estado experienciadas pelas estruturas primitivas. Segundo este autor (op. cit), os geossistemas poderiam ser desmembrados em unidades territoriais homogêneas (geômeros) e em espaços territoriais heterogêneos (geócoros), os quais obedeciam a uma hierarquização em níveis taxonômicos: planetário, regional e topológico).

Ressalta-se que o método sistêmico era adotado por Sotchava no âmbito do planejamento territorial, uma vez que naquele período a antiga União Soviética promovia o reconhecimento e valorização de suas terras virgens. Para alcançar êxito em seu objetivo, ele fazia uso da análise das conexões entre os componentes da natureza, levando em consideração a dinâmica e a estrutura funcional da paisagem.

Bertrand e Tricart, representantes de destaque da escola francesa, foram os grandes responsáveis pela disseminação e renovação da geografia física bem como da introdução do conceito de geossistemas no Brasil. Em 1968, Bertrand publicou um trabalho intitulado *Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique*, o qual foi posteriormente traduzido para o português pela professora Olga Cruz do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo. Nele, o método geossistêmico foi adotado para o estudo da paisagem, a qual era resultante da combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos que reagem dialeticamente (ROSS, 2009).

Na visão de Bertrand (1972), as paisagens devem ser classificadas em níveis taxonômicos que levam em consideração o tempo e o espaço, de acordo com a escala de tratamento das informações. Dessa forma, segmentou seis níveis, os quais estão agrupados em unidades superiores: zona, domínio e região natural e em unidades inferiores: geossistema, geofácies e geótopo (Figura 6).

Segundo o francês (op. cit.), os geossistemas podem ser entendidos como o resultado da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos (potencial ecológico), de fatores vegetacionais, pedológicos e faunísticos (exploração biológica) e da ação antrópica. Considera, ainda, que para ser caracterizado como tal, deve ser possível observar uma paisagem nítida e bem circunscrita, identificável em fotografias aéreas.

Figura 6 - Níveis taxonômicos propostos por Bertrand

UNIDADES DA PAISAGEM	ESCALA TEMPORO-ESPACIAL (A. CAILEUX J. TRICART)	EXEMPLO TOMADO NUMA MESMA SÉRIE DE PAISAGEM	UNIDADES ELEMENTARES				
			RELEVO (1)	CLIMA (2)	BOTÂNICA	BIOGEOGRAFIA	UNIDADE TRABALHADA PELO HOMEM (3)
ZONA	G I grandeza G. I	Temperada		Zonal		Bioma	Zona
DOMÍNIO	G. II	Cantábrico	Domínio estrutural	Regional			Domínio Região
REGIÃO NATURAL	G. III-IV	Picos da Europa	Região estrutural		Andar Série		Quarteirão rural ou urbano
GEOSSISTEMA	G. IV-V	Atlântico Montanhês (calcário sombreado com faia higrófila a <i>Asperula odorata</i> em "terra fusca")	Unidade estrutural	local		Zona equipotencial	
GEOFÁCIES	G. VI	Prado de ceifa com <i>Molinio-Arrhenatheretea</i> em solo lixiviado hidromórfico formado em depósito morânico			Estádio Agrupamento		Exploração ou quarteirão parcelado (pequena ilha ou cidade)
GEÓTOPO	G. VII	"Lapiés" de dissolução com <i>Aspidium lonchitis</i> em microsolo úmido carbonatado em bolsas		Microclima		Biótopo Biocenose	Parcela (casa em cidade)

Fonte: Bertrand (1972).

Já o geomorfólogo Tricart, baseou-se na metodologia sistêmica para delimitar o conceito de unidades ecodinâmicas. Estas, eram caracterizadas "por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos imperativas sobre as biocenoses" (TRICART, 1977, p.32). Salienta também a importância da integração do conceito de ecossistema a essas unidades.

Para o pesquisador (op. cit.), era necessário que tanto a natureza quanto a sociedade fossem estudadas a partir de uma abordagem integrada com ênfase na interação dos componentes da dinâmica e dos fluxos de energia e matéria no meio ambiente. A partir de sua abordagem ecodinâmica, relacionou a pedogênese com a morfogênese, a fim de identificar o grau de estabilidade do ambiente. Souza (2000) baseou-se nos critérios determinados por Tricart (1977) e adaptou-os às condições do Ceará, sendo a classificação adotada segmentada em:

- Ambientes estáveis: predomínio da pedogênese, pouca alteração antrópica na vegetação ou regeneração da cobertura secundária e equilíbrio entre potencial ecológico e exploração biológica.

- Ambientes de transição: meio onde tanto os processos morfogenéticos quanto pedogenéticos podem prevalecer.
- Ambientes fortemente instáveis: morfogênese como processo preponderante, presença de erosão, deterioração do ambiente e da capacidade produtiva e possíveis rupturas do equilíbrio ecodinâmico.

Esses autores contribuíram para a disseminação da abordagem sistêmica nos estudos ambientais brasileiros. Tal metodologia é atualmente empregada em projetos de planejamento territorial, uma vez que essa compartimentação do espaço em setores que apresentam condições ambientais, sociais e econômicas semelhantes possibilita uma melhor adequação dos usos da terra.

No Brasil, apesar da maioria dos estudos sistêmicos realizados na década de 80 e 90 apresentarem um caráter mais teórico, autores como Troppmair (1983a, 1983b, 1983c), Schneider (1983), Ab'Saber (1984), Canali (1989) e Veado e Troppmair (2001) fizeram publicações onde a teoria dos geossistemas propostas pelas correntes russo-soviética e francesa foram aplicadas em projetos de organização do espaço (TROPMAIR; GALINA, 2007).

Destaca-se por ser um dos primeiros que fugiu do enfoque teórico e pôs em prática a abordagem dos geossistemas, o professor doutor Carlos Monteiro (1982, 2000) que utilizou, em seus estudos realizados no estado de São Paulo e na Bahia, a proposta de Sotchava como referencial teórico, adaptando-a às condições do território brasileiro e ao próprio conhecimento territorial disponível (RODRIGUES, 2001).

Em âmbito regional, Souza (1988, 1994, 2000, *et al.* 2005) desenvolveu diversas pesquisas a partir dessa teoria dos geossistemas, a saber enfatiza-se como um dos principais a Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará. Ele introduziu uma renomeação dos termos previamente adotados por Bertrand (1972). O que anteriormente era denominado de geossistemas passa a ser conhecido por sistemas ambientais, enquanto os geofácies são identificados por subsistemas ambientais. Essa mudança sugerida por Souza, dá-se em consequência de os novos termos inserirem de forma mais clara a interação física, ecológica e social. As ações antrópicas ganham um destaque, pois não são apenas condicionadas pelo estado físico do ambiente, como também responsáveis por diversas alterações socioambientais que, por vezes, geram consequências danosas ao meio ambiente como a degradação ambiental.

A análise integrada tem sido frequentemente utilizada em estudos da área ambiental, uma vez que esta permite a observação do todo bem como das relações entre as variáveis em estudo. Dessa forma, em se tratando de sistemas ambientais, este tipo de análise possibilita uma identificação de forma mais clara e eficiente, sendo assim ideal para tal finalidade.

Os sistemas ambientais são constituídos por condicionantes que apresentam certo grau de homogeneidade, ou seja, onde a relação entre os componentes da natureza e o uso da terra obedecem a um determinado padrão de similaridade. De acordo com a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (2015), os sistemas são delimitados a partir das interações entre os componentes geoambientais, sendo sua denominação estabelecida segundo os topônimos geográficos regionais.

As interações são os pressupostos da análise integrada, por isso é preciso entender como uma determinada litologia se associa a um dado relevo e a um clima particular, além claro do diálogo com os outros fatores de composição do meio ambiente para poder delimitar as divisões espaciais em sistemas ambientais.

Souza (2000), por exemplo, fez uso da análise integrada para o estudo das unidades geoambientais do estado do Ceará. Conforme o autor (op. cit.), a identificação das unidades naturais homogêneas foi realizada por meio do agrupamento de áreas que apresentaram condições específicas quanto às relações mútuas entre os fatores do potencial ecológico e os da exploração biológica.

Depreende-se, desse modo, que ao analisar uma determinada espacialidade de maneira integrada é possível compreender de que forma aqueles elementos contribuem no processo de estabelecimento das condições de vulnerabilidade do espaço e na definição das limitações de uso e potencialidades da área. Esse conhecimento, é de relevante interesse para a determinação de sistemas ambientais assim como também para assimilar quais os impactos que estão presentes, quais os níveis de estabilidade e degradação do meio e quais os cenários tendenciais daquela espacialidade.

3.4 Degradação ambiental

A legislação brasileira por meio da Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente, artigo 3, inciso II, define a degradação ambiental como a alteração adversa das características do meio

ambiente. Tal conceito, por ser muito abrangente, possibilita diversas interpretações por parte dos cientistas e da mídia, o que, por vezes, pode gerar algumas imprecisões e equívocos ao tratarem dessa temática.

A degradação ambiental tem sido analisada por estudiosos sob o ponto de vista de sua especialização (CUNHA; GUERRA, 2010). Dessa forma, esse termo pode ser desmembrado em degradação de solos, degradação do relevo, degradação da qualidade da água, degradação da qualidade do ar, degradação da fauna e degradação da flora para uma aplicação mais particular como no caso deste trabalho onde o enfoque se deu em torno da degradação de terras.

Outrossim, vale salientar que alguns autores ao conceituarem o termo abordam de forma distinta sua origem destacando somente o aspecto físico ou o aspecto social, mas a maioria concorda que a degradação é fruto de ambos os processos.

Em relação a degradação natural, Bigarella (2003) relata que corresponde ao desgaste das superfícies como consequência de processos erosivos. Sendo assim, a degradação ambiental ocorre, neste caso, devido a fatores independentes da ação antrópica sobre o meio.

Guerra (2007), por sua vez, pontua que algumas das causas da degradação estão relacionadas à intervenção do homem na natureza, ocasionando alterações nas propriedades dos solos, quer seja por meio da agricultura ou industrialização. Neste caso, observa-se que o autor além de apontar a origem da degradação a fatores de uso e ocupação humana também especifica o solo como recurso ambiental de estudo.

Araújo, Almeida e Guerra (2010) declaram que a degradação pode ser natural (ressecamento do clima atmosférico, processos naturais de erosão, invasão de plantas e animais nocivos) ou por meio de ações antrópicas (diretamente sobre o terreno ou indiretamente em razão das mudanças climáticas induzidas pelo homem). De acordo com a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação (UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION, 2015, p.4), a degradação ambiental “é geralmente causada por atividades humanas exacerbadas ou por processos naturais, e muitas vezes ampliadas e estritamente interligadas com as alterações climáticas e a perda de biodiversidade”. Já Queiroz (2007), insere, além do fator natural e social, o fator econômico para explicar a degradação.

Contudo, os autores costumam adotar apenas os agentes ambientais e sociais, estando a economia inserida na parte social.

Esse problema ambiental passou a ganhar destaque devido a sua expansão e as suas graves consequências, principalmente nos países em desenvolvimento. Um exemplo foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – realizada no Rio de Janeiro em 1992 –, onde foi criada a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação nos Países Afetados por Seca Grave e/ou Desertificação.

Em ocasião da Rio-92, o PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) financiou em 1990 um projeto chamado GLASOD (Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation) que tinha como intuito aumentar a conscientização sobre os problemas ocasionados pela degradação. Este estudo demonstrou que globalmente 15% das áreas analisadas encontravam-se degradadas. Na América do Sul, aproximadamente 14% da área total do continente encontra-se afetada pela degradação de fonte antrópica (OLDEMAN; HAKKELING; SOMBROEK, 1991).

No entanto, já se passaram 28 anos e nenhuma atualização de dados em escala mundial foi realizada e, dessa forma, não se sabe o quantitativo de terras que já foram inviabilizadas por esse processo de degradação. A identificação em nível global é um estudo que demanda diversos profissionais e um financiamento amplo, por esse motivo apenas alguns países realizaram pesquisas locais para verificar se houve um aumento das áreas degradadas.

3.4.1 Degradação X desertificação

A desertificação foi definida na Conferência sobre Desertificação das Nações Unidas, realizada em Nairóbi no ano de 1977 como redução ou destruição do potencial biológico da terra, podendo resultar no aparecimento de condições desérticas (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1978). Todavia, alguns pesquisadores e instituições científicas não concordaram com essa definição. Então, em 1992 a UNCOD (United Nations Conference on Desertification) atualizou o significado e esta passou a configurar-se como a degradação de terras em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 1992). Apesar dessa nova descrição ainda ser bem genérica, ela

delimita os ambientes onde esse processo ocorre e aponta as ações antrópicas como principais causadoras da desertificação.

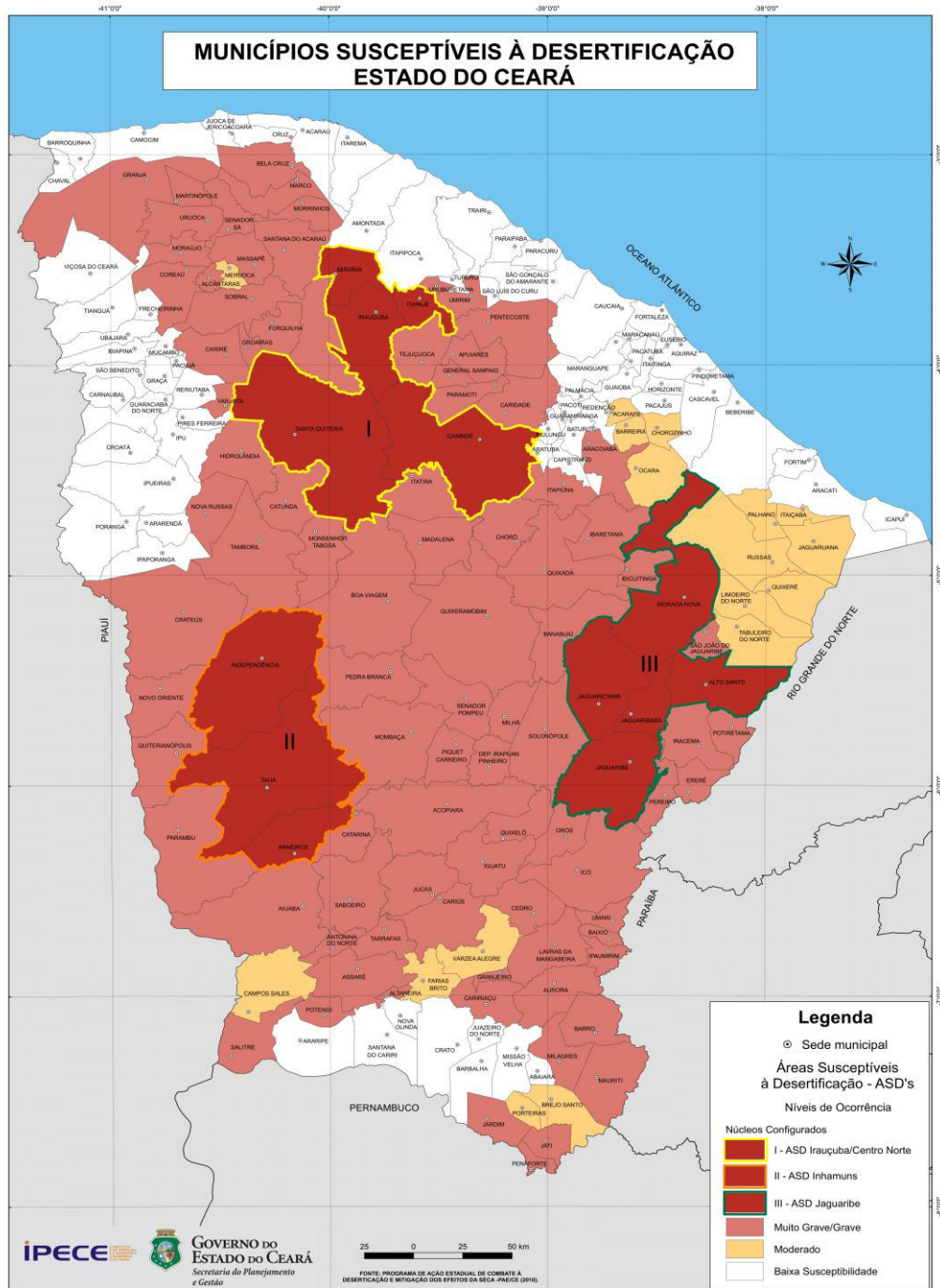
A similaridade na conceituação das palavras degradação e desertificação torna necessário o desenvolvimento de uma discussão acerca do assunto, pois, apesar de serem bastante utilizadas como sinônimo, a desertificação seria melhor caracterizada como consequência ou estágio final da degradação. Como exemplo, tem-se a definição dada por Sá *et al.* (2010), onde a desertificação é entendida como uma degradação intensa, a qual se aplica à terra, à cobertura vegetal e à biodiversidade, evidenciando a perda da capacidade produtiva.

Almeida e Souza (2013) estabeleceram uma relação entre os dois termos, no qual a desertificação seria uma degradação com características específicas de climas secos, ou seja, é o processo ou estado de degradação dos ambientes sob condições climáticas áridas, semiáridas e subúmidas secas, sem necessariamente, passar pelo processo de transformação em deserto. Nesse caso, para os autores o que difere os dois conceitos é apenas o clima do local onde ocorre a degradação.

Em conjunto esses dois impactos ambientais atingem 33% da superfície da terra, o que afeta cerca de 2,6 bilhões de pessoas ou 42% da população total (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004). Dessa forma, observa-se a importância do estudo desses processos, a fim de evitá-los ou mitigá-los.

No Brasil, foi desenvolvido em 2004 o Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), cujo objetivo era servir como “um instrumento norteador do processo de transformação da realidade das áreas susceptíveis à desertificação, no âmbito das políticas de desenvolvimento sustentável” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004, p.1). Alguns anos depois foram desenvolvidos os programas estaduais como estratégia de implementação do PAN-Brasil a nível estadual. Destaca-se para esse estudo o Programa de Ação Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAE-CE) que delimitou as áreas mais suscetíveis à desertificação (ASD's) (figura 7), as quais são bastante notáveis nos três núcleos de desertificação: Núcleo 1 - Sertões de Irauçuba e Centro Norte (abrangendo os municípios de Canindé, Irauçuba, Itapajé, Miraíma e Santa Quitéria); Núcleo 2 - Sertão dos Inhamuns (abrangendo os municípios de Arneiroz, Independência e Tauá); e Núcleo 3 - Sertões do Médio Jaguaribe (abrangendo os município de Alto Santo, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe e Morada Nova)

Figura 7 - Áreas Suscetíveis à Desertificação - ASD's no Ceará



Fonte: Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (2010).

A exposição da diferenciação entre degradação e desertificação objetivou enfatizar que ao longo deste trabalho estes termos foram adotados como distintos e, dessa forma, a pesquisa concentrou-se em torno da verificação dos níveis de degradação de terras em Alto Santo-CE, já que esse município é considerado suscetível à desertificação, ou seja, ainda se encontra no estágio de degradação.

3.4.2 Degradação de terras no semiárido

Devido às condições ambientais, principalmente às climáticas, o semiárido é uma região suscetível a processos naturais de degradação. Infelizmente, essa é também impulsionada por fatores antrópicos, o que acarreta várias consequências adversas para o ambiente e para a população local.

Em virtude dos danos ocasionados por esse processo, surgiu uma maior preocupação da sociedade e do governo a respeito dessa temática. Almeida e Souza (2013) pontuam que em meio às preocupações ambientais, a luta contra a degradação tornou-se uma das principais bandeiras junto ao combate à pobreza e à fome. Tais aspectos socioambientais encontram-se bastante presentes e interligados na região semiárida. Por exemplo, se uma população em condições de pobreza necessita sobre-explorar uma área para gerar fontes de renda e alimentos para subsistência, em pouco anos, devido à pressão gerada pelo uso inadequado, esta área se tornará degradada e inviável, aumentando ainda mais as condições de pobreza e fome. Esse ciclo vicioso é frequentemente observado no Nordeste brasileiro.

A respeito disso, Silva et al. (2010) afirmam que as atividades econômicas do semiárido brasileiro têm heranças da arcaica estrutura agrária regional, onde problemas como a concentração e desigualdade na distribuição de terras são deveras recorrentes. Os autores também explicam que em consequência disso ainda há o predomínio dos sistemas agrícolas diversificados de base familiar, explorados com baixa eficiência de produção, responsáveis por uma crescente degradação dos recursos naturais. Observa-se, assim, que uma das principais razões para a ocorrência do processo de degradação no semiárido é a estrutura fundiária do país. Nela, a posse de extensas áreas concentra-se nas mãos de poucos latifundiários, enquanto a maioria dos trabalhadores rurais possuem pequenas porções de terra para desenvolver suas atividades agropecuárias.

Relacionar o crescimento populacional, bem como a concentração demográfica ao aumento da pressão sobre o meio ambiente e a possíveis áreas degradadas faz parte do senso comum. Cunha e Guerra (2010) consideram que esses fatores, apesar de serem taxados como responsáveis pelo desencadeamento da degradação, não são os únicos e nem os principais. Eles inclusive exemplificam que condições naturais como chuvas concentradas, encostas desprotegidas de

vegetação, contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas e pedológicas e encostas íngremes associadas ao manejo inadequado do espaço podem acelerar a degradação da terra.

Diversas causas podem ser apontadas como motivadoras da degradação. Uma das mais conhecidas e citadas é a erosão, a qual é acelerada pela ação das chuvas e dos ventos, pelos desmatamentos, pela monocultura, pela mecanização, pela pecuária quando a produtividade natural da área é ultrapassada e pelo manejo agrícola inadequado. A erosão promove a perda de uma porção do solo (normalmente o horizonte A, que contém a maior parte da matéria orgânica), reduzindo a sua profundidade e tornando-o pouco fértil. Outro exemplo que é comum no semiárido é a degradação dos solos a partir da acidificação, onde a utilização excessiva de fertilizantes, a fixação biológica de nitrogênio e a deposição de ácidos oriundos da atmosfera inviabilizam o uso da terra para a agricultura. A irrigação e a adubação intensa estimulam a salinização que também é um fator degradante. Atividades industriais e de mineração, apesar de não tão comumente citadas, igualmente impactam o ambiente e uma vez que o solo está contaminado por metais pesados, estes permanecem por muito tempo no ambiente e impossibilitam muitas vezes a recuperação da área (GUERRA, 2007; ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2010; CUNHA; GUERRA, 2010).

Ao tratar sobre a degradação de terras no semiárido, há uma associação imediata às áreas secas do sertão, onde o espaço é utilizado para a agricultura e a pecuária. No entanto, o processo de urbanização também se faz presente nessa região, evidentemente que não tão acelerado quanto nas regiões mais desenvolvidas como o sudeste do país. Isto posto, a degradação em áreas urbanas é ainda um tema a ser explorado no semiárido. A necessidade de terrenos para construção de casas, prédios e ruas induz a ocupação de áreas inadequadas como as encostas. O descalçamento, o corte e a desestabilização das encostas são citadas como as principais causas de degradação antrópica em meio urbano, a qual é acentuada pela declividade das encostas, pela maior facilidade do escoamento das águas, pela descontinuidade nos afloramentos rochosos e nos solos e pelas chuvas concentradas (CUNHA; GUERRA, 2010).

Assim como as causas da degradação envolve fatores naturais e antrópicos, as suas consequências atingem tanto o meio ambiente quanto a sociedade. A primeira a sofrer os danos é a natureza, a qual enfrenta alterações

principalmente na cobertura vegetal e na qualidade dos solos. Isso tem uma implicação direta na produtividade que é reduzida e necessita de aporte de nutrientes para sua manutenção. Além disso, o avanço do processo de degradação pode culminar na desertificação da área afetada. No tocante à população, esta sofre com a perda da qualidade da terra, que passa a ser utilizada prioritariamente como pastos e, por vezes, são abandonadas temporária ou permanentemente (ARAÚJO; ALMEIDA; GUERRA, 2010). Ademais, essa perda de produtividade aumenta os índices de pobreza e fome, como citado anteriormente.

3.4.3 As secas e suas contribuições no processo de degradação

A seca é um fenômeno de caráter natural que atinge com frequência grande parte do semiárido, atrelado principalmente às variações severas do ciclo hidrológico, seja pela diminuição das taxas de precipitação, pelo aumento das taxas de evaporação ou ambos. O evento das secas é natural à região semiárida e, por isso, a vegetação e a fauna que ocupavam esse espaço até o século XVI era bastante adaptada a essa característica. No entanto, esse cenário sofreu alterações a partir da chegada dos colonizadores que modificaram a paisagem ao introduzir novas espécies para produção agrícola e ao desmatar áreas para criação de gado, aumentando assim a vulnerabilidade desse ambiente às secas (NYS; ENGLE; MAGALHÃES, 2016).

Todavia, vale salientar a diferença entre os conceitos de seca, aridez e escassez hídrica, os quais são importantes para identificar suas influências na conformação da paisagem sertaneja. A seca refere-se a uma mudança, de caráter temporário, nas condições climáticas de longo prazo. A aridez, por sua vez, corresponde a uma característica de caráter permanente dos climas secos. Já a escassez hídrica configura-se a partir do consumo de água superior à disponibilidade natural.

As áreas degradadas ou sob processo de degradação estão localizadas, em sua maior parte, em ambientes áridos, semiáridos ou subúmidos secos. Dessa forma, a degradação está associada a locais que apresentam baixos índices pluviométricos e altos índices de evapotranspiração, ou seja, que são afetados pelas secas. Observa-se que tal fenômeno é responsável pela falta de umidade para as árvores, o que ocasiona a morte de diversas espécies e, assim, o desmatamento das terras. Além disso, os ventos são responsáveis por retirar grande parte da

cobertura dos solos, os quais costumam ser rasos nessas regiões, dificultando o estabelecimento e a resiliência da vegetação nesses ambientes. Somando-se a isso, a ocupação inadequada próxima a corpos d'água devido às secas e à escassez hídrica acarretam a destruição da mata ciliar, a qual tem grande importância para a proteção dos recursos hídricos. Em virtude disso, as secas podem ser apontadas como um dos propulsores dos processos de degradação de terras e de desertificação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

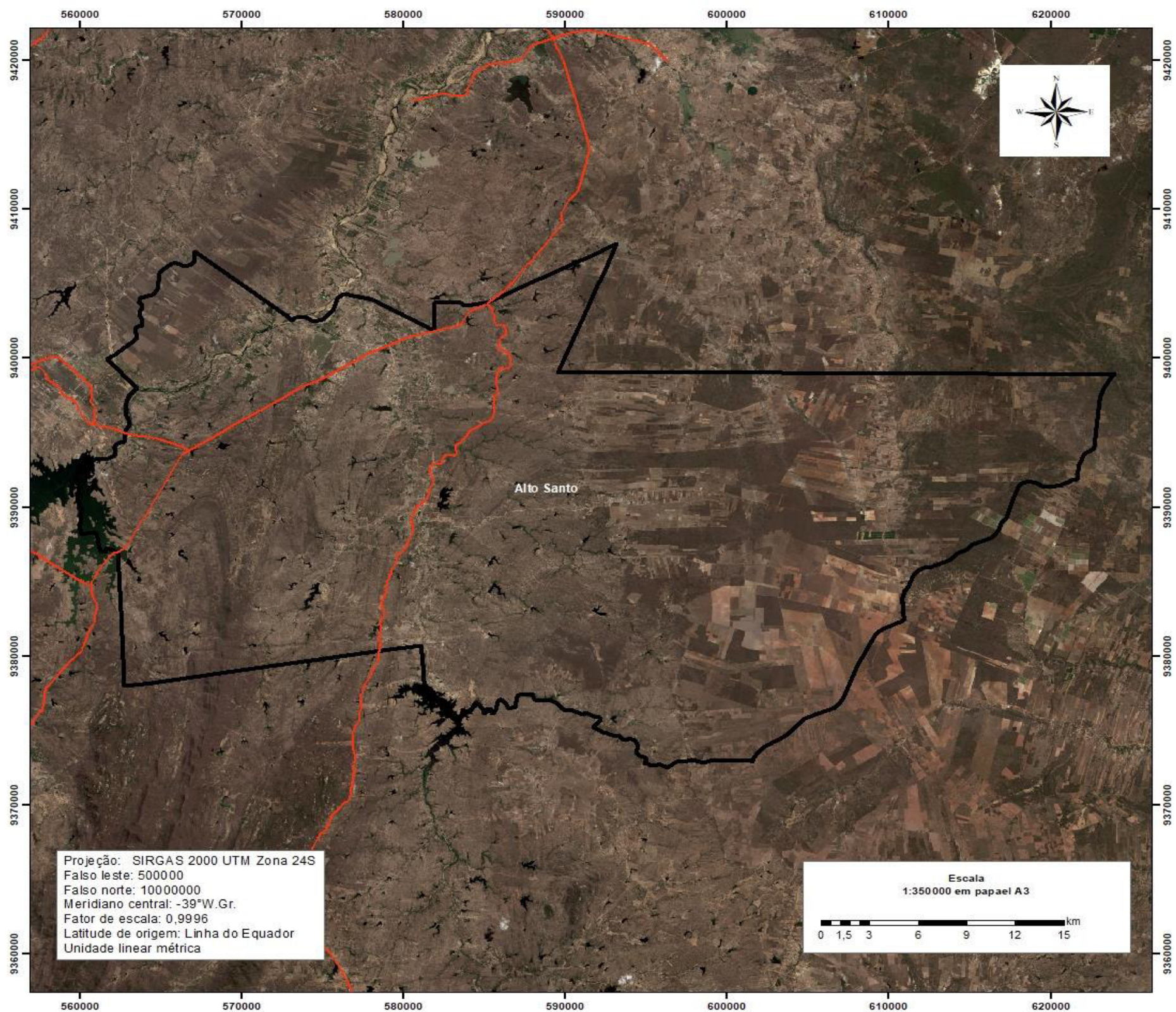
4.1 Delimitação da área de estudo

A espacialidade adotada para o estudo foi o município de Alto Santo, localizado na porção leste do estado do Ceará (Mapa 1). Situa-se a 254 km de distância da capital Fortaleza e tem como principal via de acesso a CE-138.

Incluído na mesorregião do Jaguaribe e na microrregião do Baixo Jaguaribe, limita-se com os municípios de Morada Nova, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do Norte, Jaguaribara, Iracema, Potiretama e Apodi, sendo este último pertencente ao estado do Rio Grande do Norte. Destaca-se por fazer parte das ASD's (Áreas Susceptíveis à Desertificação) do Ceará e por compor o Núcleo 3 (Sertões do Médio Jaguaribe) de desertificação do estado.

Segundo estimativas do IBGE para 2017, possui uma população de 16.976 pessoas e uma área de 1.338,205 km², a qual é subdividida em sete distritos: Alto Santo (sede), Baixo Grande, Batoque, Boa Fé, Bom Jesus, Cabrito e Castanhão.

Mapa 1 - Localização de Alto Santo



Fonte: Imagem Landsat 8 (2018), Limite municipal IPECE (2015), Rodovias IBGE (2010).

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: VANESSA MELO DOS SANTOS
 ORIENTADOR: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA

FORTALEZA
 2018

**MAPA DE LOCALIZAÇÃO
 ALTO SANTO - CE**

Legenda

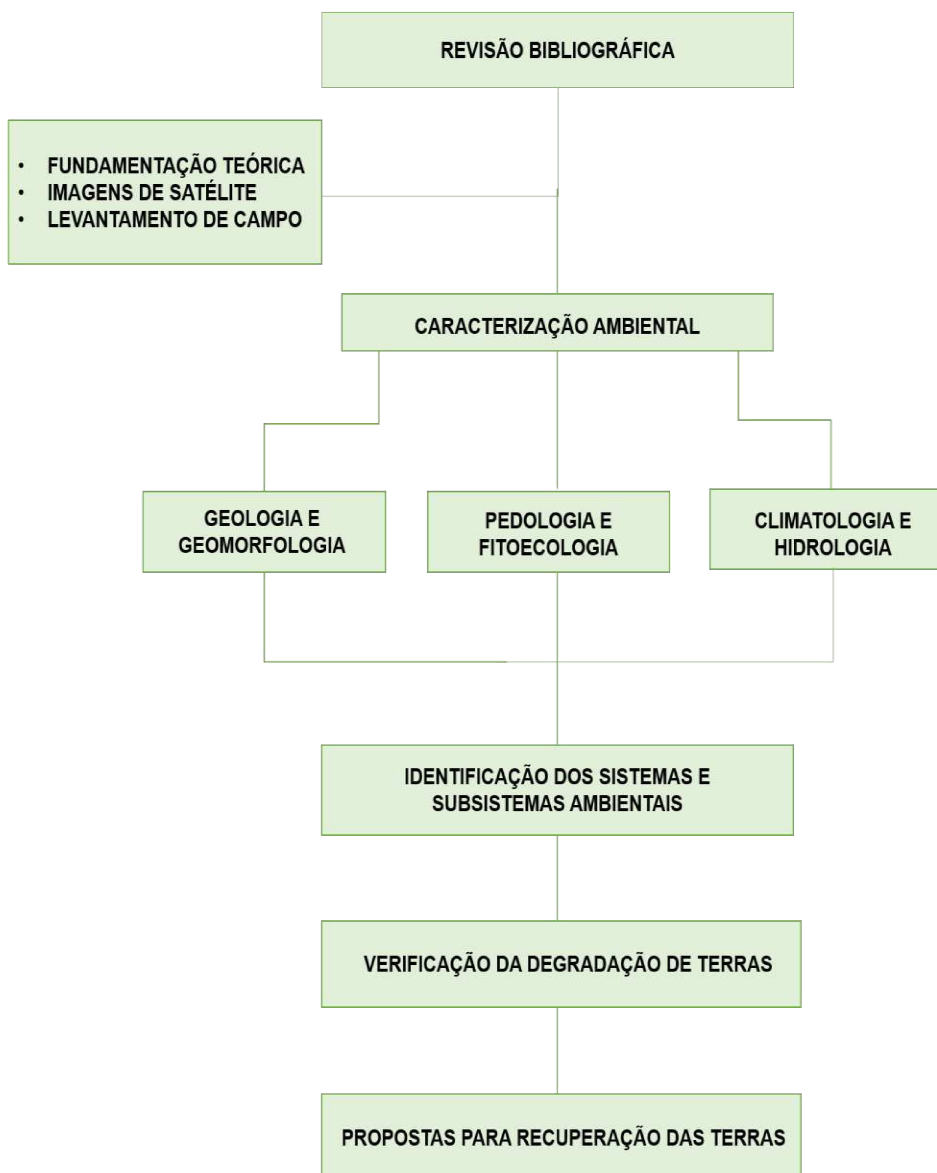
	Rodovias	RGB		Red: Banda 4
	Limite municipal		Green: Banda 3	
			Blue: Banda 2	

LOCALIZAÇÃO DO MUNICÍPIO NO ESTADO

4.2 Técnicas operacionais

As etapas e os procedimentos técnicos adotados para o cumprimento dos objetivos traçados estão esquematizados na figura 8.

Figura 8 - Metodologia aplicada na pesquisa



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

A revisão bibliográfica foi realizada a partir de consultas em livros, teses, dissertações, artigos e legislações em meio impresso e digital. As temáticas utilizadas na investigação foram: semiárido, análise integrada, abordagem sistêmica e degradação ambiental. Estas, serviram de base para a estruturação da fundamentação teórica.

No levantamento de campo foram coletadas informações a respeito das características referentes ao meio físico, com destaque para as condições do solo, da vegetação e dos usos da terra. Também foi feito o registro fotográfico, o qual teve suporte nas imagens capturadas por um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado), modelo Phantom 4 Advanced, com câmera de resolução 4K. Os voos de drone permitiram a observação das áreas de difícil acesso no entorno dos pontos selecionados, auxiliando na compreensão do espaço e das interações das componentes ambientais. Essa etapa do procedimento foi de fundamental importância para a verificação do estágio degradacional das terras do município.

Para a composição da caracterização ambiental, foram utilizados dados de projetos como o RADAMBRASIL (1981), de estudos como o do Programa de Desenvolvimento Urbano de Pólos Regionais - Vale do Jaguaribe e Vale do Acaraú (2016), da Embrapa, da Funceme e da SRH.

O mapeamento temático do município foi realizado numa escala de 1:100.000, visando contribuir posteriormente na delimitação do sistemas e subsistemas ambientais. Para isso, foram empregadas informações do satélite Landsat 8 Level 1 com imagem que combina dados dos sensores OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), apresentando resolução espacial de 15m no pancromático, 30m no multiespectral e 100m no termal e resolução radiométrica de 16 bits. A imagem escolhida para ser trabalhada é datada de 09 de agosto de 2018. Esta foi selecionada por ser uma das mais recentes e com pouca cobertura de nuvens, o que permitiu uma melhor avaliação da área. Ela foi obtida a partir da plataforma online Earth Explorer e encontra-se disponibilizada gratuitamente pelo site da United States Geological Survey (USGS).

O sistema de coordenadas geográficas designado para a confecção dos mapas foi o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e o sistema de projeção foi o UTM (Universal Transversa de Mercator) com fuso 24S e com coordenadas métricas.

Foi realizada uma composição red (R), green (G) e blue (B) nas bandas, 4, 3 e 2 para obter a cor natural da área e, posteriormente, as imagens foram georreferenciadas de acordo com o mosaico ortorretificado de imagens GEOCOVER, de autoria da National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Os dados cartográficos secundários que compuseram os mapas foram: Limite Municipal do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE,

2015) e Estradas e Rodovias do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

A obtenção dos mapas temáticos se deu a partir do software ArcMap 10.5 (licença institucional). A descrição da produção dos mapas de cada tema pode ser encontrada abaixo:

- **Geologia:** realizada a partir do Atlas da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2009) e compatibilizada para a escala de trabalho com coleta e observação de material em campo.
- **Geomorfologia:** realizada por meio da interpretação da imagem de satélite e de análises em campo para identificação das chaves de interpretação.
- **Pedologia:** realizada por adaptação de dados da Secretaria da Agricultura e Reforma Agrária (SEAGRI, 1988) para a escala de trabalho e a observação de perfis em campo.
- **Hidrografia:** realizada a partir de dados da Secretaria de Recursos Hídricos (SRH, 2007) e de interpretação da imagem de satélite.
- **Fitoecologia:** realizada a partir de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 1996).

A identificação dos sistemas e subsistemas ambientais foi dada a partir da análise integrada dos componentes da natureza. O mapa foi confeccionado baseando-se na compartimentação geomorfológica do município e os quadros sínteses foram organizados baseando-se na classificação ecodinâmica proposta por Tricart (1977) e nos modelos propostos nos trabalhos de Souza (1994, 2000 e *et al.* 2005).

A verificação da degradação foi feita por meio da análise dos sistemas e subsistemas ambientais e levantamento de campo, que subsidiaram a confecção do mapa. Cada compartimentação foi analisada, priorizando os seguintes aspectos: condições edáficas, presença de pavimentos desérticos, atuação de processos erosivos, condições climáticas, disponibilidade hídrica e usos da terra. Os níveis de degradação identificados foram classificados em: baixo, moderado e elevado.

A proposição das medidas para recuperação das áreas degradadas foi baseada no grau de degradação identificado nos sistemas e subsistemas ambientais do município em análise e na viabilidade de aplicação no semiárido.

5 RESULTADOS

5.1 Alto Santo no contexto do semiárido

O território de Alto Santo, antes mesmo deste ter sido elevado à categoria de município em 1957, já integrava o Polígono das Secas. Mesmo durante as alterações dessa delimitação, que posteriormente em 1989 passaria a ser denominada de semiárido, a espacialidade em análise continuou fazendo parte dela.

As condições ambientais características do semiárido como o clima quente com chuvas escassas e concentradas, altas taxas de evaporação, balanço hídrico deficitário, rios intermitentes, períodos de secas, solos rasos e pedregosos e vegetação associada ao Domínio Fitogeográfico da Caatinga são encontradas no município de Alto Santo, o que atesta o motivo desse ambiente estar incluído nessa região.

5.2 Caracterização ambiental

5.2.1 Geologia e geomorfologia

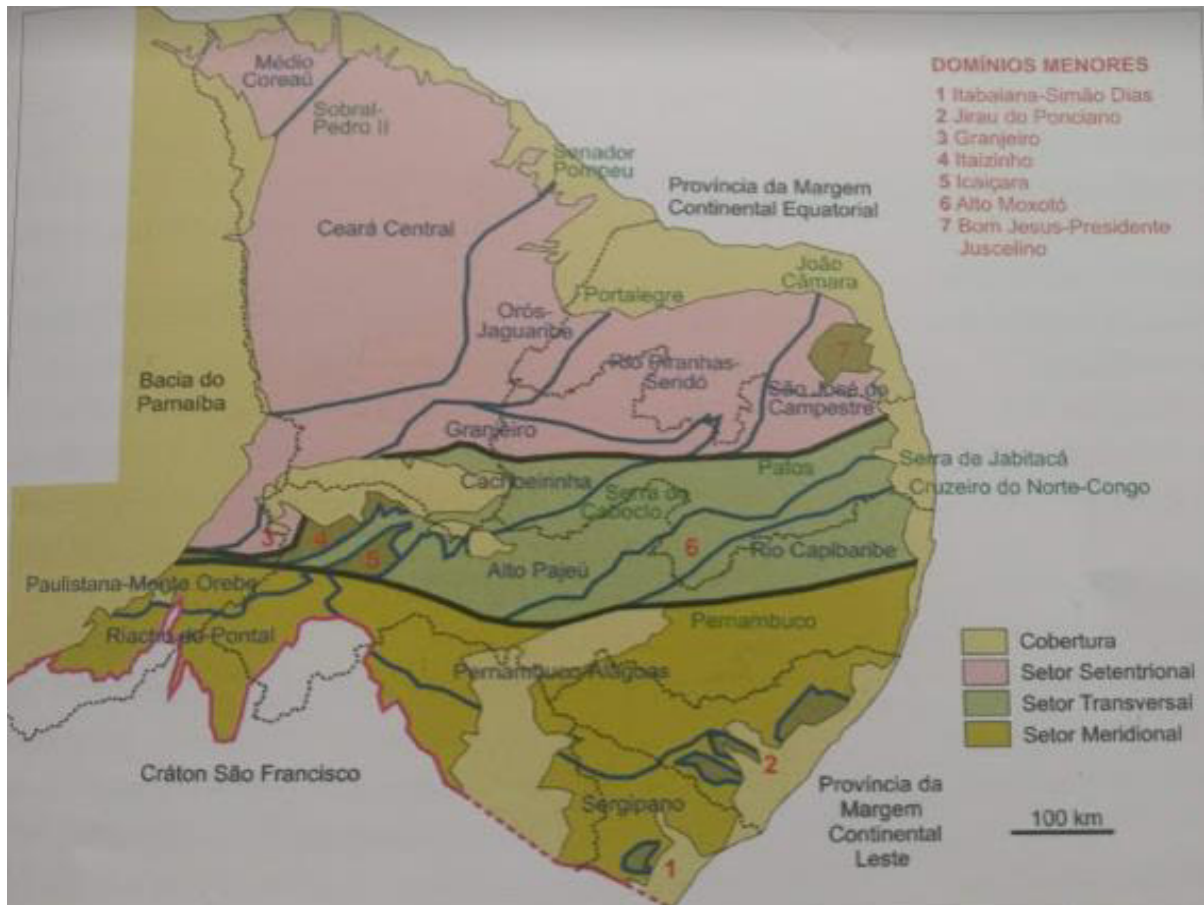
Alto Santo encontra-se inserido na Plataforma Sul-Americana, apresentando tanto coberturas fanerozóicas quanto embasamento pré-cambriano (Escudo Atlântico). De acordo com a compartimentação geotectônica, encontra-se no Sistema Orogênico Borborema (Figura 9) ou ainda, seguindo a compartimentação geológico-estrutural proposta por Almeida et al. (1977) e atualizada por Bizzi et al. (2003), na Província Borborema.

Localiza-se no setor setentrional da província, o qual possui um embasamento composto por rochas paleoproterozoicas originadas do Ciclo Transamazônico e porções arqueanas do Ciclo Jequié. Esse setor é compartimentado em cinco domínios, sendo o Orós-Jaguaribe, delimitado pelas zonas de cisalhamento Senador Pompeu e Portalegre, de interesse para o estudo.

A unidade gnáissica evidenciada pelos gnaisses tonalítico-granodioríticos da era arqueana é apontada como a mais antiga, seguida das unidades metavulcanossedimentares da época Paleoproterozoica (Transamazônico), representadas pelos complexos Acopiara e Jaguaretama. Em seguida, no Paleoproterozoico (pós-Transamazônico) surgiram a unidade gnáissica Suíte Poço da Cruz, as unidades metavulcanossedimentares Orós, Serra São José e Ipueirinha e a suíte granitoide Serra do Deserto. Já no Neoproterozoico, originaram-se a

unidade metassedimentar do Grupo Ceará (unidade Arneiroz), as unidades granitoides sin- a tarditectônicas (Suíte Itaporanga e outras indiferenciadas) e as unidades granitoides tardi- a pós-tectônica (Suíte Pereiro). Por último, entre os períodos Cambriano e Ordoviciano, formaram-se as unidades sedimentares com a Formação Catolé e o Grupo Rio Jucá (HASUI, 2012).

Figura 9 - Sistema Orogênico Borborema



Fonte: Hasui (2012).

A conformação litoestratigráfica do município em estudo apresenta uma determinada variedade, sendo constituída por diferentes formações e por alguns depósitos aluvionares.

De origem Cretácea, o Grupo Apodi apresenta uma forma geométrica de uma cunha, a qual se espessa para o norte em direção mar e que pode alcançar espessuras superiores a 1.000m ainda na parte emersa da bacia com mergulhos sub-horizontais (BELIA et al., 2016). Na Bacia Sedimentar Potiguar (Grupo Apodi) são encontradas duas formações: a Formação Açú e a Formação Jandaíra, as quais podem ser identificadas na porção leste de Alto Santo.

Datada do período Cretáceo, a Formação Açu é dividida em três membros:

- Upanema: caracterizado por arenitos brancos, cinza-esbranquiçados e avermelhados, com granulação que varia de média a conglomerática, apresentando estratificações cruzadas e subparalelas, com algumas intercalações de folhelhos cinza esverdeado escuros e folhelhos silticos (BRASIL, 1981).
- Galinhos: ocorrência de folhelhos e arenitos muito finos a médios, localmente conglomeráticos, os quais intercalam-se com siltitos e calcários (BRASIL, 1981).
- Aracati: constituído por folhelhos, com tonalidades que podem ser de cinza a cinza escuro, esverdeados e avermelhados calcíferos e com gradação para siltitos, intercalados com calcários que são normalmente cinza-claro, mas que apresentam também coloração creme ou até acastanhados, constituindo-se detríticos impuros e em parte dolomitizados. Podem ocorrer ainda siltitos, arenitos e arenitos calcíferos, intercalados na parte média. Em relação aos arenitos, estes possuem coloração clara, grãos finos a médios, mal selecionados, maciços e impuros (BRASIL, 1981).

Já a Formação Jandaíra, de origem que varia de 93.9 a 83.6 Ma (Turoniano-Santoniano), é formada por calcários bioclásticos, calcarenitos e calcários dolomíticos (BRASIL, 1981). Outra formação presente na área de estudo é a Faceira, pertencente ao Grupo Barreiras. Sua gênese remonta ao final do Terciário e início do Quaternário, ocorrendo às margens dos vales dos rios Banabuiú e Jaguaribe. A litologia é representada por conglomerados e arenitos grosseiros, mal selecionados, friáveis e pouco consolidados (BELIA et al., 2016).

Grande parte da porção central do município é pertencente ao Complexo Nordeste, o qual é representado por migmatitos, gnaisses, gnaisses migmatizados e granitoides, anfíbolitos, quartizitos, metarcóseos, calcários cristalinos, xistos, itabiritos, calcossilicatados e rochas cataclásticas (BRASIL, 1981).

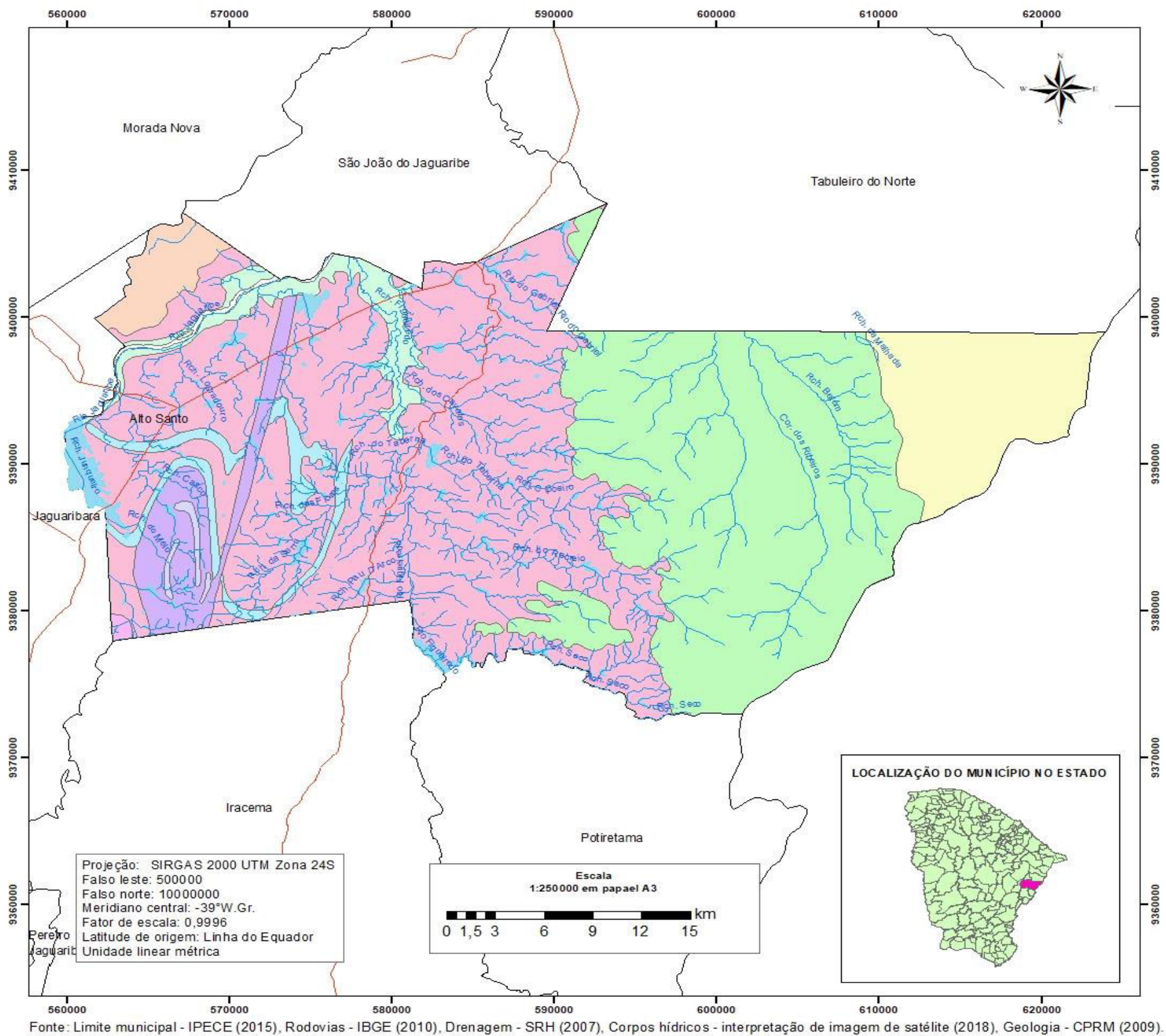
O Grupo Ceará presente na porção sudoeste de Alto Santo é, de acordo com Belia et al. (2016), identificado por formar faixas alongadas, as quais representam estreitas e alongadas sinclinais e que são concordantes com a

estrutura regional. Em relação à litologia, os autores (op. cit.) afirmam que a base é composta por constituintes de natureza clástica (quartzitos bem recristalizados, muscovíticos e de coloração creme amarelada), pelítica (xistos, de cor cinza-escura e granulação média a grossa) e clástico-pelítica (metassedimentos representados pelas fácies: cianita, moscovita, biotita, gnaisses, granadíferos, gnaisses quartzo-feldspáticos e biotita-gnaisses) e o topo é recoberto por um horizonte carbonático (calcário cristalino).

Completando a litoestratigrafia da área, de formação mais recente (Quaternário), têm-se as Coberturas Colúvio-eluviais que apresentam distribuição irregular, mas que são frequentemente encontradas nos terraços e nos leitos fluviais dos rios da região. Em Alto Santo, é composta por argilas, areias argilosas e cascalhos pertencentes aos Depósitos Aluvionares.

As diferentes litologias encontradas na área de estudo e sua distribuição espacial podem ser observadas no Mapa 2.

Mapa 2 - Litologia de Alto Santo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: VANESSA MELO DOS SANTOS
 ORIENTADOR: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA

FORTALEZA
 2018

MAPA LITOLÓGICO
ALTO SANTO - CE

Legenda

Rodovias Drenagem
 Limites municipais Corpos d'água

LITOLOGIAS	ÁREA (km ²)
Arenitos, siltitos e folhelhos	429
Argilas, areias argilosas e cascalhos	41
Augenortognaisses graníticos	54
Calcários, folhelhos e siltitos	117
Conglomerados e arenitos	30
Granitóides diversos	2
Metarriolitos, metarriodacitos e metassedimentos	4
Ortognaisses migmatizados, paragnaisses e anfibolitos	621
Quartzitos, paragnaisses e anfibolitos	34

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

A conformação geomorfológica de um ambiente é, em geral, influenciada por fatores como a geologia, as variações paleoclimáticas e a morfodinâmica. Este último ganha destaque no contexto do semiárido, onde o intemperismo, principalmente o físico, é um dos principais responsáveis pelo modelamento das formas de relevo.

Em Alto Santo, onde há uma variação grande de litologias bem como clima semiárido com atuação de processos intempéricos, o mapeamento da geomorfologia apresentou 5 unidades diferenciadas: Depressão Sertaneja, Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos arenitos da Formação Açu, Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos calcários da Formação Jandaíra, Tabuleiro Interior e Planície Fluvial.

A Depressão Sertaneja, feição de maior expressão no município (46%), pode ser entendida como “um conjunto de superfícies de aplainamento, que truncam e obliteram um complexo e diversificado conjunto de rochas ígneo-metamórficas, invariavelmente recobertas por caatinga” (BRANDÃO, 2014, p.47). Pode, ainda, ser caracterizada por localizar-se entre vertentes de rebordos erosivos e escarpas de planaltos e chapadas, como a Chapada do Apodi em Alto Santo.

Essa morfologia, normalmente, está associada a uma variação de litologias, mas o predomínio na área de estudo é de ortognaisses migmatizados, paragnaisses e anfíbolitos. Destaca-se por dispor de uma extensa superfície plana, que, por vezes, pode ser recortada por relevos suaves ondulados (Figura 10). Dessa forma, a declividade da Depressão Sertaneja costuma variar de 0 a 8%.

As condições climáticas, com elevadas amplitudes térmicas diurnas, são responsáveis pela desagregação das rochas. As chuvas, que são concentradas em poucos meses do ano, carregam esse material sem grandes dificuldades devido à baixa capacidade de retenção da vegetação. O material superficial é, então, removido pela ação da erosão hídrica laminar, gerando solos rasos, pedregosos e, muitas vezes, com presença de pavimentos desérticos (SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979). Tais pavimentos desérticos foram recorrentemente observados em campo por diversas áreas de Alto Santo (Figura 11).

Figura 10 - Relevo suave ondulado na Depressão Sertaneja de Alto Santo



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Figura 11 - Pavimento desértico em Alto Santo



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

A Chapada do Apodi (Figura 12), constituída pelas Formações Açú e Jandaíra, ocupa uma área de 528 km². É representada por um extenso baixo platô, que é sustentado pelas rochas sedimentares litificadas da bacia Potiguar e que exibe declividades entre 0 e 5%. O topo da chapada, o qual é levemente rampeado para Norte e exibe um relevo cuestiforme, atinge cotas que variam entre 80 m e 160 m e apresenta superfície bem conservada até o nível de 100 m. É uma região menos suscetível a processos erosivos em virtude da alta taxa de percolação e infiltração da água no solo, sendo assim, não muito provável a ocorrência de áreas degradadas (SOUZA, 2000; BRANDÃO, 2014). Em relação ao regime pluviométrico da área, a baixa altimetria da Chapada não contribui para a formação de chuvas orográficas, pois não há grandes obstáculos (SOUZA; LIMA; PAIVA, 1979).

Figura 12 - Chapada do Apodi



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Durante o mapeamento realizado em escala de 1:100.000 a Chapada do Apodi foi segmentada em duas unidades: Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos arenitos da Formação Açú e Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos calcários da Formação Jandaíra.

O Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos arenitos da Formação Açu abrange um espaço de aproximadamente 421 km². Nele podem ser observados rebordos erosivos com 50 m a 100 m de desnivelamento e pediplanos subjacentes (BRANDÃO, 2014).

Já o Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos calcários da Formação Jandaíra, localizado na porção nordeste do município, apresenta uma elevação um pouco maior por ocupar o topo da Chapada. Os calcários desta Formação constituem uma pequena cornija, a qual é responsável pelo desnível em relação a unidade associada aos arenitos da Formação Açu (SOUZA, 2000).

Os tabuleiros são caracterizados por serem levemente dissecados por vales alongados e de fundo chato, com cotas altimétricas baixas. Apresentam uma superfície geomorfológica tabular, aplanada e com vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de “U”. Em geral, são constituídos por rochas sedimentares pouco litificadas e podem ser tanto costeiros quanto interiores (SILVA, 2008). Os interiores são limitados por uma linha de escarpa de contorno bastante irregular, apresentando pequenos desníveis em relação à depressão periférica (BELIA, 2016).

O Tabuleiro Interior em Alto Santo (Figura 13) atinge até cerca de 120 m. Na parte mais noroeste do município é composto por conglomerados e arenitos da Formação Faceira. Já na porção sul, compreende arenitos, siltitos e folhelhos.

Figura 13 - Tabuleiro Interior em Alto Santo



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

A Planície Fluvial é uma superfície de acumulação, formada pela deposição fluvial e que está sujeita a inundações periódicas. É constituída pelos sedimentos inconsolidados do Quaternário. Apresenta amplitudes e declividades inexpressivas quando comparada a outras formas de relevo (SILVA, 2008). Segundo Souza, Lima e Paiva (1979), os setores das planícies fluviais são bem homogêneos e claramente identificáveis, com larguras das áreas de vazantes dependentes do débito e do regime fluvial.

Localmente, destaca-se a planície originada pelo rio Jaguaribe. Apesar do caráter intermitente dos rios do semiárido, nessa espacialidade o acesso à água é facilitado em virtude dos aquíferos aluviais. Nesse ambiente, os solos são um pouco mais profundos e de maior fertilidade. Salienta-se ainda a presença de largas planícies na porção norte do município (Figura 14).

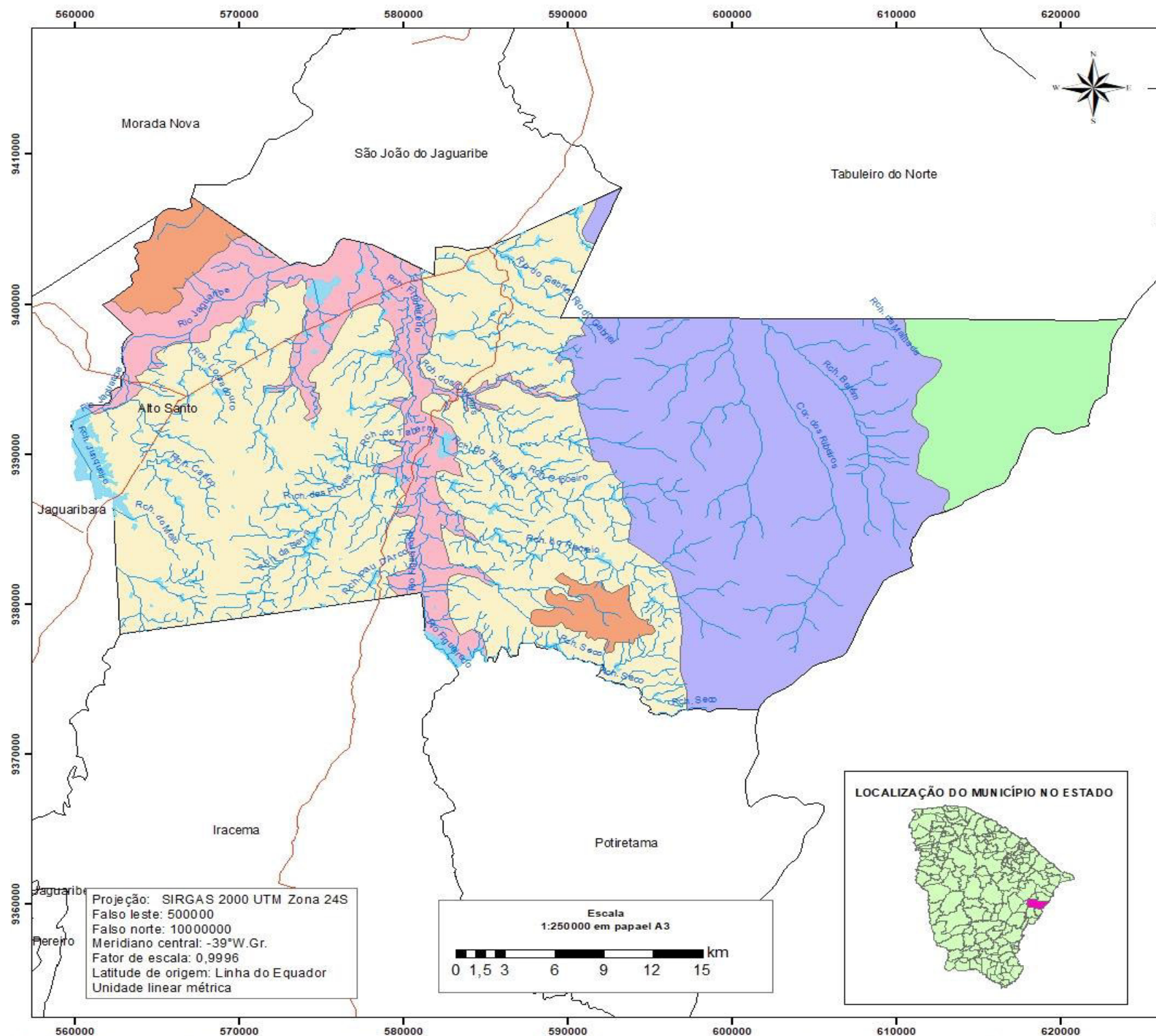
Figura 14 - Planície Fluvial em Alto Santo




Fonte: Arquivo pessoal (2018).

As feições geomorfológicas encontradas no município de Alto Santo, as quais foram mapeadas a partir da interpretação de imagem de satélite, podem ser observadas no mapa 3.

Mapa 3 - Geomorfologia de Alto Santo



Fonte: Limite municipal - IPECE (2015), Rodovias - IBGE (2010), Drenagem - SRH (2007), Corpos hídricos - interpretação de imagem de satélite (2018), Geomorfologia - interpretação da imagem de satélite e de análises em campo para identificação das chaves de interpretação (2018).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS





TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO






ALUNA: VANESSA MELO DOS SANTOS
 ORIENTADOR: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA

FORTALEZA
 2018

MAPA GEOMORFOLÓGICO
ALTO SANTO - CE

Legenda

 Rodovias  Drenagem
 Limites municipais  Corpos d'água

UNIDADES DE MAPEAMENTO	ÁREA (km ²)
 Depressão Sertaneja	628
 Planície Fluvial	151
 Tabuleiro Interior	48
 Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos arenitos da Formação Açú	421
 Planalto Sedimentar da Chapada do Apodi associado aos calcários da Formação Jandaíra	107

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

5.2.2 Pedologia e fitoecologia

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) conceitua os solos como corpos naturais formados por compostos minerais e orgânicos, que contêm matérias vivas e que podem ser vegetados ou transformados por ações antrópicas. Dessa forma, não somente a rocha-mãe é encarregada pela constituição do solo, sendo outros fatores abióticos e bióticos também contribuintes. Essa definição fundamenta a argumentação de Oliveira *et al.* (2009), o qual afirma que as condições bioclimáticas do semiárido são responsáveis pela formação e distribuição dos solos, bem como pelos tipos e formas como as atividades agrossilvopastoris e as atividades socioeconômicas são desenvolvidas.

As características do semiárido tais como predominância de embasamento cristalino, relevos pouco acidentados e clima quente e seco com poucas chuvas permitiram que os solos da região fossem tipificados em sua maioria como rasos, pedregosos e com deficiência hídrica. Esses tipos de solo são bastante suscetíveis à erosão, o que pode causar e/ou acelerar a degradação.

Sobre o embasamento cristalino de Alto Santo, apesar da variedade mapeada, há o predomínio dos Neossolos Litólicos, com pouca profundidade e bastante pedregosidade. Na região dos tabuleiros o solo encontrado foi o Argissolo Vermelho Amarelo e nas planícies fluviais observou-se a ocorrência de Neossolos Flúvicos. Já na porção da Chapada do Apodi, ocorrem Argissolos Vermelho Amarelos, Neossolos Quartzarênicos, Cambissolos e Vertissolos.

As classes mapeadas no município e suas principais características de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e com o *folder* Solos do Nordeste, ambos produtos da Empresa Brasileira de Produção Agropecuária (2006 e 2014, respectivamente), podem ser observadas a seguir:

Argissolos: São compostos por material mineral, apresentando acúmulo de argila em subsuperfície caracterizado pelo horizonte B textural. Têm uma profundidade de mediana a alta, bem drenados e com uma boa capacidade de armazenamento de água e efluentes. Podem ser de coloração vermelha, vermelho-amareladas, amarelas, acinzentadas ou brunadas. Possuem, em geral, elevada acidez, poucos nutrientes e baixa fertilidade, o que torna necessário o uso de técnicas corretivas para o uso agrícola. São ainda suscetíveis à erosão quando

possui mudança textural abrupta. Utilizados usualmente para agricultura intensiva, pastagem, silvicultura e como base para construção de estradas e casas.

Neossolos: Constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso, com baixa atuação de processos pedogenéticos em decorrência das características do material de origem ou dos demais fatores de formação como clima, relevo ou tempo. São solos jovens que variam de rasos a profundos dependendo da tipificação das subordens: Regolítico, Litólico, Flúvico ou Quartzarênico. Apresentam elevado teor de sódio e de alumínio. Em Alto Santo, ocorrem três dessas subordens:

- **Neossolos Litólicos:** Encontrados principalmente em áreas com relevo suave ondulado a montanhoso, são rasos, pedregosos e não hidromórficos. Possuem o horizonte A pouco espesso, cascalhento e de textura majoritariamente média localizado logo acima da rocha. Podem exibir por vezes horizonte C, contudo pouco espesso. Apresenta contato lítico por volta dos 50 cm de profundidade e alto grau de suscetibilidade à erosão, sendo pouco indicado para uso agrícola. Devido às suas limitações de uso, são indicados para preservação ambiental.
- **Neossolos Flúvicos:** Derivados de sedimentos aluviais, sem relações pedogenéticas entre os estratos. Manifestam diversificadas espessuras e granulometrias, fertilidade elevada, potencial para agricultura e risco de inundação e salinização. Protegidos em grande parte por abrigar matas ciliares, as quais são destinadas à preservação ambiental.
- **Neossolos Quartzarênicos:** Localizados em áreas de relevo plano, são formados a partir de rochas ou sedimentos de natureza essencialmente quartzosa. Possuem tonalidades claras, são profundos, pouco férteis e pouco suscetíveis à erosão em virtude das altas taxas de infiltração e do relevo aplainado. É frequentemente utilizado para agricultura irrigada, pecuária extensiva e preservação ambiental.

Cambissolos: Formados por material mineral, com horizonte B incipiente. Em virtude da alta variabilidade dos materiais de origem, podem ter profundidade de rasa a profunda, saturação por bases de baixa a alta e drenagem de boa a imperfeita. Ainda podem variar a coloração que vai de bruno-amarelado a vermelho escuro. Têm boa fertilidade, o que lhe garante um potencial para uso agrícola em

áreas mais planas. Quando localizados em áreas de planícies aluviais estão sujeitos a inundações. Podem apresentar pedregosidades e há risco de erosão.

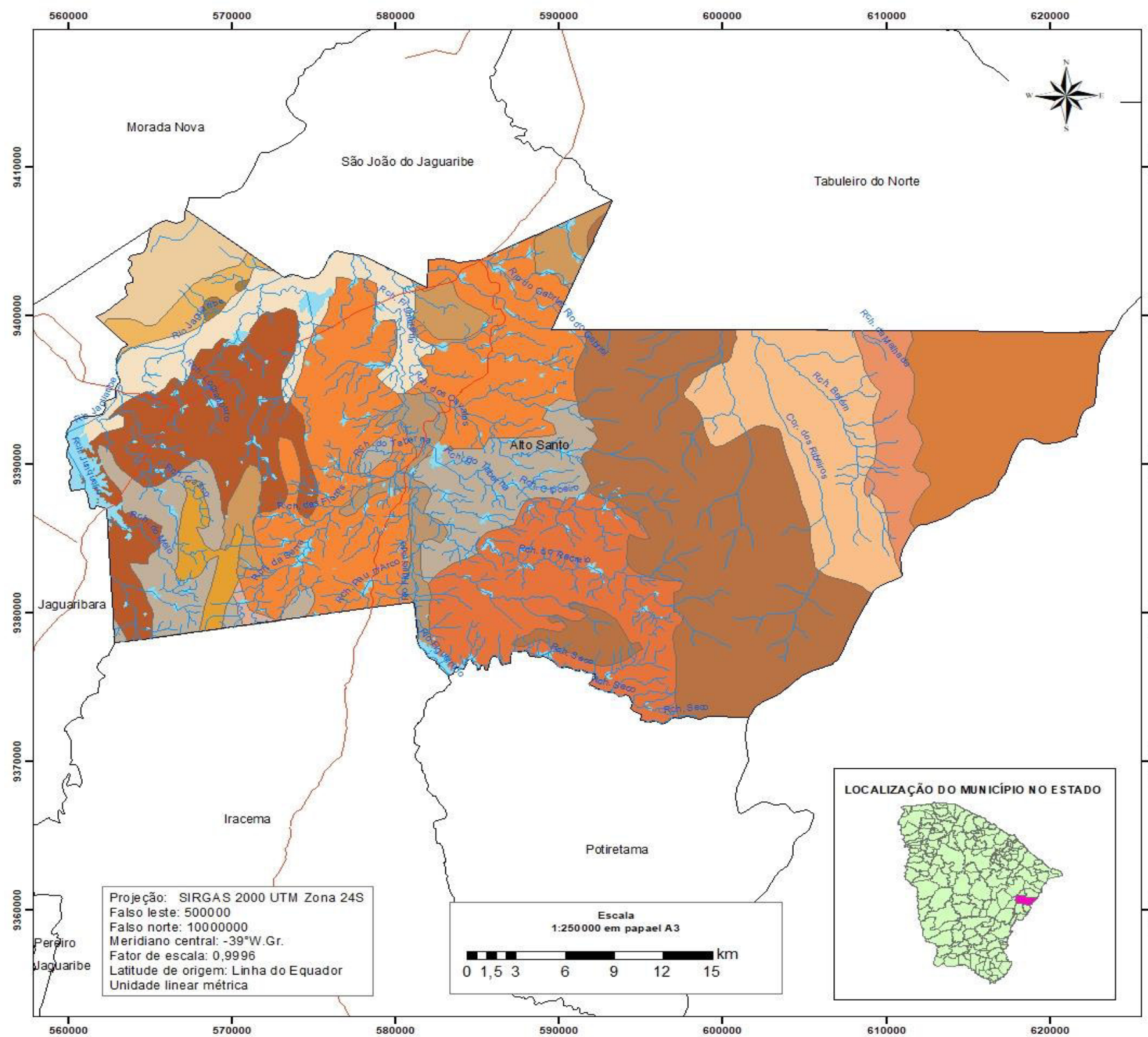
Luvissolos: São solos minerais e não hidromórficos, com argila de atividade alta e rico em bases. Têm pouca profundidade, dispõem de muitos nutrientes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) e variam de moderadamente ácidos a neutros. Apresentam grande diferenciação entre os horizontes A e o Bt, sendo o contraste de textura, cor e estrutura bem evidenciados. Essa diferença textural, os torna bastante suscetíveis a processos erosivos. É utilizado principalmente para agricultura de sequeiro, pecuária extensiva e preservação ambiental.

Planossolos: Caracterizados por serem solos minerais imperfeitamente ou mal drenados e por terem elevada saturação por bases. São pouco profundos, com horizonte superficial de textura arenosa ou média e horizonte B plânico. Exprime mudança textural abrupta entre os horizontes e os solos são imperfeitamente a mal drenado, apresentando cor pálida. Possuem risco de salinização e são altamente suscetíveis à erosão. O uso se dá por meio de pastagens, pecuária extensiva e agricultura de subsistência.

Vertissolos: São constituídos por material mineral, não hidromórficos, argiloso a muito argiloso, com horizonte vértico e pouca variação de texturas. Distribuem-se normalmente em áreas planas ou suave-onduladas. Manifestam superfícies de fricção (slickensides) e abertura de fendas no período seco. Têm elevada fertilidade, plasticidade e pegajosidade. É rico em nutrientes, sendo utilizado para agricultura irrigada e de sequeiro. Podem sofrer riscos de salinização e solonização. Devido a drenagem e permeabilidade imperfeita, são capazes de encharcarem-se em períodos chuvosos e tornarem-se suscetíveis à erosão.

Segundo o mapa 4 (elaborado a partir do shape de solos da SEAGRI, 1988), foram encontradas 17 variações distintas de solo (Quadro 2). Dessas, o Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico 9 é o mais frequente no município, estando localizado, principalmente, na região da Chapada do Apodi (Formação Açú) e ocupando cerca de 20% do município. Em seguida, tem-se o Neossolo Litólico Eutrófico 38, o Luvissolo Crômico 43 e o Neossolo Litólico Eutrófico 50 (18%, 10% e 9%, respectivamente) que são frequentemente encontrados. Em menor proporção, pode-se observar o Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico 103, os Afloramentos Rochosos 2 e o Luvissolo Crômico 45, os quais representam juntos menos de 0,5% da área total de Alto Santo.

Mapa 4 - Solos de Alto Santo



Fonte: Limite municipal - IPECE (2015), Rodovias - IBGE (2010), Drenagem - SRH (2007), Corpos hídricos - interpretação de imagem de satélite (2018), Solos - SEAGRI (1988).



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: VANESSA MELO DOS SANTOS
 ORIENTADOR: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA

FORTALEZA
 2018

MAPA PEDOLÓGICO
ALTO SANTO - CE

Legenda

 Rodovias  Drenagem
 Limites municipais  Corpos d'água

CLASSES DE SOLO	ÁREA (ha)
Afloramentos Rochosos 2	189
Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico 9	27031
Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico 103	258
Argissolo Vermelho Amarelo Álico 5	3181
Cambissolo Eutrófico	10613
Luvisso Crômico 43	13347
Luvisso Crômico 45	25
Neossolo Flúvico Eutrófico 16	2766
Neossolo Flúvico Eutrófico 18	7126
Neossolo Litólico Eutrófico 38	23526
Neossolo Litólico Eutrófico 40	11077
Neossolo Litólico Eutrófico 50	12156
Neossolo Litólico Eutrófico 54	1669
Neossolo Litólico Eutrófico 58	1848
Neossolo Quartzarênico Distrófico 16	11753
Planossolo Nátrico 4	3472
Vertissolo 15	3705

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 2 - Informações sobre os solos de Alto Santo

TIPO DE SOLO	ÁREA (ha)	CARACTERÍSTICAS
Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico 9	27.031	Formado pela associação de Argissolo Vermelho Amarelo Tb (textura arenosa/média) e Neossolo Regolítico (com fragipan). São distróficos e encontrados em relevos planos e suave ondulados. Fase caatinga hipoxerófila.
Neossolo Litólico Eutrófico 38	23.526	Composto pela associação de Neossolos Litólicos Eutróficos (textura arenosa e média, com fase pedregosa e rochosa) em substrato gnaisse, granito e filito e Luvisolo Crômico (textura média argilosa, com fase pedregosa). Referentes a ambientes de relevo suave ondulado e ondulado. Apresenta caatinga hiperxerófila.
Luvisolo Crômico 43	13.347	Constituído da associação de Luvisolo Crômico (textura média/argilosa, apresentando fase com calhaus em relevos suave ondulado), Neossolos Litólicos Eutróficos (textura arenosa e média, com fase pedregosa e rochosa em relevo suave ondulado e ondulado) e em substrato gnaisse e granito e Planossolo Ta (textura arenosa/argilosa em relevo plano e suave ondulado). Todos A fraco. Fase caatinga hiperxerófila.
Neossolo Litólico Eutrófico 50	12.156	Estruturado a partir da associação de Neossolos Litólicos Eutróficos com A fraco (textura arenosa e média, com fase pedregosa e rochosa) em substrato gnaisse e granito, Luvisolo Crômico com A moderado (textura médio/argilosa, apresentando fase com calhaus em relevo suave ondulado), ambos fase caatinga hiperxerófila e Afloramentos Rochosos.
Neossolo Quartzarênico Distrófico 16	11.753	Derivado da associação de Neossolos Quartzarênicos (em relevo plano e suave ondulado) e Argissolo Vermelho Amarelo Tb (textura arenosa/média em relevo suave ondulado). Caráter distrófico em ambos. A fraco e fase caatinga hiperxerófila.
Neossolo Litólico Eutrófico 40	11.077	Desenvolvido por meio da associação de Neossolos Litólicos Eutróficos A fraco (textura arenosa e média, com fase erodida e não erodida, pedregosa e rochosa em relevo suave ondulado e ondulado), apresentando caatinga hiperxerófila e Afloramentos Rochosos.

Cambissolo Eutrófico	10.613	Estabelecido através da associação de Cambissolo Ta (em substrato calcáreo) e Latossolo Vermelho Amarelo. Ambos Eutróficos A moderado com textura argilosa/argilosa em relevo plano. Fase caatinga hiperxerófila.
Neossolo Flúvico Eutrófico 18	7.126	Gerado a partir da associação complexa de Neossolos Flúvicos Eutróficos (textura indiscriminada), Vertissolos e Planossolos Solódico Ta (textura arenosa/média em relevo plano). Todos A fraco, fase floresta ciliar de carnaúba e caatinga hiperxerófila de várzea.
Vertissolo 15	3.705	Instituído por meio da associação de Vertissolo A fraco (em relevo plano) e Luvisolo vértico A moderado (textura médio/argilosa, exibindo fase com calhaus em relevo suave ondulado). Ambos fase caatinga hiperxerófila.
Planossolo Nátrico 4	3.472	Modelado em consequência da associação de Planossolo Nátrico (textura arenosa/argilosa em relevo plano) e Neossolo Regolítico Eutrófico (com fragipan em relevo plano e suave ondulado), ambos A fraco e fase caatinga hiperxerófila.
Argissolo Vermelho Amarelo Álico 5	3.181	Configurado em virtude da associação de Argissolo Vermelho Amarelo Tb Álico (abrupto e de textura arenosa/média) e Neossolos Quartzarênicos Distróficos ambos A fraco e presença de caatinga hipoxerófila (em área de relevo plano e suave ondulado).
Neossolo Flúvico Eutrófico 16	2.766	Esculpido em decorrência da associação de Neossolos Flúvicos Eutróficos (textura indiscriminada) e Planossolo Nátrico (textura arenosa/média, relacionados a ambientes de relevo plano e suave ondulado) ambos A fraco com fase caatinga hiperxerófila de várzea e floresta ciliar de carnaúba
Neossolo Litólico Eutrófico 58	1.848	Representado pela associação de Neossolos Litólicos Eutróficos A fraco (textura arenosa e média, desenvolvendo fase pedregosa e rochosa em regiões de relevo forte ondulado e montanhoso) em substrato gnaisse e granito, Argissolo Vermelho Amarelo Tb A moderado (textura média/argilosa, cascalhenta e pertinentes a relevo forte ondulado). Ambos Eutróficos, fase caatinga hiperxerófila e Afloramentos Rochosos.

Neossolo Litólico Eutrófico 54	1.669	Criado a partir da associação de Neossolos Litólicos Eutróficos (textura arenosa e média, com ocorrência de fase pedregosa e rochosa em relevo suave ondulado e ondulado) em substrato gnaisse e granito, Planossolo Nátrico (textura arenosa/argilosa, com fase pedregosa em relevo plano e suave ondulado) e Planossolo Solódico Ta (textura arenosa/média e argilosa em relevo plano). Todos A fraco e fase caatinga hiperxerófila.
Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico 103	258	Refere-se à associação de Argissolo Vermelho Amarelo Tb (raso, abrupto, A fraco de textura arenosa/argilosa, cascalhenta e localizado sobre relevo suave ondulado), Argissolo Vermelho Amarelo Tb A moderado (textura média/argilosa em relevo suave ondulado) e Neossolos Litólicos A fraco (textura arenosa e média, apresentando fase pedregosa e rochosa em relevo suave ondulado e ondulado) em substrato gnaisse e granito. Caráter Eutrófico em todos e fase caatinga hiperxerófila.
Afloramentos Rochosos 2	189	Compreende a associação de Afloramentos Rochosos e Neossolos Litólicos A fraco (textura arenosa e média, com fase pedregosa e rochosa, caatinga hiperxerófila em relevo forte ondulado) sobre substrato gnaisse e granito.
Luvissolo Crômico 45	25	Firmado pela associação de Luvissolo vértico (textura média/argilosa, exibindo fase com calhaus sobre relevo plano e suave ondulado), Planossolo Solódico Ta (textura arenosa/média e argilosa em relevo plano e suave ondulado) e Neossolos Litólicos Eutróficos (textura arenosa e média, com fase pedregosa e rochosa em relevo suave ondulado) em substrato gnaisse e granito, todos A fraco e fase caatinga hiperxerófila.

Fonte: Adaptado de Secretaria de Agricultura e Reforma Agrária (1988).

A cobertura vegetal de Alto Santo pertence ao Domínio Fitogeográfico da Caatinga, o qual é comumente caracterizado por exibir diferentes fisionomias e adaptações a restrições hídricas, a temperaturas elevadas e a solos rasos. Destaca-se por ser uma área de significativa importância ambiental, já que apresenta um grande endemismo de espécies.

A vegetação desse domínio é, por vezes, segmentada no que convencionou-se denominar de caatinga do cristalino e caatinga do sedimentar. Essa divisão ocorre devido às diferenças geológicas, geomorfológicas, hidrológicas

e pedológicas, as quais influenciam nos tipos e nos portes da composição florística que se desenvolverá naquela espacialidade. Essa variação vegetacional é perceptível no município em estudo, pois este é um dos poucos do Ceará que é composto por terrenos tanto de origem cristalina quanto sedimentar.

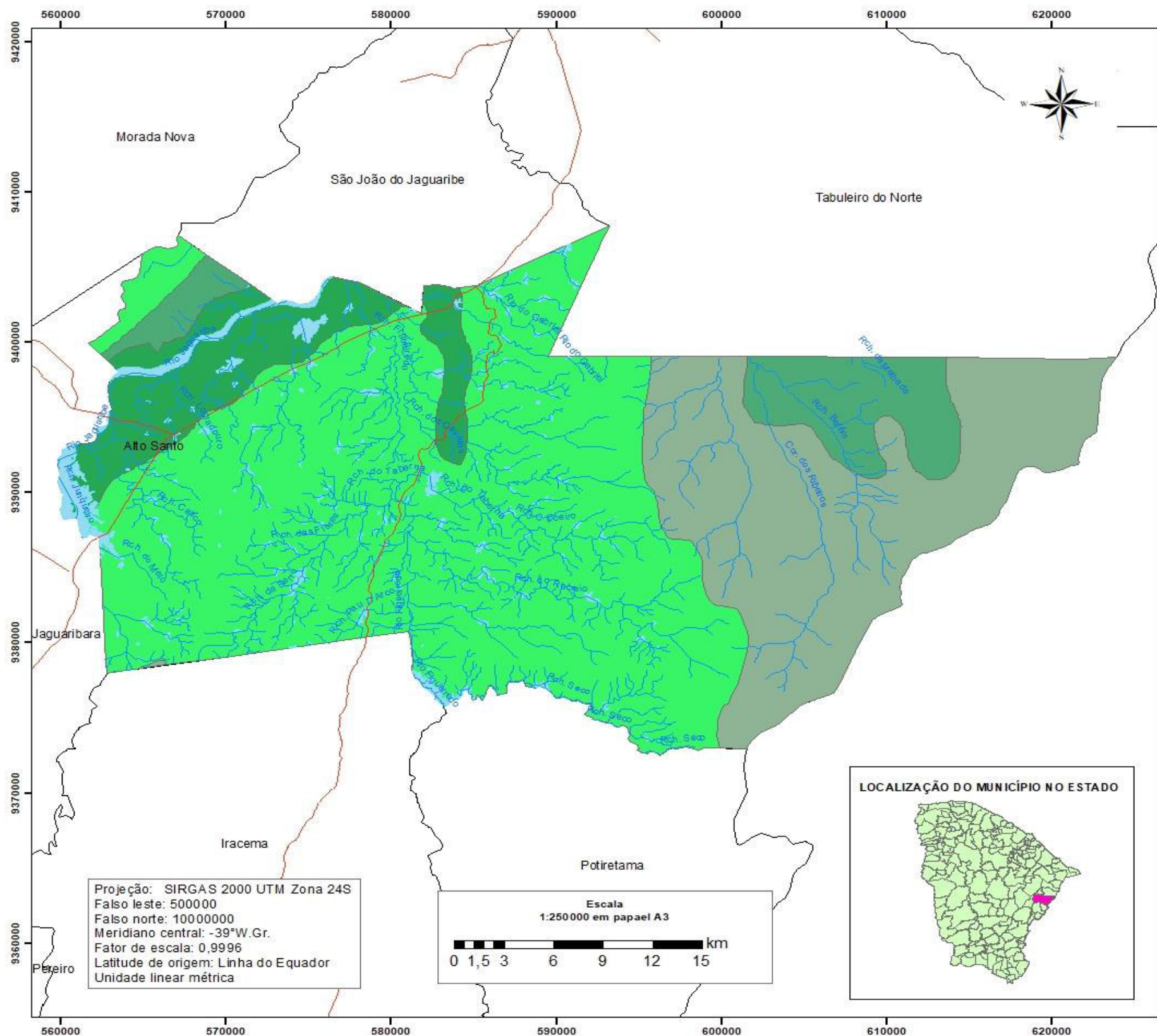
As unidades fitoecológicas presentes no local de interesse do trabalho, de acordo com o shape fornecido pela Funceme (1996), são: Caatinga Arbustiva Aberta, Caatinga Arbustiva Densa, Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea) e Floresta Mista Dicotilo-Palmaceae (Mata Ciliar com Carnaúbas) (Mapa 5).

A maior parte do território do município é coberta pela Caatinga Arbustiva Aberta (quase 60%), a qual está associada à depressão sertaneja e aos tabuleiros interiores, ou seja, ao embasamento cristalino. Em virtude das condições pedológicas com solos rasos e pedregosos bem como a severidade climática e escassez hídrica, apresenta uma vegetação com característica caducifólia e, diferentemente da Caatinga Arbustiva Densa, possui um espaçamento entre os arbustos. Tem como exemplares a jurema (*Mimosa hostilis*), a catingueira (*Caesalpinia pyramidalis pyramidalis* Tul.) e o sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*).

Devido aos usos agropastoris dados à região dos tabuleiros interiores de Alto Santo, uma porção significativa da área anteriormente recoberta pela Caatinga Arbustiva Densa passou por severas desconfigurações. Esta vegetação encontra-se em parte degradada pela ação antrópica, sendo possível observar a substituição desta, pela Caatinga Arbustiva Aberta e pelos cultivos de cajueiros (Figura 15).

A Caatinga Arbustiva Densa, por sua vez, ocupa uma porção significativa da Chapada do Apodi e dos tabuleiros interiores da Formação Faceira. Exibe um adensamento do estrato arbustivo, o que lhe configura como uma unidade fitoecológica mais conservada em relação à Caatinga Arbustiva Aberta. Ressalta-se que, apesar do caráter mais preservado, este tipo de vegetação está cada vez menos representado no município, uma vez que estas áreas estão sendo utilizadas para atividades agrícolas em virtude do perímetro irrigado e para pecuária.


Mapa 5 - Fitoecologia de Alto Santo



Projeção: SIRGAS 2000 UTM Zona 24S
 Falso leste: 500000
 Falso norte: 10000000
 Meridiano central: -39°W.Gr.
 Fator de escala: 0,9996
 Latitude de origem: Linha do Equador
 Unidade linear métrica

Escala
 1:250000 em papel A3
 0 1,5 3 6 9 12 15 km





UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS





TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO





ALUNA: VANESSA MELO DOS SANTOS
 ORIENTADOR: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA

FORTALEZA
 2018

MAPA FITOECOLÓGICO
ALTO SANTO - CE

Legenda

 Rodovias  Drenagem
 Limites municipais  Corpos d'água

UNIDADES DE MAPEAMENTO	ÁREA (km ²)
 Caatinga Arbustiva Aberta	777
 Caatinga Arbustiva Densa	95
 Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arborea)	335
 Floresta Mista Dicotilo-Palmaceae (Mata Ciliar com Carnaúba)	124

Fonte: Limite municipal - IPECE (2015), Rodovias - IBGE (2010), Drenagem - SRH (2007), Corpos hídricos - interpretação de imagem de satélite (2018), Fitoecologia - FUNCEME (1996).

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Figura 15 - Cultivo de cajueiros nos tabuleiros interiores de Alto Santo



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

A área sedimentar de Alto Santo é predominantemente recoberta pela Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arbórea), a qual tem como principal característica a perda das folhas na estação seca. Além disso, apresenta espinhos, que são considerados um mecanismo de adaptação às condicionantes hídricas e climáticas.

Localizada ao longo das planícies fluviais do município em consequência da disponibilidade hídrica e da fertilidade dos solos, a Floresta Mista Dicotilo-Palmaceae (Mata Ciliar com Carnaúbas) encontra-se bastante descaracterizada devido aos diferentes usos da terra na região (Figura 16). A principal espécie associada a essa vegetação é a *Copernicea prunifera*, popularmente conhecida como carnaúba. Há também espécies como juazeiro (*Zizyphus joazeiro*) e oiticica (*Licania rigida*), além de espécies de porte arbustivo e gramíneas.

Figura 16 - Mata ciliar com carnaúbas em Alto Santo



Fonte: Autora, 2018.

De acordo com Belia (2016), a mata ciliar por toda a extensão do rio Figueiredo está sofrendo com a devastação, destacando-se o trecho a jusante de Alto Santo até a confluência com o rio Jaguaribe, onde há o predomínio de áreas irrigadas e em processo de antropização.

5.2.3 Climatologia e hidrologia

Assim como em grande parte da região semiárida, os tipos climáticos que ocorrem no município de Alto Santo são o As e o BSh de Köppen. O primeiro é caracterizado por ser tropical, megatérmico, sem estação invernal e com precipitação anual total média compreendida entre 380 e 760 mm. Já o segundo, é árido e seco, com temperaturas elevadas e com evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual.

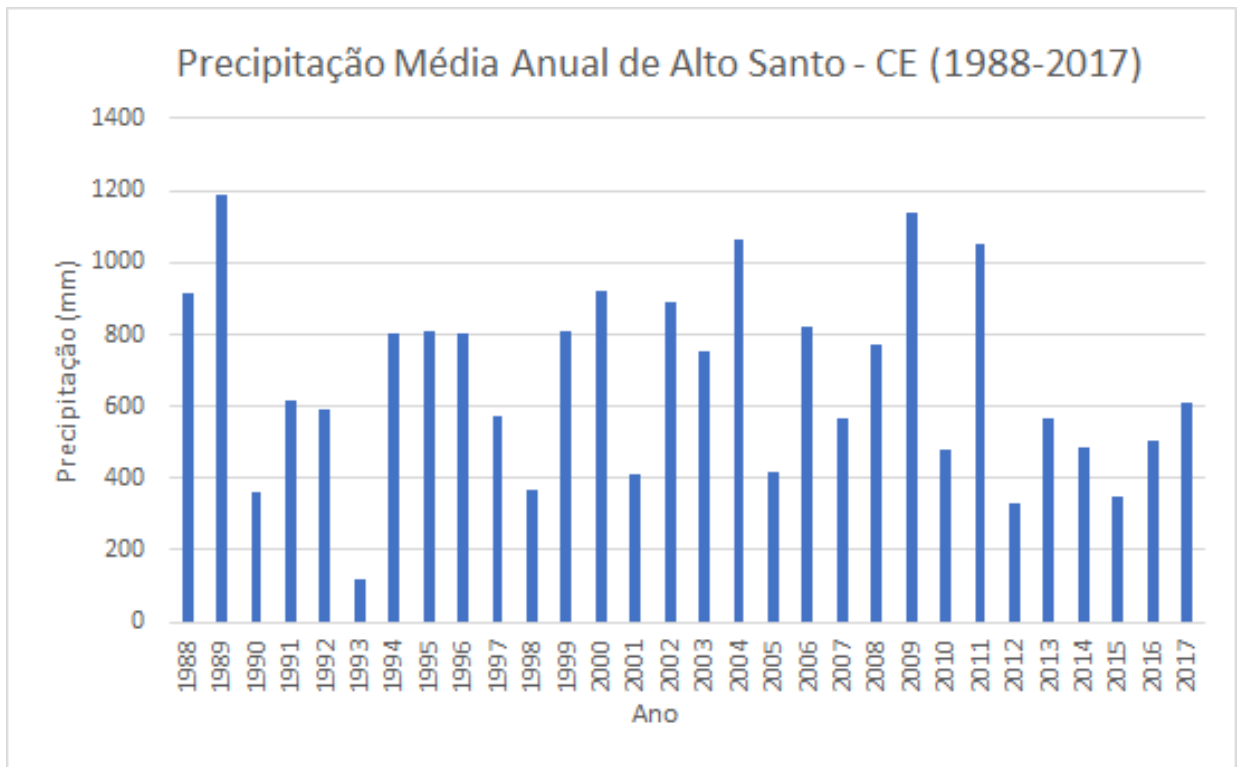
Em geral, na região as chuvas são irregulares e escassas, ocorrendo com certa frequência durante apenas 3 ou 4 meses. Em relação à temperatura, esta tem

baixa amplitude e varia de 26°C a 28°C. Apresenta também altas taxas de evaporação e umidade por volta de 50%.

A precipitação média anual dos últimos 30 anos (Gráfico 1) confirma que o nível de chuvas no município ficou abaixo dos 800 mm em quase todo o período. Apenas em 1989, 2004, 2009 e 2011 os valores ficaram acima de 1000 mm. Em contraposição, nos anos de 1990, 1993, 1998, 2012 e 2015 a média esteve abaixo dos 400 mm, configurando secas severas na região.

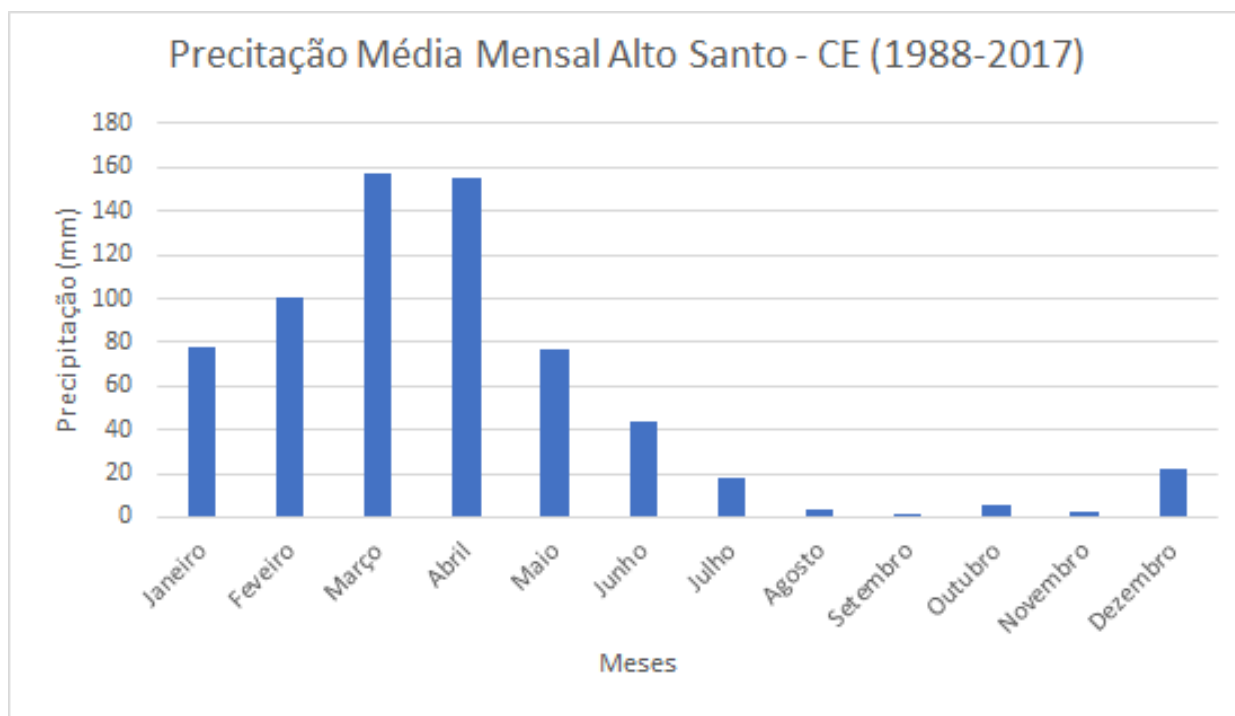
Conforme o gráfico 2, observa-se que o período chuvoso da região ocorre nos primeiros meses do ano. Destacam-se os meses de fevereiro a abril, os quais apresentam precipitação média mensal superior a 100 mm. O segundo semestre é marcado por períodos bem secos, tendo médias inferiores a 10 mm.

Gráfico 1 - Precipitação média anual de Alto Santo - CE, série histórica 1988-2017



Fonte: Adaptado de Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

Gráfico 2 - Precipitação média mensal de Alto Santo - CE, série histórica 1988-2017



Fonte: Adaptado de Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos.

A UNEP (United Nations Environment Programme), em 1992, elaborou uma fórmula (Fórmula 1) e uma classificação (Quadro 3) para a identificação do índice de aridez. A Funceme, utilizando-se desse modelo, realizou o cálculo desse índice para os municípios do estado do Ceará e, para obter tal resultado, fez uso de dados que compreenderam o período de 1974 a 2012. As informações de Alto Santo que serviram de base para o cálculo podem ser observadas no quadro 4. Como resultado, obteve-se o valor de 38, que de acordo com a classificação é considerado como semiárido (Figura 17) (FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, [201-]).

Fórmula 1 - Fórmula do índice de aridez

$$IA = 100 \times Pr / ET_0$$

Onde:

IA = Índice de aridez;

Pr = Precipitação média anual;

ET₀ = Evapotranspiração de referência média anual.

Quadro 3 - Classificação do índice de aridez proposta pela UNEP

ÍNDICE DE ARIDEZ	CLASSIFICAÇÃO
$IA < 20$	ÁRIDO
$20 \leq IA < 50$	SEMIÁRIDO
$50 \leq IA < 65$	SUBÚMIDO SECO
$65 \leq IA < 100$	SUBÚMIDO ÚMIDO

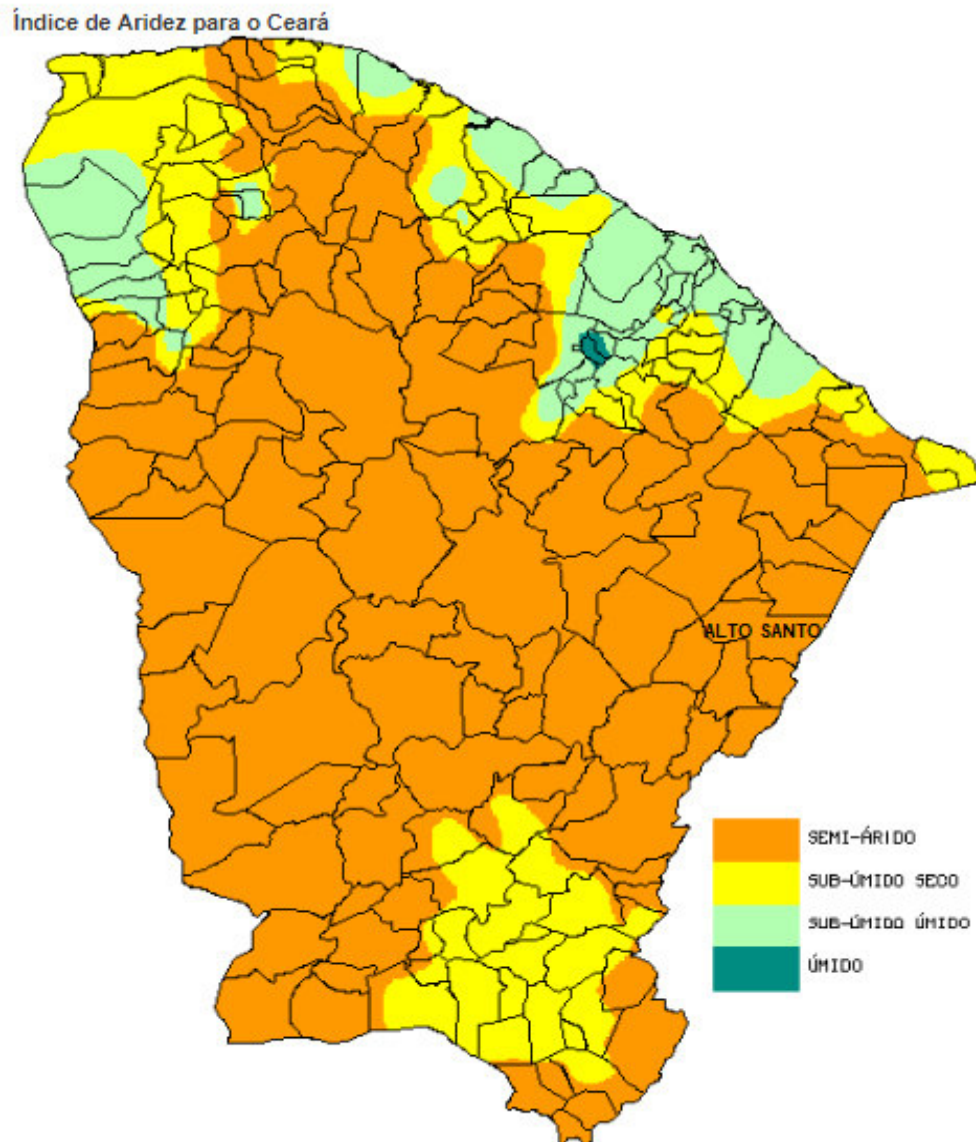
Fonte: Adaptado de Funceme.

Quadro 4 - Dados utilizados para cálculo do índice de aridez de Alto Santo – CE

PARÂMETROS	VALORES
Precipitação média anual	733,4
Evapotranspiração de referência média anual	1931,1

Fonte: Adaptado de Funceme.

Figura 17 - Índice de aridez dos municípios do Ceará

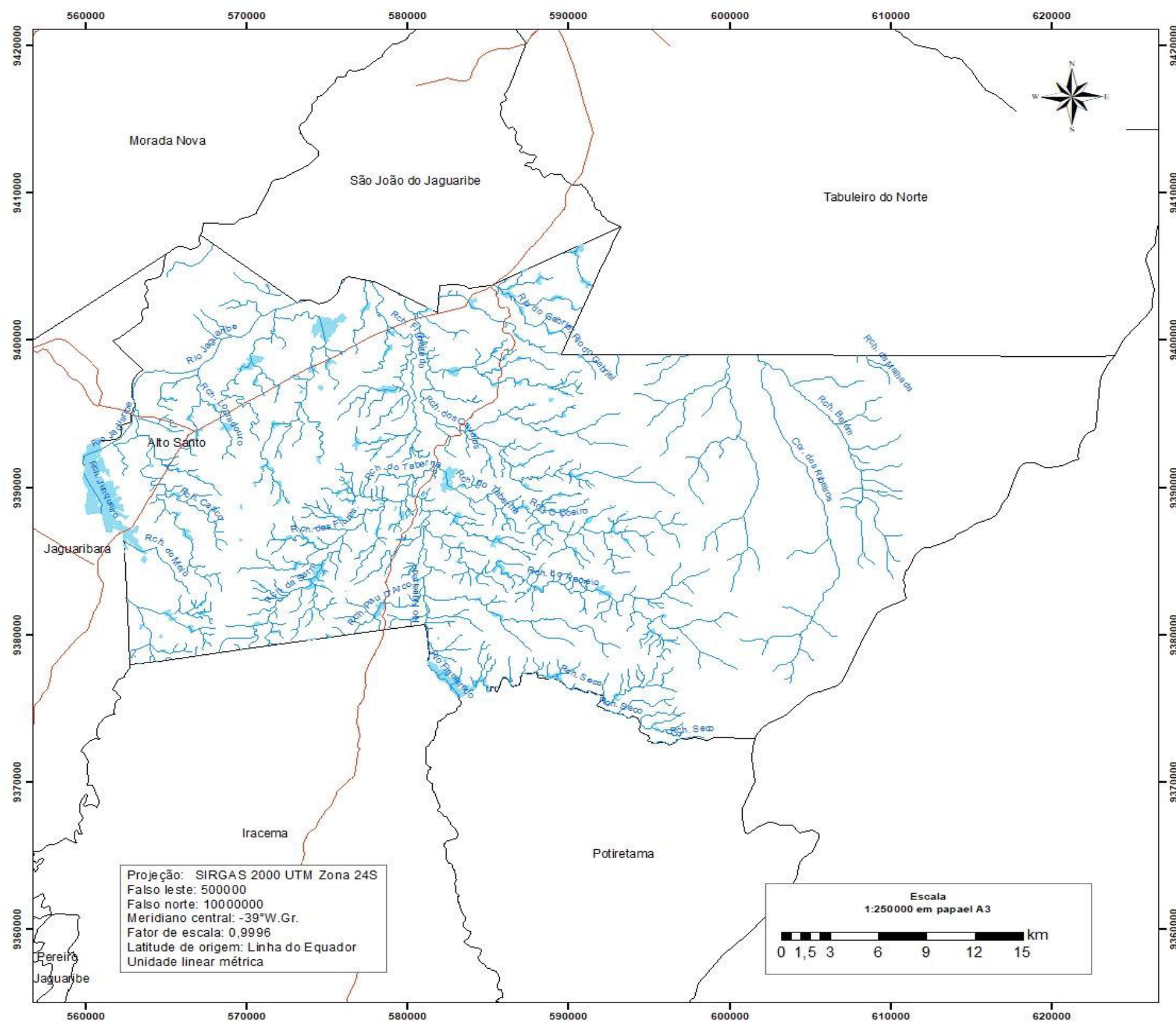


Fonte: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos [201-].

O município insere-se no contexto de duas bacias hidrográficas: Médio Jaguaribe e Baixo Jaguaribe. A respeito da drenagem superficial, tem-se como principais rios o Jaguaribe e o Figueiredo. Destaca-se, ainda, a presença dos riachos Bezerra, Várzea Grande, das Flores e Seco (Mapa 6).

Em relação aos açudes, os de maior importância são o Castanhão com 6.700.000.000 m³ de capacidade, o Riacho da Serra com 23.470.000 m³ de capacidade (Figura 18) e o Taborda com 700.000 m³ de capacidade (SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ, 2017).

Mapa 6 - Hidrografia de Alto Santo



Fonte: Elaborado pela autora (2018).



Figura 18 - Riacho da Serra



Fonte: Arquivo pessoal (2018).

Segundo relatório elaborado por Feitosa, Oliveira e Vasconcelos (1998, p.8), são identificados “quatro domínios hidrogeológicos distintos: rochas cristalinas, sedimentos mesozóicos da bacia do Apodi (aqüíferos Açú e Jandaíra) e sedimentos fanerozóicos, envolvendo coberturas elúvio-coluviais e aluvionares”.

Na região observa-se o predomínio de aquíferos fissurais, onde a água circula através das fraturas, fendas e falhas associados às rochas cristalinas. Alguns problemas como a baixa vazão e a salinização da água devido à falta de circulação e aos efeitos do clima semiárido tornam baixo o potencial hidrológico, contudo ainda há o uso de poços para abastecimento de pequenas comunidades locais. O aquífero Açú apresenta, por sua vez, um potencial hidrológico elevado com poços de alta vazões. O Jandaíra, apesar de ter um potencial menor em relação ao Açú, produz vazões significativas, no entanto compreende apenas uma pequena porção do município. As áreas que abrangem os sedimentos fanerozóicos não são muito expressivas nesse contexto em razão das espessuras reduzidas e descontinuidade dos sedimentos areno-argilosos (FEITOSA; OLIVEIRA; VASCONCELOS, 1998).

5.3 Identificação dos sistemas e subsistemas ambientais

A delimitação e descrição dos sistemas e subsistemas ambientais do município de Alto Santo foi realizada a partir da síntese das informações observadas na caracterização ambiental e do levantamento realizado em campo, o qual proporcionou a constatação dos impactos das atividades econômicas e exploratórias na região. Tais dados foram levados em consideração na avaliação do grau de estabilidade e de degradação de cada sistema/subsistema ambiental.

As características geológicas, geomorfológicas, pedológicas, fitoecológicas e climatológicas foram analisadas de forma integrada, a fim de possibilitar a diferenciação das unidades geoambientais. A partir disso, obteve-se como resultado, o mapeamento de 4 sistemas ambientais e 6 subsistemas ambientais como pode ser observado no quadro 5 e no mapa 7.

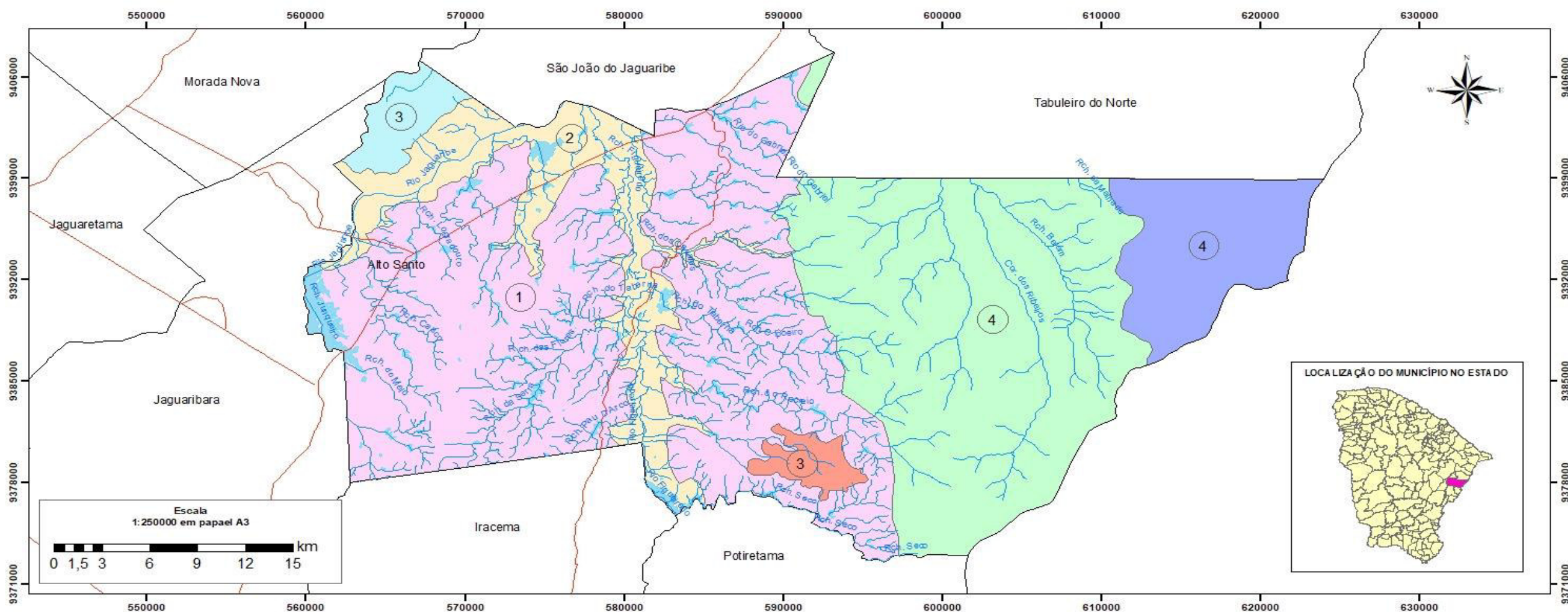
Com o objetivo de simplificar e condensar os aspectos necessários à compreensão desses ambientes, elaborou-se quadros sínteses (Quadros 6, 7, 8, 9, 10 e 11) que apresentam como parâmetros: as características naturais dominantes, o nível de estabilidade, o nível de degradação, as condições de uso e ocupação, os impactos ambientais configurados e o cenário tendencial.

Quadro 5 - Sistemas e subsistemas ambientais encontrados em Alto Santo

SISTEMAS AMBIENTAIS	SUBSISTEMAS AMBIENTAIS
Depressão Sertaneja	Sertões de Alto Santo
Planície Fluvial	Planícies Fluviais do Médio Curso do Rio Jaguaribe
Tabuleiro Interior	Tabuleiros Interiores de Bom Jesus
	Tabuleiros Interiores de Belas Águas
Chapada do Apodi	Planaltos Sedimentares da Formação Açu
	Planaltos Sedimentares da Formação Jandaíra

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Mapa 7 - Sistemas e subsistemas ambientais de Alto Santo



SISTEMAS AMBIENTAIS	SUBSISTEMAS AMBIENTAIS
Depressão Sertaneja ①	Sertões de Alto Santo
Planície Fluvial ②	Planícies Fluviais do Médio Curso do Rio Jaguaribe
Tabuleiro Interior ③	Tabuleiros Interiores de Belas Águas Tabuleiros Interiores de Bom Jesus
Chapada do Apodi ④	Planaltos Sedimentares da Formação Açú Planaltos Sedimentares da Formação Jandaíra

SIMBOLOGIA

- Rodovias
- Drenagem
- Limites municipais
- Corpos d'água

Projeção: SIRGAS 2000 UTM Zona 24S
 Falso leste: 500000
 Falso norte: 10000000
 Meridiano central: -39°W.Gr.
 Fator de escala: 0,9996
 Latitude de origem: Linha do Equador
 Unidade linear métrica



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: VANESSA MELO DOS SANTOS
 ORIENTADOR: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA

FORTALEZA
 2018

MAPA DE SISTEMAS E SUBSISTEMAS AMBIENTAIS
ALTO SANTO - CE

Fonte: Limite municipal - IPECE (2015), Rodovias - IBGE (2010), Drenagem - SRH (2007), Corpos hídricos - interpretação de imagem de satélite (2018), Sistemas e subsistemas ambientais: interpretação de imagem de satélite e levantamento de campo (2018).

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 6 - Descrição do Subsistema Ambiental – Sertões de Alto Santo

Sistema Ambiental - Depressão Sertaneja			
Subsistema Ambiental - Sertões de Alto Santo			
Características Naturais Dominantes	Nível de Estabilidade	Condições de Uso e Ocupação	Impactos Ambientais Configurados
<p>Sistema dominante na região, apresenta uma alta diversidade de litotipos, sendo os mais encontrados os ortognaisses migmatizados, os paragnaisses, os anfibolitos e os augenortognaisses graníticos. Constitui-se de relevos planos, por vezes entrecortados por suaves ondulações, e que apresentam a ocorrência de ravinas e voçorocas. O clima é tropical, megatérmico e com precipitação inferior a 800 mm. Têm como principal tipo de solo os Neossolos Litólicos, os quais são rasos e pedregosos. Exibe uma grande quantidade de pavimentos desérticos.</p>	<p>Ambiente de transição com tendência à instabilidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Localização de sítios urbanos. • Áreas utilizadas para a pecuária extensiva, com pastagens naturais. • Predominância de lavouras de caráter temporário, sendo o plantio de milho e feijão, os mais significativos. • Extração vegetal de lenha e de madeira em tora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de áreas degradadas. • Solo e substrato expostos. • Descaracterização da cobertura vegetal primária. • Exploração da terra acima da capacidade de suporte. • Escassez hídrica.

A vegetação associada a esse ambiente é a Caatinga Arbustiva Aberta.			
	Nível de Degradação		Cenário Tendencial
	Elevado grau de degradação.		<ul style="list-style-type: none"> • Permanecendo-se as condições de uso da terra e de escassez hídrica, verifica-se a tendência de intensificação dos processos erosivos bem como da degradação que pode culminar na desertificação do ambiente. • Inviabilidade do uso da terra para atividades agropastoris. • Possível aumento da descaracterização da vegetação local.

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 7 - Descrição do Subsistema Ambiental – Planícies Fluviais do Médio Curso do Rio Jaguaribe

Sistema Ambiental - Planície Fluvial			
Subsistema Ambiental - Planícies Fluviais do Médio Curso do Rio Jaguaribe			
Características Naturais Dominantes	Nível de Estabilidade	Condições de Uso e Ocupação	Impactos Ambientais Configurados
<p>Constituído por sedimentos inconsolidados do Quaternário, é um ambiente com gênese baseada em fatores como a deposição fluvial, a competência energética e o regime hidrológico da bacia na qual se insere. Está sujeito a inundações periódicas. É encontrado nos terraços e leitos dos rios da região, com larguras bastante significativas. Exibe condições climáticas de baixa pluviosidade e de temperaturas elevadas, com evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual. O solo presente é o Neossolo Flúvico associado à Mata</p>	<p>Ambiente de transição com tendência à instabilidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Culturas de vazante. • Extração vegetal da cera da carnaúba. • Atividades de aquicultura e pesca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradação da cobertura vegetal, ocasionada pela agricultura de culturas de vazante. • Cultivos em área de preservação permanente. • Exploração ambiental superior à carga de suporte.

Ciliar com Carnaúba e à Caatinga Arbustiva Aberta.			
	Nível de Degradação		Cenário Tendencial
	Moderado grau de degradação.		<ul style="list-style-type: none"> • Caso não haja nenhuma mudança no cenário econômico da região ou na consciência ambiental da população, a tendência é o aumento da exploração ambiental e conseqüente aceleração dos processos de degradação. • Aumento do desmatamento das matas ciliares, configurando a perda de áreas de preservação permanente. • É provável a ocorrência de assoreamento dos corpos hídricos, além da diminuição da carga hídrica. • Conflitos pelo uso da água.

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 8 - Descrição do Subsistema Ambiental – Tabuleiros Interiores de Bom Jesus

Sistema Ambiental - Tabuleiro Interior			
Subsistema Ambiental - Tabuleiros Interiores de Bom Jesus			
Características Naturais Dominantes	Nível de Estabilidade	Condições de Uso e Ocupação	Impactos Ambientais Configurados
<p>Com cotas altimétricas de até 120 m, configura-se por ter uma superfície geomorfológica tabular e aplanada. Possui uma litologia composta por conglomerados e arenitos da Formação Faceira. O clima predominante é o As de Köppen, onde a pluviosidade varia entre 380 e 760 mm e a temperatura média é superior a 26 °C. Os solos da região têm uma profundidade mediana e são bem drenados (Argissolos Vermelho-Amarelos), possibilitando o uso agrícola. Apresenta como vegetação a Caatinga Arbustiva Aberta e a Caatinga Arbustiva Densa,</p>	<p>Ambiente de transição com tendência natural à estabilidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cultivos anuais, temporários e permanentes, com destaque para os plantios de cajueiros que predominam na região. • Pecuária extensiva de bovinos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da área coberta pela Caatinga Arbustiva Densa. • Desconfiguração da vegetação, com retirada da cobertura original para possibilitar o cultivo de caju.

desconfiguradas em parte pelos cultivos de cajueiros.			
	Nível de Degradação		Cenário Tendencial
	Moderado grau de degradação.		<ul style="list-style-type: none"> • Permanecendo-se o cenário de seca, o cultivo da terra se tornará inviável. • Exploração dos recursos ambientais superior à carga de suporte. • Possível aumento de áreas degradadas. • Conflitos pelo uso da água para consumo e para a agricultura. • Problemas como a salinização podem ocorrer em virtude da irrigação das culturas.

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 9 - Descrição do Subsistema Ambiental – Tabuleiros Interiores de Belas Águas

Sistema Ambiental - Tabuleiro Interior			
Subsistema Ambiental - Tabuleiros Interiores de Belas Águas			
Características Naturais Dominantes	Nível de Estabilidade	Condições de Uso e Ocupação	Impactos Ambientais Configurados
<p>Formado por arenitos, siltitos e folhelhos da Formação Açú, exhibe relevo tabuliforme e aplanado com cotas que atingem cerca de 190 m. Apresenta um clima quente, com chuvas escassas e altas taxas de evapotranspiração. Tem como solo os Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos, que podem ser bem aproveitado para atividades agrícolas a partir da correção de acidez e adubação. A vegetação configurada é a Caatinga Arbustiva Aberta, a qual encontra-se em algumas áreas descaracterizada pelo cultivo de caju.</p>	<p>Ambiente de transição com tendência natural à estabilidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura, principalmente de culturas permanentes como o caju. • Áreas de pastagens naturais. • Pecuária extensiva. 	<ul style="list-style-type: none"> • Degradação da vegetação, devido à retirada para o plantio de caju. • Perda da capacidade de suporte da terra.

Nível de Degradação	Cenário Tendencial
Moderado grau de degradação.	<ul style="list-style-type: none">• Possíveis problemas com salinização devido à prática de irrigação das culturas.• Perda de produtividade e aumento da demanda por recursos hídricos, se permanecer as condições de seca.

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 10 - Descrição do Subsistema Ambiental – Planaltos Sedimentares da Formação Açu

Sistema Ambiental - Chapada do Apodi			
Subsistema Ambiental - Planaltos Sedimentares da Formação Açu			
Características Naturais Dominantes	Nível de Estabilidade	Condições de Uso e Ocupação	Impactos Ambientais Configurados
<p>Representado geomorfologicamente pela feição de planalto, exhibe rebordos erosivos com 50 a 100 metros de desnivelamento. É composto pelos arenitos, siltitos e folhelhos da Formação Açu. Ocorrência de dois tipos climáticos: As e o BSh de Köppen. Temperaturas elevadas e concentração de chuvas em apenas 4 meses (nos primeiros meses do ano). Estão presentes na região os Argissolos Vermelho-Amarelos, os Neossolos Quartzarênicos e os Vertissolos, os quais são bastante utilizados para a atividade agrícola. A vegetação é composta</p>	<p>Ambiente com tendência natural à estabilidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura irrigada de culturas anuais, temporárias e permanentes. • Pecuária extensiva. • Extração vegetal de madeira em tora, lenha e carvão vegetal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Desconfiguração da vegetação em virtude da extração vegetal.

predominantemente pela Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arborea), mas há presença também da Caatinga Arbustiva Aberta e da Caatinga Arbustiva Densa.			
	Nível de Degradação		Cenário Tendencial
	Baixo grau de degradação.		<ul style="list-style-type: none"> • Permanecendo-se as condições ambientais atuais de seca e aumentando-se a atividade de agricultura com irrigação é possível que ocorra processos de salinização do solo. • Exploração demasiada da terra, podendo gerar problemas como perda da capacidade de suporte.

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 11 - Descrição do Subsistema Ambiental – Planaltos Sedimentares da Formação Jandaíra

Sistema Ambiental - Chapada do Apodi			
Subsistema Ambiental - Planaltos Sedimentares da Formação Jandaíra			
Características Naturais Dominantes	Nível de Estabilidade	Condições de Uso e Ocupação	Impactos Ambientais Configurados
<p>Localizado na porção nordeste do município de Alto Santo, é constituído pelos calcários, folhelhos e siltitos. Apresenta feição de planalto, ocupando o topo da Chapada do Apodi. O clima é caracterizado por elevadas temperaturas e baixa pluviosidade (inferior a 800 mm). Exibe solos com boa fertilidade (Cambissolos Eutróficos) associados à Floresta Caducifolia Espinhosa (Caatinga Arbórea) e à Caatinga Arbustiva Densa.</p>	<p>Ambiente com tendência natural à estabilidade.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Atividades agrícolas com culturas irrigadas de caráter anual, temporário e permanente. • Uso das pastagens naturais para a prática de pecuária extensiva. • Extração vegetal de madeira em tora, lenha e carvão vegetal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exploração ambiental com viés econômico. • Descaracterização da vegetação original, em decorrência das atividades agropecuárias.

Nível de Degradação	Cenário Tendencial
Baixo grau de degradação.	<ul style="list-style-type: none">• Possível salinização do solo por ocasião do cultivo por irrigação.• Diminuição da produtividade em virtude da perda de qualidade do solo.

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

5.4 Verificação da degradação de terras em Alto Santo

A verificação da ocorrência de degradação de terras no município de Alto Santo foi realizada a partir dos sistemas e dos subsistemas ambientais identificados na área de estudo. Para isso, foram levados em consideração os seguintes aspectos: condições edáficas, presença de pavimentos desérticos, atuação de processos erosivos, condições climáticas, disponibilidade hídrica e usos inadequados da terra.

O subsistema ambiental de maior expressão na região pesquisada, os Sertões de Alto Santo, destaca-se por ter apresentado elevado grau de degradação. Os solos, caracteristicamente rasos, exibem muita pedregosidade superficial, configurando a ocorrência de pavimentos desérticos. A baixa pluviosidade, agravada pelos anos de seca, restringe a disponibilidade de água para a vegetação que, às vezes, acaba não resistindo ao estresse hídrico. Isso possibilita que o solo fique bastante exposto aos processos erosivos. Devido à pequena capacidade de suporte do ambiente, a eficiência da produção sofre declínio. Os produtores, com isso, passam a explorar mais áreas, intensificando o cenário de degradação das terras.

Com um menor grau de degradação (moderado) que o subsistema anterior, as Planícies Fluviais do Médio Curso do Rio Jaguaribe apresentam solos mais profundos e férteis, porém com elevada susceptibilidade à salinização. O manejo incorreto da terra com ações de retirada da mata ciliar para o desenvolvimento de atividades agrícolas torna desprotegido o solo da região, além de acentuar o assoreamento nos corpos hídricos.

No subsistema ambiental Tabuleiros Interiores de Bom Jesus, a degradação de terras encontra-se em estágio moderado. Contudo, o progresso na descaracterização da vegetação originária por meio do crescente cultivo de caju pode trazer sérios danos à qualidade do solo. Somando-se a isso, a permanência de condições climáticas severas de seca pode culminar no possível aumento da degradação.

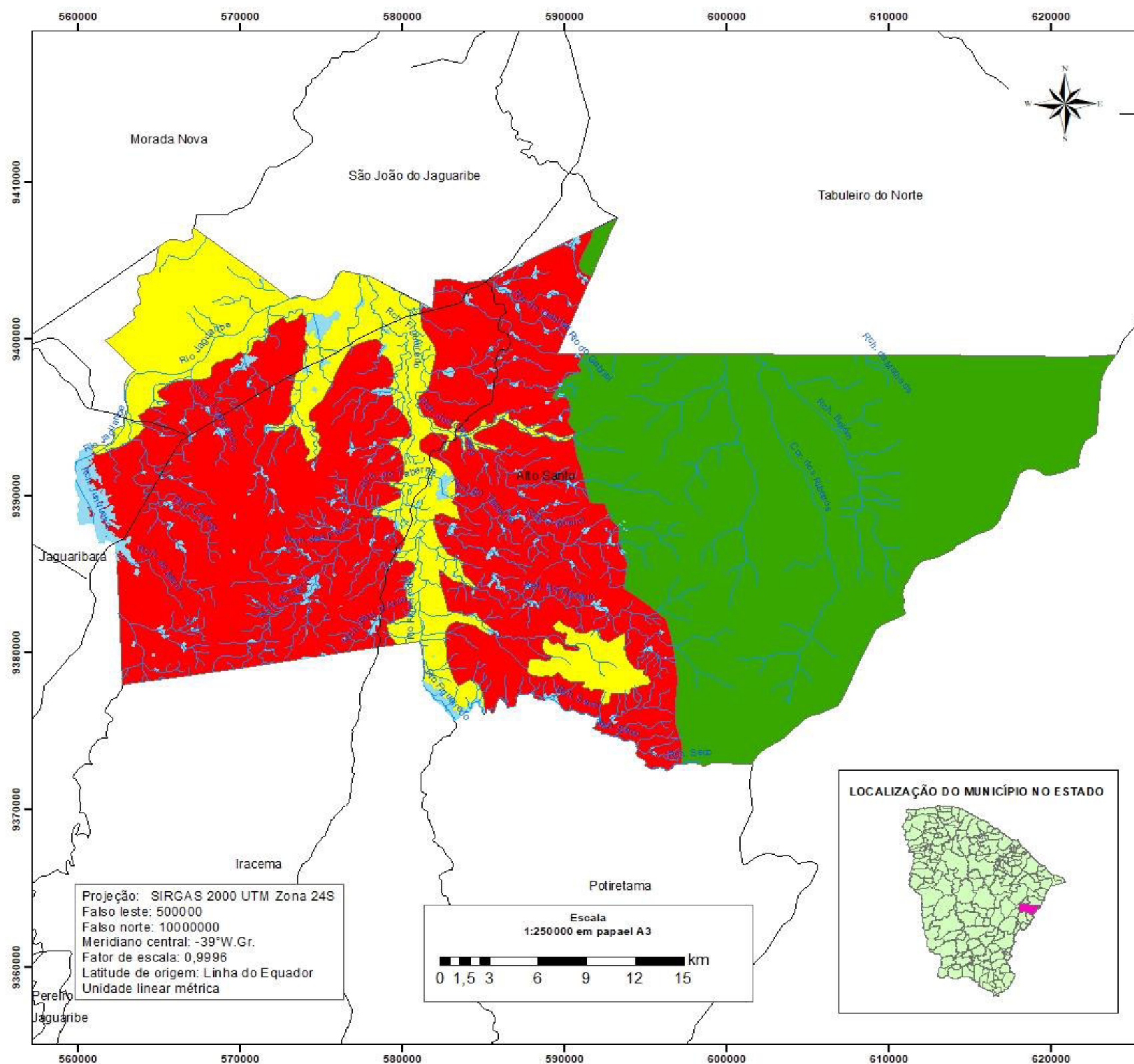
Já o subsistema ambiental Tabuleiros Interiores de Belas Águas, possui solos bons para a agricultura, o que faz com que a área seja bastante aproveitada para tal finalidade. Apesar da descaracterização da vegetação natural em consequência dos plantios, principalmente de caju, o estágio de degradação apresenta-se moderado. Essa região também enfrenta problemas advindos da baixa

precipitação e elevada evapotranspiração, além das secas. Esses fatores em conjunto contribuem de maneira significativa para o estabelecimento da degradação.

O Sistema Ambiental da Chapada do Apodi, destaca-se no município por apresentar as melhores condições em relação aos processos de degradação. Por ser um sistema que apresenta uma tendência à estabilidade, pode ser afetado mais em virtude das condições climáticas e das pressões de uso da terra. Dentro dessa delimitação há dois subsistemas: o subsistema ambiental dos Planaltos Sedimentares da Formação Açu e o subsistema ambiental dos Planaltos Sedimentares da Formação Jandaíra. O primeiro, caracterizado por sua formação arenítica, exibe solos propícios à agricultura. Dessa forma, tal atividade é bem explorada na região e impulsionada pelas técnicas de irrigação. Ainda que durante a atividade de campo não tenha sido observado, a salinização, consequência do uso demasiado da irrigação, pode conduzir a estágios mais graves de degradação. Já o segundo, de base litológica calcárea, tem como solos os Cambissolos Eutróficos que têm boa fertilidade. Isso estimula as atividades agrícolas que, assim como no subsistema ambiental dos Planaltos Sedimentares da Formação Açu, também faz uso de irrigação, a qual pode afetar as condições do solo e ocasionar degradação das terras. Contudo, a degradação dessa área ainda se encontra em baixo nível.

Os níveis de degradação do município de Alto Santo bem como sua distribuição e extensão podem ser observados no mapa 8.

Mapa 8 - Mapa de degradação de Alto Santo



Fonte: Limite municipal - IPECE (2015), Rodovias - IBGE (2010), Drenagem - SRH (2007), Corpos hídricos - interpretação de imagem de satélite (2018), Degradação - interpretação de imagem de satélite e levantamento de campo (2018).

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALUNA: VANESSA MELO DOS SANTOS
 ORIENTADOR: MARCUS VINÍCIUS CHAGAS DA SILVA

FORTALEZA
 2018

MAPA DE DEGRADAÇÃO
ALTO SANTO - CE

Legenda

Rodovias Drenagem
 Limites municipais Corpos d'água

NÍVEL DE DEGRADAÇÃO	ÁREA (km ²)
Baixo	528
Moderado	200
Elevado	628

5.5 Proposições para a recuperação das áreas degradadas

A partir da verificação da ocorrência de degradação no município, observou-se que este apresenta um elevado grau de degradação em 46% de suas terras. Visando evitar a perda produtiva completa dessa área, as primeiras medidas que devem ser aplicadas são as de técnicas que possibilitem a recuperação ambiental. Dentre essas, podem ser utilizadas em conformidade com as características desse ambiente semiárido:

- Os cordões em contorno com pedras que servem para proteger o solo das perdas ocasionadas pelo escoamento superficial na região que exhibe elevada pedregosidade, além de contribuir após a remoção das pedras no manejo dos solos.
- O pousio, que é uma técnica simples, econômica e natural, consiste na regeneração espontânea da vegetação por meio do isolamento da área, ou seja, sem o desenvolvimento de atividades agrícolas e sem pastoreio.
- O plantio direto de espécies nativas, as quais são adaptadas às condições ambientais de semiaridez como o sabiá, a jurema preta e a catingueira. Essa medida tem como objetivo minimizar e estabilizar os processos erosivos.
- A construção de barragem subterrânea que retém água da chuva que escoou em cima e dentro do solo, propiciando ao terreno uma umidade que permanece de dois a cinco meses após a época chuvosa e viabiliza o plantio mesmo em época de estiagem.

Sendo assim, para o Sistema Ambiental da Depressão Sertaneja, sugere-se a compatibilização dos usos já estabelecidos (urbanização e atividades agropecuárias) com a recuperação intensiva da área e a delimitação de áreas prioritárias para proteção e conservação do solo e da vegetação.

No Sistema Ambiental da Planície Fluvial, onde a degradação encontra-se moderada, a prioridade é a recomposição da mata ciliar com o fortalecimento da preservação em áreas de APP (Áreas de Preservação Permanente). Os usos devem ser compatíveis e sustentáveis, à medida que esta porção do município é uma das mais favoráveis para o desenvolvimento das atividades agrícolas e de extração vegetal.

A região representada pelos sistemas ambientais associados aos tabuleiros apresentam condições de uso semelhantes, onde o cultivo de caju é predominante. Diante disso, o estágio da degradação mostra-se moderado e, para evitar o aumento desse impacto, propõe-se que os tipos de usos permanecem os mesmos desde que estes se deem de maneira sustentável com a redução da retirada da vegetação natural para abertura de áreas agricultáveis.

Já no Sistema Ambiental da Chapada do Apodi, o estado das terras encontra-se sob baixa pressão dos processos degradacionais. Nesse caso, cabe a aplicação de medidas preventivas, a começar pela adoção de métodos para evitar a salinização dos solos em virtude da irrigação. Para isso, aponta-se como soluções a lixiviação (lavagem dos sais do solo) e drenagem. Somando-se a isso, o emprego de água em quantidades corretas e de boa qualidade e a redução de adubos químicos podem ajudar ao dificultar a ocorrência de salinização. Tendo em vista essas condições, os tipos de uso podem manter-se sob a condição de ser sustentável.

Sintetizando as informações acima, destacam-se como elementos imprescindíveis para a recuperação das terras a regulação, a correção e a sustentabilidade dos tipos de uso, os quais podem ser alcançados a partir das orientações sugeridas.

6 CONCLUSÃO

A análise ambiental integrada realizada possibilitou a constatação da ocorrência de degradação no município de Alto Santo. Esta, não se fez homogênea por toda a área de estudo, exibindo estágios degradacionais que variaram de elevado a baixo nos sistemas e subsistemas ambientais mapeados. As diversidades na conformação ambiental bem como os diferentes usos dados à terra de cada delimitação espacial podem ser apontados como os responsáveis por essa diferença.

Aproximadamente metade do município encontra-se bastante degradada, com recorrente presença de pedregosidades, pavimentos desérticos e voçorocas. Permanecendo-se essas condições, em poucos anos a terra perderá toda a sua capacidade de suporte para os usos agropastoris e ocasionará graves problemas socioeconômicos para a população local. Ademais, alerta-se sobre a probabilidade de progressão para o estágio de desertificação, onde a recuperação é muito difícil ou impraticável.

Em contrapartida, o sistema ambiental da Chapada do Apodi, que ocupa uma grande porção de Alto Santo (38%), apresentou-se estabilizado e com poucos indicadores de degradação ou nenhum. Entretanto, para manter a qualidade ambiental desse espaço é necessário realizar o manejo adequado do uso da terra, ainda que as condições naturais sejam menos propícias ao desencadeamento desse impacto.

As outras regiões exibem uma degradação moderada, a qual pode ser remediada desde que haja uma compatibilização das atividades realizadas com a preservação do meio ambiente.

As sugestões dadas para a recuperação das terras são bastante viáveis para o contexto do semiárido e fáceis de serem implantadas pelos gestores da municipalidade. Conclui-se, portanto, que as condições naturais de clima semiárido, altas taxas de evaporação e solos rasos associadas ao uso inadequado da terra conduziram o município de Alto Santo a elevados níveis de degradação, sendo necessário, em caráter de urgência, a adoção de técnicas para a recuperação das terras. Dessa forma, problemas de ordem ambiental, social e econômica podem ser evitados.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Ecossistemas Continentais. In: OLIVEIRA, E. M.; KACOWICZ, Z. (Coords.). **Relatório da Qualidade do Meio Ambiente - RQMA: Sinopse**. Brasília: SEMA, 1984.
- ALMEIDA, F. F. M. et al. Províncias estruturais brasileiras. **Anais**. Campina Grande, Pb: [s.n.], 1977.
- ALMEIDA, I. C. S.; SOUZA, M. J. N. Convergências e Controvérsias Conceituais sobre Degradação Ambiental/Desertificação. **Revista Geoece**, Fortaleza, v. 2, n. 3, p.142-156, jul./dez. 2013. Semestral. Disponível em: <<http://seer.uece.br/?journal=geoece&page=article&op=view&path%5B%5D=749&path%5B%5D=794>>. Acesso em: 08 ago. 2018.
- ARAÚJO, G. G. L. et al. **As Forrageiras Nativas como Base da Sustentabilidade da Pecuária do Semi-árido**. In: Congresso Nordeste de Produção Animal, 3., 2004, Campina Grande. SNPA: UFPB-CCA, 2004. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/154569?mode=simple>>. Acesso em: 16 abr. 2018.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental de Áreas Degradadas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 322 p.
- ARAÚJO, S. M. S. A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica**, Paulo Afonso, v. 5, n. 5, p.89-98, dez. 2011. Disponível em: <<http://www.fasete.edu.br/revistarios/internas/conteudo/?id=7>>. Acesso em: 07 abr. 2018.
- BELIA, V. et al (Coord.). **Programa de Desenvolvimento Urbano de Pólos Regionais - Vale do Jaguaribe e Vale do Acaraú: Atualização do Plano de Desenvolvimento Regional**. [s. l.]: Sociedade Portuguesa de Inovação/OIKOS Pesquisa Aplicada Ltda, 2016.
- BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p.1-27, 1972.
- BIGARELLA, J. J. Superfícies aplainadas. In: **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Contribuições de Everton Passos; Maria Lúcia de Paula Herrmann; Gilberto Friedenreich dos Santos; Magaly Mendonça; Eduardo Salamuni e Kenitiro Suguio. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003.v.3, p.877-1436.
- BIZZI, L. A. et al (Ed.). **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Texto, Mapas e SIG**. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2003. 692 p.
- BRANDÃO, L. R.; FREITAS, L. C. B. (Org.). **Geodiversidade do Estado do Ceará**. Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014. 214 p.
- BRASIL. Lei Complementar nº 125, de 03 de janeiro de 2007. **Institui, na forma do Art. 43 da Constituição Federal, a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste - Sudene; Estabelece sua Composição, Natureza Jurídica, Objetivos,**

Áreas de Atuação, Instrumentos de Ação; Altera a Lei nº 7.827, de 27 de Setembro de 1989, e a Medida Provisória nº 2.156, de 24 de Agosto de 2001; Revoga a Lei Complementar nº 66, de 12 de Junho de 1991; e dá Outras Providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 04 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/LCP/Lcp125.htm>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 1348, de 10 de fevereiro de 1951. **Dispõe Sobre a Revisão dos Limites da Área do Polígono das Sêcas.** Rio de Janeiro, RJ: D.O.U., 14 fev. 1951. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L1348.htm>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 175, de 07 de janeiro de 1936. **Regula o Disposto no Art. 177 da Constituição.** Rio de Janeiro, RJ: CLBR, 16 jan. 1936. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/1930-1949/L175.htm>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 4239, de 27 de junho de 1963. **Aprova o Plano Diretor do Desenvolvimento do Nordeste para os Anos de 1963, 1964 e 1965, e dá Outras Providências.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 12 jul. 1963. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4239.htm>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 4763, de 30 de agosto de 1965. **Inclui, no Polígono das Sêcas, o Município de Vitória da Conquista, no Estado da Bahia e dá Outras Providências.** Brasília, DF: D.O.U., 31 ago. 1965. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/L4763.htm>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus Fins e Mecanismos de Formulação e Aplicação, e dá Outras Providências.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, 02 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938compilada.htm>. Acesso em: 08 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 7827, de 27 de setembro de 1989. **Regulamenta o Art. 159, Inciso I, Alínea C, da Constituição Federal, Institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte – FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá Outras Providências.** Brasília, DF: Diário Oficial da União, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/leis/L7827.htm>. Acesso em: 10 mar. 2018.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. **Projeto RADAMBRASIL:** Folhas SB. 24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME/SG, 1981. 744p.

BRASIL. Portaria Interministerial nº 1, de 09 de março de 2005. **Atualiza os Critérios que Delimitam a Região Semi-Árida do Nordeste.** Brasília, DF: D.O.U., 11 mar. 2005. Disponível em: <http://siteantigo.sudene.gov.br/conteudo/download/Portaria_inter_01.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2018.

CANALI, N. E. et al. Estudo do Geossistema na Região Metropolitana de Curitiba como Contribuição ao Planejamento Geoambiental. **Simpósio Geografia Aplicada**. Nova Friburgo: 1989.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Componentes do Balanço Hídrico Precipitação, Evapotranspiração e Armazenamento de Água no Solo**. 2015. Color. Disponível em: <http://proclima.cptec.inpe.br/maps_mensal.shtml#>. Acesso em: 20 abr. 2018.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS/INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Balanço Hídrico: Dias com Déficit 2014-2015**. 2015. Color. Disponível em: <http://proclima.cptec.inpe.br/maps_mensal.shtml#>. Acesso em: 20 abr. 2018.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. Cap. 7. p. 337-379.

CUNHA, T. J. F. et al. Principais solos do Semiárido Tropical Brasileiro: Caracterização, Potencialidades, Limitações, Fertilidade e Manejo. In: SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. (Ed.). **Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Cap. 2. p. 49-88. Disponível em: <[http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=861913&biblioteca=va zio&busca=autoria:"MENDES, A. M. S."&qFacets=autoria:"MENDES, A. M. S."&sort=&paginacao=t&paginaAtual=9](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=861913&biblioteca=va zio&busca=autoria:)>. Acesso em: 15 abr. 2018.

DIAS, R. S. F. **Intervenções públicas e degradação ambiental no semiárido cearense (O caso de Irauçuba)**. Fortaleza, 1998. Dissertação de Mestrado-Desenvolvimento e Meio Ambiente, PRODEMA. Universidade Federal do Ceará. 1998.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p. Disponível em: <<https://www.agrolink.com.br/.../sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Solos do Nordeste**. Recife, 2014, tiragem-1000 exemplares. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1003864/solos-do-nordeste>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

FEITOSA, F. A. C.; OLIVEIRA, F. V. C.; VASCONCELOS, A. M. (Org.). **Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará: Diagnóstico do Município de Alto Santo**. Fortaleza: Ministério de Minas e Energia/CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1998.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Índice de Aridez para o Ceará**. [201-]. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/17-mapas-tem%C3%A1ticos/542-%C3%ADndice-de-aridez-para-o-cear%C3%A1>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS. **Zoneamento Ecológico-Econômico das Áreas Suscetíveis à Desertificação do Núcleo I - Irauçuba/Centro-Norte**. Fortaleza: Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos/Departamento Nacional de Obras Contra as Secas, 2015. 300 p.

GUERRA, Antonio José Teixeira. Processos Erosivos nas Encostas. In: GUERRA, Antonio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da. **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. Cap. 4. p. 149-209.

HASUI, Y. Sistema Orogênico Borborema. In: HASUI, Y. et al (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 254-288.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em Síntese**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em Síntese: Brasil/Ceará/Alto Santo - Panorama**. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/alto-santo/panorama>>. Acesso em: 21 jul. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Semiárido Brasileiro**. 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?edicao=16195&t=sobre>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

MAGALHÃES, G. B.; SILVA, E. V.; ZANELLA, M. E. Análise Geossistêmica: Caminho para um Entendimento Holístico. **Geopuc: Revista da Pós-Graduação em Geografia da PUC-Rio**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 5, 29 nov. 2010. Disponível em: <<http://geopuc.geo.puc-rio.br/media/Artigo1ano3n1.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2018.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Brasília: MI, 2005. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915>. Acesso em: 10 mar. 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca PAN-Brasil**. Brasília: MMA, 2004. 213 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

MONTEIRO, C.A.F. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto/GeoUSP. (Novas abordagens 3). 2000. 127p.

MONTEIRO, C.A.F. **The environmental quality in the Ribeirão Preto region – SP: an attempt**. Latin American Regional Conference Brazil/IGU – CEP. 1982.

NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. (Org.). **Secas no Brasil: Política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco Mundial, 2016. 292 p. c<https://www.cgee.org.br/documents/10182/734063/seca_brasil-web.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2018.

OLDEMAN, L. R.; HAKKELING, R. T. A.; SOMBROEK, W. G. (Org.). **World Map of the Status of Human-induced Soil Degradation: An Explanatory Note**. 2. ed. Wageningen: International Soil Reference And Information Centre; Nairóbi: United Nations Environment Programme, 1991. Disponível em: <<http://data.isric.org/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/9e84c15e-cb46-45e2-9126-1ca38bd5cd22>>. Acesso em: 11 ago. 2018.

OLÍMPIO, J. L. S. **Desastres Naturais Associados à Dinâmica Climática no Estado do Ceará: Subsídios à Gestão dos Riscos de Secas e de Inundações**. 2013. 226 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/15845>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

OLIVEIRA, L. B. et al. Morfologia e Classificação de Luvisolos e Planossolos Desenvolvidos de Rochas Metamórficas no Semiárido do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p.1333-1345, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a26.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2018.

PEREZ-MARIN, A. M.; SANTOS, A. P. S. (Coord.). **O Semiárido Brasileiro: riquezas, diversidades e saberes**. Campina Grande: INSA/MCTI, 2013. 73 p. Disponível em: <<https://portal.insa.gov.br/acervo-cartilhas/699-o-semiarido-brasileiro-riquezas-diversidades-e-saberes>>. Acesso em: 07 abr. 2018.

QUEIROZ, F. D. S. **A Propensão à Degradação Ambiental na Mesorregião de Jaguaribe no Estado do Ceará**. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Economia Rural, Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/9009/1/2007_dis_fdsqueiroz.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

RODRIGUES, C. A Teoria Geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 14, p. 69-77, maio 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47314>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental**. 1ª reimpressão. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208 p.

SÁ, I. B. et al. Processos de Desertificação no Semiárido Brasileiro. In: SÁ, Iêdo Bezerra; SILVA, Pedro Carlos Gama da (Ed.). **Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Cap. 4. p. 126-158. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/861927/processos-de-desertificacao-no-semiarido-brasileiro>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SCHNEIDER, M. O. **Transformações na Organização Espacial da Cobertura Vegetal do Município de Uberlândia-MG - 1964 a 1979**. 1983. 115 f. Dissertação

(Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1983.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. **Mapa de Solo**. Governo do Estado do Ceará, 2018.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO CEARÁ. **Atlas Eletrônico dos Recursos Hídricos do Ceará: Açudes Construídos no Estado**. 2017. Disponível em: <<http://atlas.srh.ce.gov.br/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

SECRETARIA DOS RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO CEARÁ. **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. 95p. Disponível em: <ftp://ftp.funceme.br/Meio_ambiente/PAE-CE/fscommand/21.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2018.

SILVA, C. R. (Ed.). **Geodiversidade do Brasil: Conhecer o Passado, para Entender o Presente e Prever o Futuro**. Rio de Janeiro: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2008. 264 p.

SILVA, P. C. G. et al. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SÁ, Iêdo Bezerra; SILVA, Pedro Carlos Gama da (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. Cap. 1. p. 17-48. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/861906>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

SOTCHAVA, V B. **O estudo de geossistemas**. São Paulo: Lunar, 1977.

SOUZA, M. J. N. Bases Naturais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C.; MORAIS, J. O. **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000. Cap. 1. p. 6-104.

SOUZA, M. J. N. Contribuição ao Estudo das Unidades Morfo-estruturais do Estado do Ceará. **Revista de Geologia 1**: 73-91, 1988.

SOUZA, M. J. N. et al. **Contexto Geoambiental das Bacias Hidrográficas dos Rios Acaraú, Curu e Baixo Jaguaribe - Estado do Ceará**. Fortaleza: Embrapa, 2005. Disponível em: <http://www.cnpat.embrapa.br/cd/jss/acervo/Dc_101.pdf>. Acesso em: 05 nov. 2018.

SOUZA, M. J. N. **Geossistemas e potencialidades dos recursos naturais: Serra de Baturité e áreas sertanejas periféricas**. FNMA/UFC/FUNCEME, Fortaleza, 1994.

SOUZA, M. J. N.; LIMA, F. A. M.; PAIVA, J. B. Compartimentação Topográfica do Estado do Ceará. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 9, n. 1/2, p.77-86, dez. 1979.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido**. 2017a. 1 mapa, color. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 11 mar. 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido**: Saiba quando ocorreu a primeira definição deste território e o que mudou desde então. 2017b. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/infografico-semiarido-delimitacao.png>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Resolução nº 107, de 27 de julho de 2017. **Estabelece Critérios Técnicos e Científicos para Delimitação do Semiárido Brasileiro e Procedimentos para Revisão de sua Abrangência**. Recife, PE, 27 jul. 2017c. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017. **Aprova a Proposição nº 113/2017, que acrescenta municípios a relação aprovada pela Resolução CONDEL nº 107, e 27 de julho de 2017**. Recife, PE, 23 de nov. 2017d. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitacao-do-semiarido>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

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

TROPMAIR, H. Ecossistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teórica**, 13 (25): 27-36. Rio Claro: 1983b.

TROPMAIR, H. **Ecossistemas e Geossistemas do Estado de São Paulo**. Mapa escala 1:2.000.000. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1983c.

TROPMAIR, H. **Landscape Synthesis as Basis for Planning Landscape Systems in São Paulo State-Brazil**. Landscape Synthesis Geoecological Foundations of the Complex Landscape Management, UGI, Bratislava, 1983a.

TROPMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas (Geosystems). **Mercator**, Fortaleza, v. 5, n. 10, p. 79 a 90, nov. 2008. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/69>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. **Land degradation neutrality**: resilience at local, national and regional levels. Bonn: UNCCD, 2015. 24 p. Disponível em: <https://www2.unccd.int/sites/default/files/relevant-links/2017-07/v2_201309-unccd-bro_web_final.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification**. Nairóbi: UNEP, 1992.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **United Nations Conference on Desertification**: Round-up, Plan of Action and Resolutions. Nova York: Nações Unidas, 1978. Disponível em: <<http://www.ciesin.org/docs/002-478/002-478.html>>. Acesso em: 12 ago. 2018.

VEADO, R. W. A.; TROPMAIR, H. Geossistemas do Estado de Santa Catarina. In:

Teoria, Técnicas, Espaços e Atividades: Temas de Geografia Contemporânea.
GERARDI, L. H. O.; MENDES, I. A. (Org.). Rio Claro: UNESP-AGETEO, 2001.