

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE – UERN  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS – FACEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGGEO  
MESTRADO EM GEOGRAFIA

MARIA CAROLINA DE SANTANA PEIXÔTO

**ESTRUTURA DA PAISAGEM E SUSCEPTIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO A  
PARTIR DE INDICADORES BIOFÍSICOS NO MUNICÍPIO DE ASSÚ/RN**

**MOSSORÓ/RN  
2020**

MARIA CAROLINA DE SANTANA PEIXÔTO

**ESTRUTURA DA PAISAGEM E SUSCEPTIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO A  
PARTIR DE INDICADORES BIOFÍSICOS NO MUNICÍPIO DE ASSÚ/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO), da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de Pesquisa: Dinâmica dos Sistemas da Superfície Terrestre

Orientador: Prof. Dr. Manoel Cirício Pereira Neto.

Coorientador: Prof. Dr. Josiel de Alencar Guedes

**MOSSORÓ/RN  
2020**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do(a) autor(a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu(a) respectivo(a) autor(a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

**Catálogo da Publicação na Fonte.**  
**Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

P379e Peixôto, Maria Carolina de Santana  
Estrutura da paisagem e susceptibilidade à desertificação a partir de indicadores biofísicos no município de Assú-RN. / Maria Carolina de Santana Peixôto. - Mossoró, 2020.  
112p.

Orientador(a): Prof. Dr. Manoel Cirício Pereira NEto.  
Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Geografia). Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.

1. Paisagem. 2. Indicadores. 3. Desertificação. 4. Análise Integrada. 5. Teoria Geossistêmica. I. Pereira NEto, Manoel Cirício. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Título.

MARIA CAROLINA DE SANTANA PEIXÔTO

**ESTRUTURA DA PAISAGEM E SUSCEPTIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO A  
PARTIR DE INDICADORES BIOFÍSICOS NO MUNICÍPIO DE ASSÚ/RN**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, como requisito parcial para obtenção do título de Mestra em Geografia.

Aprovada em: 25/03/2020

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Manoel Cirício Pereira Neto (Orientador)  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

---

Prof. Dr. Rodrigo Guimarães de Carvalho  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

---

Prof. Dr. Raimundo Inácio Silva Filho  
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN

*Aos meus pais, Rogério e Maria,  
meus irmãos Renato e Mário  
e minha vó, Francisca Jácome.*

*Vocês são o combustível  
para meu conhecimento.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que direta ou indiretamente estiveram e sempre estão comigo nos momentos de angústia, ansiedade e pressão. Sem vocês, não teria conseguido chegar até aqui.

Aos professores que estiveram presente na qualificação pelas valiosas contribuições e melhoramento da pesquisa, Prof. Dr. Raimundo Inácio e Prof. Dr. Josiel Guedes.

Ao orientador Prof. Dr. Manoel Cirício, por sempre me fazer acreditar que é possível e sempre me levar a bordo nas suas aventuras.

Aos professores da Graduação, por serem sempre meu espelho profissional.

A Luis Carlos, por me lembrar e ajudar com os conceitos matemáticos, sem importar o dia e horário das dúvidas.

Aos colegas da pós-graduação, por todo o suporte nesses intensos dois anos. A distância não nos separará.

Aos colegas do LAGEO, Anderson, Larissa, Márcio e João Paulo, que tiveram a paciência de Jô comigo junto a confecção de mapas.

Aos colegas de Graduação da Geografia da UERN Campus Assú, por sempre acreditarem em minha capacidade, até quando eu mesma tinha/tenho minhas dúvidas.

A Xaxá Neto, companheiro que aguenta desde a graduação os estresses da Academia e mesmo assim sempre encontra tempo para me ajudar em alguma edição ou qualquer perrengue computacional.

A Mário e Renato, irmãos que ajudaram a tornar a pós-graduação um período mais leve, dentro do possível. Inclusive com aulas de inglês para (quase) fluentes nos momentos de distração.

Aos tios Antonio e Raissa Nunes, pelo acolhimento em sua residência, e a pequena Izaura, por proporcionar momentos de descontração maravilhosos.

Às primas Micaelly e Jeanne também pelo acolhimento e diversão durante o período que passamos juntas.

A todas as pessoas que compreenderam minha ausência nos encontros entre amigos e círculos sociais.

Aos amigos do Dekolê por me fazer não pensar, mesmo que por um breve momento, nos prazos, angústias e pressões.

A CAPES, pelo apoio financeiro que foi essencial para minha permanência no Programa.

*Foi o tempo que dedicaste a tua  
rosa que fez tua rosa tão  
importante.*

*Antoine de Saint-Exupéry*

## RESUMO

Com o crescente avanço do fenômeno da desertificação no Brasil e no mundo, diversas metodologias têm sido apresentadas para se identificar, quantificar e monitorar o avanço do respectivo fenômeno. O semiárido brasileiro abriga núcleos de desertificação, sendo o núcleo do Seridó, então inserido entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, um dos mais graves. Apesar de não estar presente nesse núcleo, o município de Assú/RN vem despontando significativo grau de susceptibilidade à desertificação. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi a análise da susceptibilidade à degradação/desertificação do município de Assú/RN, a partir da estrutura da paisagem, por meio dos indicadores geobiofísicos assim como pela identificação dos usos e ocupação do solo. Metodologicamente, a pesquisa está alicerçada na Teoria Geossistêmica e estudos integrados com ênfase na análise sistêmica do ambiente, onde esses apresentaram-se como circunstâncias essenciais para interpretar a dinâmica das paisagens, juntamente com os aspectos geofísicos e de uso ocupação. Delineou-se então para a presente proposta três etapas: levantamento bibliográfico, levantamento cartográfico (pré-processamento, processamento e pós-processamento) e a análise dos dados em gabinete. Utilizou-se como parâmetros-base a Geologia, Geomorfologia, Hidrografia, Solos, Vegetação e Clima para a setorização espacial. Em seguida, uniu-se esses resultados para estruturar os sistemas ambientais, nos quais foram identificados oito: Planalto Serra do Mel, Planície Fluvial Piranhas Açú, Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra, Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais, Depressão Interplanáltica da Formação Açú, Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó, Cristas Residuais e Inselbergs e Depressão Interplanáltica do Apodi Mossoró, onde, destacou-se em cada sistema suas potencialidades, limitações e ecodinâmica. Em seguida, utilizou-se o mapeamento desses sistemas ambientais juntamente com o uso e ocupação do solo para dar origem a vulnerabilidade ambiental e à susceptibilidade à degradação/desertificação no município de Assú. Dos resultados alcançados, tem-se que o município apresenta susceptibilidade à desertificação variando de alta, nos seus terrenos cristalinos, a baixa e moderada na porção centro-oeste. A utilização da metodologia aqui empregada mostrou-se eficaz uma vez que os resultados obtidos condizem com a realidade do recorte espacial. Além disso, espera-se que a referida pesquisa seja base para futuros trabalhos geoambientais, de geocologia da paisagem e planejamento territorial ambiental, além de exemplo de aplicabilidade de indicadores geobiofísicos de desertificação.

**Palavras-Chave:** Paisagem. Indicadores. Desertificação. Análise Integrada. Teoria Geossistêmica.

## ABSTRACT

Through the gradual growth of the phenomenon of desertification in Brazil and in the world, the methodologies presented have been assorted to identify, quantify and monitor the progress of the concerning phenomenon. The Brazilian semiarid region is home to desertification nuclei, being the nucleus of the Seridó, in this case inserted in the states of Rio Grande do Norte and Paraíba, one of the most dramatic. Nevertheless not to be present at that nucleus, the municipality of Assu/RN is surfacing significant degree of susceptibility to desertification. Thus, the objective of this research is to perform the analysis of the susceptibility the degradation - desertification in the municipality of Assu/RN, from the landscape structure, through geobiophysical indicators as well as the identification land use and occupation. Methodologically, the research is based on Geosystemic Theory and integrated researches with an emphasis on systemic analysis of the environment, in which these are presented as essential conditions to interpret the dynamics of landscapes, along with the geophysical aspects and use occupancy. Three steps were then drafted for this proposal: bibliographic survey, cartographic survey (pre-processing, processing and post-processing) and analysis of data in the office. As base parameters it was used Geology, Geomorphology, Hydrography, Soils, Vegetation and Climate for space sectorization. Soon after, these results were combined to give rise to environmental systems, that being identified eight: Serra do Mel Plateau, Plain River Piranhas Açu, Tabuleiros Interiors Dissected of Jandaíra, Tabuleiros Interiors with Alluvial Deposits, Interplanaltic Depression of the Açu Formation, Interplanaltic Depression of the Caicó Complex, Residual Ridges and Inselbergs and Interplanaltic Depression of Apodi Mossoró, in which, its potentialities, limitations and ecodynamics stood out in each system. Soon after, the mapping of environmental systems was used together with the use and occupation of the soil to give rise to environmental vulnerability and susceptibility to degradation - desertification in the municipality of Assú. With the results achieved, it appears that the municipality is susceptible to desertification ranging from high, in its crystalline terrain, to low and moderate in the central-western portion. Using the methodology used here was effective since the results obtained are consistent with the reality of spatial area. In the further, it is expected that such research is the basis for future grants and geo-environmental work, geocology of landscape and environmental territorial planning, as well as example of applicability of geobiofísicos indicators of desertification.

**Keywords:** Landscape. Indicators. Desertification. Integrated Analysis. Geosystemic Theory.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Áreas em processo de Desertificação no Rio Grande do Norte.....	42
Figura 02 - Mapa de Localização do município de Assú/RN.....	56
Figura 03 - Mostra de ambiente cárstico no município de Assú/RN.....	58
Figura 04 - Mapa de Geologia do município de Assú/RN. ....	61
Figura 05 - Mapa de Unidades Geomorfológicas do município de Assú/RN. ....	64
Figura 06 - Mapa de Hidrografia do município de Assú/RN .....	68
Figura 07 - Mostra de solos no município de Assú. ....	69
Figura 08 - Mapa de Solos Predominantes do município de Assú/RN .....	72
Figura 09 - Mostra de espécies típicas encontradas no município de Assú .....	74
Figura 10 - Mostra dos tipos de vegetações no município de Assú .....	74
Figura 11 - Mapa de Vegetação do município de Assú/RN .....	76
Figura 12 - Mapa de Uso e Ocupação do município de Assú .....	81
Figura 13 - Planície do Piranhas-Açu.....	85
Figura 14 - Mostra de relevo plano na região do Tabuleiro Jandaíra.....	86
Figura 15 - Mostra de vegetação predominante, cactáceas .....	88
Figura 16 - Mostra do Grupo Barreiras .....	89
Figura 17 - Mapa dos Sistemas Ambientais do município de Assú .....	93
Figura 18 - Associação dos Sistemas Ambientais, IGBDF e Vulnerabilidade/Susceptibilidade .....	95
Figura 19 - Mapa de Susceptibilidade à Desertificação no município de Assú .....	96

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 01 - Indicadores Geobiofísicos de Desertificação .....	55
Tabela 02 - Produtos advindos da Carnaúba (2006/2011/2017) .....	79
Tabela 03 - Produção de carvão e Lenha (2006/2011/2017).....	79
Tabela 04 - Cultivo de culturas frutíferas em Assú (2006/2011/2017) .....	80
Tabela 05 - Rebanho Bovino em Assú (2006/2011/2017) .....	82
Tabela 06 - Rebanho de Ovinos e Caprino em Assú (2006/2011/2017).....	82

## **LISTA DE GRÁFICO**

Gráfico 01 - Precipitação em Assú (2010-2018).....	65
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Enfoques e Métodos de Análise da Paisagem	21
Quadro 02 - Categorias chaves das diferentes linhas de pensamento da Geografia como Ciência Social	23
Quadro 03 - Graus de Sustentabilidade	29
Quadro 04 - Categorias de Vulnerabilidade	30
Quadro 05 - Índice de Aridez (IA)	36
Quadro 06 - Síntese dos Principais Estudos sobre Desertificação para o Nordeste do Brasil	40
Quadro 07 - Grupo de Indicadores	47
Quadro 08 - Índices Biofísicos de Desertificação	47
Quadro 09 - Síntese de alguns estudos sobre a aplicação do Sensoriamento para a Desertificação	49
Quadro 10 - Composição das imagens de satélite utilizadas na pesquisa	54
Quadro 11 - Síntese das Principais Características Geomorfológica das Unidades e Subunidades de Assú	62
Quadro 12 - Principais características dos solos predominantes	71
Quadro 13 - Configuração dos Sistemas Ambientais do município de Assú/RN	90
Quadro 14 - Indicadores Geobiofísicos de Desertificação dos Sistemas Ambientais	94

## LISTA DE SIGLAS

<b>ANA</b>	Agência Nacional de Águas
<b>CNUMAD</b>	Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
<b>CPRM</b>	Companhia de Pesquisa de Recursos Mineral
<b>DNOCS</b>	Departamento de Obras Contra a Seca
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<b>EMPARN</b>	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
<b>FAO</b>	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IDEMA</b>	Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente
<b>INSA</b>	Instituto Nacional do Semiárido
<b>MMA</b>	Ministério do Meio Ambiente
<b>OECD</b>	<i>Organization for Economic Co-Operation and Development</i>
<b>OLI</b>	<i>Operation Land Imager</i>
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PAN BRASIL</b>	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca
<b>SEBRAE</b>	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Norte
<b>SR</b>	Sensoriamento Remoto
<b>SIG</b>	Sistema de Informações Geográficas
<b>SUDENE</b>	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
<b>TGS</b>	Teoria Geral dos Sistemas
<b>UNCCD</b>	<i>United Nations Convention to Combat Desertification</i>
<b>UNCSD</b>	<i>United Nations Conference on Sustainable Development</i>
<b>USGS</b>	<i>United States Geological Survey</i>

## SUMÁRIO

<b>Capítulo 01 .....</b>	<b>15</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>Capítulo 02 .....</b>	<b>19</b>
<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....</b>	<b>19</b>
2.1 – A Paisagem: Percurso Conceitual .....	19
2.2 – Desertificação: Caracterização e Conceitos .....	31
2.2.1 – Breve histórico da desertificação .....	31
2.2.2 – Deserto e Desertificação: Diferenças e Semelhanças.....	34
2.2.3 – O Processo de Desertificação no Semiárido Brasileiro.....	36
2.2.4 – Cenários para o Rio Grande do Norte .....	41
2.3 – Considerações Iniciais acerca do uso de indicadores.....	43
2.3.1 – Indicadores e o Sensoriamento Remoto no Semiárido.....	48
2.4 – Metodologia e procedimentos metodológicos .....	50
<b>Capítulo 03 .....</b>	<b>56</b>
<b>CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>56</b>
3.1 – Características Geoambientais do município de Assú/RN.....	56
3.1.1 – Geologia .....	57
3.1.2 – Geomorfologia.....	62
3.1.3 – Clima .....	65
3.1.4 – Hidrografia .....	66
3.1.5 – Solos .....	69
3.1.6 – Vegetação .....	73
<b>Capítulo 04 .....</b>	<b>77</b>
<b>USO E OCUPAÇÃO DE ASSÚ/RN.....</b>	<b>77</b>
<b>Capítulo 05 .....</b>	<b>83</b>
<b>OS SISTEMAS AMBIENTAIS EM ASSÚ/RN .....</b>	<b>83</b>
5.1 – Planalto Serra do Mel.....	84
5.2 – Planície Fluvial Piranhas-Açu.....	84
5.3 – Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra .....	85
5.4 – Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais .....	86
5.5 – Depressão Interplanáltica da Formação Açu.....	86
5.6 – Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó.....	87
5.7 – Cristas Residuais e Inselbergs .....	87
5.8 – Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró.....	88
<b>Capítulo 06 .....</b>	<b>94</b>
<b>INDICADORES GEOBIOFÍSICOS DE DESERTIFICAÇÃO EM ASSÚ/RN .....</b>	<b>94</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>98</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>101</b>

# Capítulo 01

---

## INTRODUÇÃO

---

A relação entre sociedade e natureza sempre foi decisiva em questões concernentes à história da humanidade. Com o aumento da demanda por alimentos e, posteriormente, com o desenvolvimento da tecnologia, a natureza passou a ser explorada além dos limites de reposição dos recursos naturais renováveis, o que vem gerando desequilíbrios ecológicos em diversas escalas.

Isso significa dizer que quanto mais o homem explora a terra e a esgota, mais difícil é o seu processo de recuperação, mesmo através da resiliência natural. Como também, tal recuperação pode não ocorrer mesmo por meio da ajuda do homem, tendo em vista o seu alto nível de degradação.

Com relação a isso, países que possuem regiões características de climas árido, semiárido ou subúmido seco, aliado a alguns fatores provocados pelo homem como desmatamento, extração de argila, queimadas entre outros; possibilitam a presença do fenômeno conhecido como desertificação. Desde a década de 1960 testemunha-se a situação dramática das populações de diferentes países africanos, assoladas pela seca, fome e guerras (BRASIL, [201-]).

A comunidade internacional vem discutindo o fenômeno da desertificação, oficialmente, desde a Conferência Internacional das Nações Unidas para o Combate à Desertificação em Nairóbi, no Quênia, no ano de 1977. Na ocasião, além de discutir a desertificação discutiu-se ainda a importância de criar medidas para enfrentá-la mundialmente, suscitando um Plano de Ação Mundial de Combate à Desertificação (ARAÚJO; SOUZA, 2017).

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) ocorrida no Rio de Janeiro em 1992 (Rio-92) trouxe à tona a necessidade de conciliar o desenvolvimento econômico, a natureza, seu esgotamento e a degradação. Um de seus resultados foi a Agenda 21, que no capítulo 12 aborda o manejo de ecossistemas frágeis e a luta contra a desertificação e a seca.

A desertificação propriamente dita, quando em condições propícias para tal, se expande rapidamente atuando e intensificando a mudança nas paisagens dos locais em

que se abriga; e, por consequência, é um fenômeno que traz alto nível de desequilíbrio ao meio ambiente correspondente a zonas áridas, semiáridas e subúmidas do globo.

No Brasil, o semiárido nordestino bem como as áreas subúmidas secas, caracterizam-se por ser a parcela do território nacional em que se concentra tal fenômeno, sendo assim, cenário de diversos estudos que quantificam e valoram as áreas já atingidas, bem como as áreas susceptíveis à sua ocorrência. Vale salientar ainda que o aumento dessas áreas pode alterar alguns cenários da Caatinga, afetando não somente seu panorama físico, mas também o social e o econômico.

No estado do Rio Grande do Norte, a presença da desertificação vem se destacando ao longo do seu território onde, como já apontava Vasconcelos Sobrinho (1982), o referido estado abriga um núcleo de desertificação na região do Seridó, que compreende parte dos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba.

Apesar do avanço dos estudos sobre a desertificação no estado potiguar há ainda escassa literatura sobre pesquisas que versem sobre o fenômeno na região do Vale do Açu, mais precisamente no município de Assú, que vem se destacando com o aumento das manchas de desertificação no seu território (CGEE, 2016). Dessa forma, um dos principais motivos que impulsiona a realização dessa pesquisa é a carência de estudos que investiguem a susceptibilidade, presença e crescimento da desertificação nesse município, que é causada tanto pelas limitações naturais como pelas atividades humanas a exemplo do desmatamento, extração de argila para cerâmica, fruticultura irrigada e outros.

Diante de tal fato, compreende-se a necessidade de um estudo mais aprofundado no respectivo município, trazendo no âmbito da pesquisa um dos conceitos basilares da ciência geográfica, a Paisagem; expondo dessa maneira a relevância dos estudos integrados para o planejamento ambiental subsidiado em parâmetros geoambientais; onde surgiram questões como: Como se configura o espaço físico do município de Assú? Que sistemas ambientais caracterizam o respectivo município? Quais as potencialidades e limitações desses sistemas? Qual a susceptibilidade à desertificação de Assú?

Com base no exposto, o objetivo dessa pesquisa é realizar a análise da susceptibilidade à degradação/desertificação do município de Assú/RN, a partir da estrutura da paisagem, por meio dos indicadores geobiofísicos assim como pela identificação dos usos e ocupação do solo. Enfatizando o conhecimento integrado dos sistemas para que se possa conhecer a dinâmica física do espaço para posteriormente enfatizar nas potencialidades e limitações com base nos seus sistemas ambientais e logo

em seguida, traçar a sua vulnerabilidade ambiental e, por conseguinte, sua susceptibilidade à desertificação por meio dos indicadores geobiofísicos.

Com os objetivos específicos, pretende-se:

- Mapear e caracterizar os sistemas ambientais do município de Assú através da sobreposição e interpretação de mapas temáticos;
- Analisar o uso e ocupação do solo no município de Assú;
- Identificar o grau de degradação e desertificação por meio dos indicadores geobiofísicos de desertificação;

Baseando-se nos objetivos propostos, tem-se as seguintes hipóteses:

- A dinâmica de ambientes do embasamento cristalino e da bacia sedimentar é bastante complexa, onde o primeiro possui tendências maiores de instabilidade ambiental;
- Ambientes cristalinos possuem maior predisposição aos processos de desertificação, não anulando, porém, a propensão desses processos em ambientes sedimentares;
- A utilização dos indicadores geobiofísicos propostos para a análise do grau de desertificação tem se mostrado eficaz quanto à realidade do semiárido brasileiro.

Metodologicamente, a referida pesquisa está alicerçada na Teoria dos Geossistemas. Através de estudos setoriais da paisagem juntamente com sua respectiva análise sistêmica, são circunstâncias essenciais para interpretar a estrutura e dinâmica das paisagens, juntamente com os aspectos geofísicos e de uso ocupação do solo.

Para tanto, a referida pesquisa se divide em 06 Capítulos onde cada um traz importantes contribuições, seja para a literatura da ciência geográfica seja para a composição e elaboração de novos subsídios para o respectivo município.

O Capítulo 01 traz uma introdução geral sobre a relação sociedade-natureza, altos níveis de degradação e sua pior consequência em ambientes áridos, semiáridos e subúmidos secos: a desertificação. Além de abordar as principais conferências mundiais sobre tal fenômeno, chegando ao Nordeste brasileiro e conseqüentemente ao estado do Rio Grande do Norte.

O Capítulo 02 expõe a discussão sobre a categoria de análise “Paisagem” na perspectiva da Geografia Física, tratando desde sua origem aos principais e atuais debates; além de discutir sobre a abordagem dos sistemas ambientais; Teoria Ecodinâmica e compartimentação geoambiental. Em seguida, faz um apanhado geral também sobre os indicadores e a desertificação, sendo esse último subdividido em seções que relatam um breve histórico; diferenças entre desertificação e deserto; desertificação no semiárido brasileiro e os cenários para o estado do Rio Grande do Norte; finalizando com a operacionalização técnica do presente estudo.

O Capítulo 03 trata da caracterização geoambiental da área de estudo, através do estudo setorizado e abordando as principais características dos seguintes parâmetros: geologia, geomorfologia, hidrografia, clima, solos e vegetação.

O Capítulo 04 apresenta o histórico do uso e ocupação do município de Assú, destacando desde o binômio gado-algodão; à disponibilidade hídrica para o povoamento; além de abordar a pecuária com as “oficinas de carne seca” e os “caminhos do gado”; a importância econômica e cultural da carnaúba; e expor dados quantitativos a respeito dos usos da lenha e do carvão; aspectos da agricultura, fruticultura e monocultura praticada no leito do Piranhas-Açu e sobre a produção de petróleo.

No Capítulo 05 traz as análises e discussões acerca dos sistemas ambientais encontrados no município de Assú, assim como suas características naturais predominantes; potencialidades e limitações; sua ecodinâmica e impactos e riscos de ocupação.

No Capítulo 06 explana-se sobre vulnerabilidade ambiental, indicadores geobiofísicos bem como a susceptibilidade à desertificação no recorte espacial da referida pesquisa, especializando-os com seus respectivos mapas e comentários pertinentes.

Em seguida, são externadas as reflexões e apontamentos finais alertando para os possíveis cenários futuros e suas prováveis consequências caso não haja responsabilidade e prudência para administrar os recursos naturais do município.

Tendo, pois, a pesquisa, buscado estabelecer a importância da análise realizada sob base sistêmica e integrada, demonstrando ainda discussões válidas para serem tratadas no âmbito do planejamento territorial ambiental.

Espera-se ainda que a referida pesquisa seja base para futuros estudos geoambientais, de geoecologia da paisagem e planejamento territorial ambiental, além de exemplo de aplicabilidade de indicadores geobiofísicos de desertificação.

## Capítulo 02

---

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

---

#### 2.1 – A Paisagem: Percurso Conceitual

A discussão na Geografia acerca da paisagem remonta desde o século XIX e sua conceituação é bastante conflituosa dentro das abordagens geográficas. Diversos autores nas suas escolas (geográficas) formularam interpretações a respeito dessa categoria de análise. Num viés brasileiro, as escolas francesa e alemã influenciaram diretamente a concepção de paisagem entre os geógrafos nacionais (MAXIMIANO, 2004).

Baseando-se nas orientações teórico-metodológicas dessas escolas, Guerra e Marçal (2012) afirmam que o desenvolvimento e a aplicação do conceito de paisagem foram construídos de maneira diferenciada, apoiada em diferentes horizontes epistemológicos e gerando uma diversidade de abordagens.

Para essa assertiva, Rodriguez e Silva (2013) explicam que duas grandes vertentes sinalizaram o nascimento do conceito da paisagem: a visão de mundo naturalista (representada por Humboldt) e a Antropogeografia (representada por Ratzel) e afirmam ainda que os fundamentos filosóficos da visão naturalista estão no movimento romântico e na Filosofia da Natureza (do alemão Schelling).

No âmbito da ciência geográfica, os conceitos de paisagem são basicamente determinados por abordagens filosóficas. Conforme aponta Schier (2003) a geografia alemã introduziu o conceito da paisagem como categoria científica e até os anos 1940 a compreendeu como um conjunto de fatores naturais e humanos (representada principalmente por Hettner); os autores franceses (influenciados principalmente por La Blache) caracterizaram a *paysage* como relacionamento do homem com o seu espaço físico; nos Estados Unidos, ainda nos anos 40, substituiu-se o termo *landscape* (em uso sob influência alemã de Sauer) pela ideia da “região” (de Hartshorne) e a *landschaftsökologie*, Ecologia da Paisagem, (proposta por Carl Troll) definiu a paisagem como um sistema ecológico (SCHIER, 2003).

Humboldt enfatizou a vegetação como componente mais significativo da paisagem e preparou a introdução do conceito de *landschaft* muito praticado pela geografia alemã desde o século XIX (CONTI, 2014). Além disso, Humboldt associava a

paisagem com as formas do relevo, clima e vegetação e também relacionava seus estudos com os aspectos antropológicos culturais, dessa forma, essa era a geografia praticada na época para estudos da paisagem (BRAIDO, 2015).

Guerra e Marçal (2012) afirmam ainda que no final do século XIX, na escola anglo-americana, a paisagem era analisada sob a perspectiva da evolução do relevo, onde destaca os trabalhos de Karl Gilbert (1880) e de William Morris Davis (1899, 2013). Já para os anos 20 do século XX, afirmam que tal conceito estava atrelado à herança do naturalismo que marcou o século anterior, sendo através desse prisma que posteriormente o brasileiro Ab'Saber irá formular o seu conceito de paisagem.

Carl Sauer diz que, num certo sentido, “área” e “região” são termos equivalentes à paisagem, sendo a área um termo geral e não distintivamente geográfico. Além disso, afirma que a paisagem é uma forma da Terra na qual o processo de modelagem não é de modo algum imaginado como simplesmente físico. Mais adiante explica que toda paisagem possui uma individualidade e relações com outras paisagens, exemplificando que nenhum vale é exatamente igual a outro vale; nenhuma cidade uma réplica exata de outra cidade (SAUER, 1925).

Georges Bertrand (2004) afirma que o conceito de paisagem ficou quase estranho à geografia física moderna e traz em sua obra uma perspectiva baseada no biogeógrafo Carl Troll, com uma visão mais ecológica quando aborda que as paisagens são divididas em “ecótopos”. Além disso, conceitua a paisagem como sendo o resultado da combinação dinâmica e instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em constante evolução (*op. cit.*).

Sob o enfoque da geografia física, Zacharias (2010) acrescenta a grande contribuição dessa, principalmente sob o prisma da geomorfologia e da biogeografia no estudo da paisagem, dando-a o mérito das primeiras representações cartográficas na tentativa de explicar a dinâmica da paisagem dentro do contexto ambiental, sempre buscando possibilidades de descrevê-la por meio de cenários gráficos.

Cavalcanti (2014, p. 32) diz que “o sistema classificatório das paisagens pode ser sumarizado em quatro categorias de unidades de paisagem: zonas, domínios de natureza, família de ecossistemas e minibiomas”. Afirma ainda que qualquer esforço para identificar paisagens utiliza pelo menos três procedimentos: delimitação de área de estudo, avaliação do contexto e identificação dos principais contrastes observáveis (*op. cit.*, p. 34).

Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) trazem uma esquematização relevante no que diz respeito aos enfoques e métodos de análise da paisagem, conforme pode ser observado no Quadro 01 a seguir.

Quadro 01 - Enfoques e Métodos de Análise da Paisagem

<b>PRINCÍPIOS</b>	<b>CONCEITOS BÁSICOS</b>	<b>MÉTODOS</b>
ESTRUTURAL	Estruturas das paisagens: monossistêmica e parassistêmica. Estrutura horizontal e vertical, geodiversidade.	Cartografia de paisagens, classificação quantitativa-estruturais, tipologia e regionalização.
FUNCIONAL	Balanço de EMI, interação de componentes, gênese, processos, dinâmica funcional, resiliência e homeostase.	Análise funcional, geoquímica, geofísica e investigações estacionais.
DINÂMICO-EVOLUTIVO	Dinâmica temporal, estados temporais, evolução e desenvolvimento.	Retrospectivo, estacional, evolutivo e paleo-geográfico.
HISTÓRICO-ANTRÓPICO-GÊNICO	Antropogênese, transformação e modificação das paisagens.	Histórico e análise antropogênica.
INTEGRATIVO	Sustentabilidade ge ecológica das paisagens; paisagem sustentável.	Análise paisagística integral.

Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013).

Dessa forma, percebe-se a abundância de métodos propostos bem como sua diversidade com relação a suas características, variando de acordo com seus princípios e conceitos básicos. Ao longo dos anos e da evolução dos estudos da paisagem, tal conceito foi ficando cada vez mais complexo, entrando em ação os sistemas e, por conseguinte, geossistemas.

O biólogo Ludwig von Bertalanffy propôs e fundamentou a Teoria Geral dos Sistemas nos anos 30 do século XX, aplicando-a para os organismos vivos. Em 1935 Arthur Tansley desenvolve o conceito de ecossistema e em 1979, o soviético V. B. Sotchava publica seu livro *Introdução à Teoria dos Geossistemas*.

Para Sotchava (1977) não se deve estudar os componentes da natureza, mas as condições entre eles, não se restringindo à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas de preferência, projetar-se para o estudo de sua dinâmica, estrutura funcional, conexões etc. O autor expõe ainda que

embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais são tomados em consideração durante o seu estudo e suas descrições verbais ou matemáticas. Modelos e gráficos de geossistemas

refletem parâmetros econômicos e sociais influenciando as mais importantes conexões dentro do geossistema, sobretudo no que se refere às paisagens grandemente modificadas pelo homem (SOTCHAVA, 1977. p, 6-7).

Christopherson (2012) simplifica o conceito quando diz que sistema é qualquer conjunto ordenado e inter-relacionado de coisas e seus atributos, conectados por fluxos de energia e matéria, podendo os elementos de um sistema estarem dispostos em uma série ou interligados entre si.

O autor exemplifica os Sistemas em Geossistemas com a seguinte sequência: entrada (componentes e força propulsora), ações (movimentos, processos e mudanças de armazenamento), saídas (resultados e consequências) e impactos humanos/impacto sobre os humanos (medida de relevância) (*op. cit.*, p. 12).

Bertrand (2004) em sua teoria classifica seis unidades da paisagem (Zona, Domínio, Região Natural – consideradas unidades superiores –, Geossistema, Geofácies e Geótopo – consideradas unidades inferiores) dando atenção maior ao Geossistema (que se situa entre a IV-V grandeza temporo-espacial). Todavia, o próprio Bertrand, conforme afirma Souza (2010), em curso ministrado no PPGG/FCT-UNESP (2007) mencionou certa inadequação no uso do termo “geossistema” no âmbito de sua proposta; afirmando que o mais correto seria o uso de *geocomplexo* em vez de geossistema. “‘Geo+complexo’ por englobar as geofácies e geótopos bem como as relações estabelecidas entre elementos bióticos, abióticos e antrópicos” (SOUZA, 2010, p. 50).

Georges Bertrand (2004) afirmava que era nessa escala que se situava a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos das paisagens e que nos níveis superiores a ele só o relevo e o clima importam e, acessoriamente, as grandes massas vegetais. Entretanto, Souza (2010) afirma que seria o geocomplexo a primeira escala de análise (entre as seis) que se presta ao estudo dos impactos humanos, onde “o *geocomplexo* é a escala de análise geográfica. O *geossistema* é a teoria que guia a abordagem desta escala” (*op. cit.* p. 50).

Dessa forma, utilizar-se-á nesta pesquisa o termo proposto por Bertrand, tendo em vista a sua necessidade de correção e aprimoramento teórico-metodológico, bem como a atualização de informações propriamente ditas, sendo o termo *geossistema* substituído por *geocomplexo* quando se tratar de escala de análise e em se tratando de *teoria geossistêmica* o termo geossistema será mantido, conforme indica Souza (2010).

Por fim, Bertrand averba que o geocomplexo corresponde a dados ecológicos relativamente estáveis, resultando da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos

e hidrológicos, definindo-se em seguida por certo tipo de exploração biológica do espaço; e mais, este se encontra em estado de clímax quando há equilíbrio entre o potencial ecológico e a exploração biológica (BERTRAND, 2004).

Dentro da pluralidade dos conceitos sobre paisagem ao longo do tempo, percebe-se certa complexidade em definir termos exatos e totalmente aceitos pelos seus diversos autores conceituais, sendo dessa forma entendida como um conceito polissêmico e controverso entre os próprios teóricos.

A abordagem filosófica enquanto ponto norteador, a influência das escolas alemã e francesa e a introdução de elementos naturais (vegetação, relevo, clima, solo etc.) viabilizam diferentes possibilidades de análises e metodologias aplicáveis nas inúmeras áreas do conhecimento que podem ser abordadas nas mais diversas pesquisas.

Corroborando com isso, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013) elaboraram mais uma esquematização, importante a ser tratada, acerca das categorias chaves das diferentes linhas de pensamento geográfico sobre a paisagem, conforme pode ser observado no Quadro 02 abaixo.

Aprecia-se assim, a evolução da própria ciência geográfica, junto com seus respectivos expoentes, características básicas e o tratamento para com a paisagem; onde é possível observar de antemão que em alguns momentos do seu percurso histórico é totalmente deixada de lado, em outros, é mera aparência, em outros dá lugar a mais um conceito distinto da geografia propriamente dita.

Quadro 02 - Categorias chaves das diferentes linhas de pensamento da Geografia como Ciência Social

<b>LINHAS DE PENSAMENTO</b>	<b>EXPONENTES E DATAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS E PARADIGMA BÁSICO</b>	<b>TRATAMENTO DA CATEGORIA PAISAGEM</b>
Geografia Tradicional		Determinismo ambiental: as condições naturais determinam o comportamento do homem, interferindo em sua capacidade de progredir.	O território se concebe como a apropriação de uma porção do espaço por um determinado grupo.
Possibilismo	Vidal de la Blache (fins do século XIX)	O homem como principal agente geográfico: A natureza é considerada como a que dá possibilidades para que seja utilizada e modificada na fixação de obra do homem, criadas	Conceito básico: a paisagem geográfica se enquadra à área de ocorrência de uma forma de vida.

		através de um longo processo de transformação da natureza, ressaltando os elementos mais estáveis solidamente implantados na paisagem.	
Nova Geografia: Geografia Teorética- Quantitativa	Harvey (depois da II Guerra)	Abordagem locacional: baseado em técnicas estatísticas e associado à definição do sistema de planejamento do estado capitalista. [...] Seu papel ideológico é justificar a expansão capitalista e escamotear as transformações devidas aos gêneros de vida e as paisagens solidamente estabelecidas.	O conceito de paisagem é deixado de lado. Lugar e território não são conceitos significativos.
Geografia Humanista e Cultural	Yi Fu Tuan (a partir dos anos 70)	A subjetividade, a intuição, os sentimentos, a experiência, o simbolismo. Apoiar-se nas filosofias dos significados, a fenomenologia e o existencialismo. Privilegia o singular e não o particular ou universal.	O lugar é o conceito chave. O lugar possui um “espírito”, uma “personalidade”, havendo um sentido de lugar que se manifesta pela apreciação visual ou estética.
Geografia Crítica	E. Reclus e N. Kropotkin	A objetividade da sociedade como objeto de estudo da Geografia, a qual se faz através da organização espacial que é vista como a própria sociedade especializada e considerada como uma dimensão da totalidade social. Se baseia no materialismo histórico e na dialética marxista.	A paisagem é vista como a aparência ou nível sensorial da paisagem.

Adaptado de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2013).

Portanto, o estudo acerca da definição paisagem, bem como os métodos a serem utilizados, são inúmeros; associada aos geocomplexos torna-se cada vez mais importante de identificar e planejar seu futuro, visando o não desgaste do ambiente proveniente da modificação (de origem antropizada) dessa paisagem.

Além disso, a modificação dessa paisagem pelo homem pode ser entendida e interpretada também de maneiras distintas, a depender do prisma e do viés metodológico

a qual submetem-na. Entende-se, pois, aqui a paisagem como sendo um sistema aberto e de tal forma complexa que aborda não somente pontos físicos e humano/filosóficos, mas que se encontra em constante mutação e diálogo, com o meio propriamente dito, com o socioeconômico e com o cultural.

No que concerne aos sistemas, entende-se que a preocupação em realizar uma abordagem conceitual e analítica rigorosa surgiu na Biologia teórica na década de 1930, entretanto, foi absolvida e utilizada por várias outras disciplinas (CHRISTOFOLETTI, 1999) principalmente a partir dos anos 1960, sendo o princípio filosófico sistêmico um importante aspecto da metodologia filosófica que organicamente pertence à dialética materialista (RODRIGUEZ; SILVA; CAVALCANTI, 2013).

Conforme Gregory (1985) o conceito de sistemas foi discutido e introduzido na geografia, mais precisamente na Geomorfologia, por Chorley (1962). Sobre o desenvolvimento e a forma sistêmica adotada, o respectivo autor enfatiza a abrangência e presença na Biogeografia, Geografia dos Solos, Climatologia e Geomorfologia afirmando ainda que a abordagem sistêmica é uma metodologia unificadora (GREGORY, 1985; DINIZ; OLIVEIRA, 2015).

Com a evolução do conhecimento geográfico e, indiscutivelmente na Geografia Física, as contribuições científicas começam a despontar principalmente a partir da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), preconizada por Bertalanffy (década de 1930); além da introdução dos sistemas na Geomorfologia por Chorley (1962); e das considerações realizadas por Christofolletti (1979), Strahler (1980), Huggitt (1985) e Scheidegger (1991) (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Bertalanffy (1950) definiu sistemas como conjuntos de elementos que se relacionam entre si, com certo grau de organização, procurando atingir um objetivo ou uma finalidade (*apud* CLAUDINO SALES, 2004). Huggitt (1994, p. 54), por sua vez definiu sistemas como sendo “um conjunto de componentes e as relações entre eles<sup>1</sup>”, afirmando haver três ingredientes essenciais: os componentes ou elementos, as relações entre ele e o limite que separa o sistema do resto do mundo.

Vale ressaltar ainda a contribuição de Sothava (1977) quando propõe sua classificação baseada nos estudos sistêmicos, estabelecendo que o conceito de geossistema seja baseado nas conexões entre eles, não nos estudos dos componentes da

---

<sup>1</sup> Tradução nossa

natureza; projetando-se assim, para o estudo da sua dinâmica, estrutura funcional, conexões etc.

Christofoletti (1999) adverte, no entanto, que para que a modelagem seja implantada como instrumento de análise de estudo dos sistemas ambientais é necessário estabelecer as características dos sistemas, onde cita os ecossistemas (que também serviu de base para a Teoria Ecodinâmica de Tricart) e os geossistemas (tratados nesta pesquisa como geocomplexos) como entidades representativas desses sistemas.

Para tanto, conforme aponta Pereira Neto (2013, p. 31) “somente a partir da Teoria Geral dos Sistemas é que começaram a surgir na Geografia algumas propostas de modelos teórico-conceituais e de classificação dos diferentes sistemas”, como a teoria da Ecodinâmica aqui explicitada, formulada por Tricart (1977).

Com sua metodologia baseada no ecossistema, definido por Christofoletti (1999, p. 35) como sendo “área relativamente homogênea de organismos interagindo com seu ambiente”, afirma que sua dinâmica é tão importante para a conservação e desenvolvimento dos recursos ecológicos quanto a dinâmica das próprias biocenoses (TRICART, 1977, p. 31).

Com relação às unidades ecodinâmicas, Tricart faz o seguinte parecer:

O conceito de unidades ecodinâmicas é integrado no conceito de ecossistema. Baseia-se no instrumento lógico de sistema, e enfoca as relações mútuas entre os diversos componentes da dinâmica e os fluxos de energia/matéria no meio ambiente (1977, p. 32).

A partir disso, o referido autor propõe a sua classificação dos sistemas sob o prisma da estabilidade e instabilidade, elencando em meios estáveis, instáveis e meios *intergrades*.

Sobre os meios morfodinamicamente estáveis, Tricart (1977) afirma que a noção de estabilidade se aplica ao modelado que evolui lentamente e dificilmente perceptível, com os processos mecânicos atuando pouco e sempre de modo lento. Desse modo, Pereira Neto (2013) observa que quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos, se tornando mais espessos, com horizontes mais diferenciados e com a morfogênese pouco atuante.

Com relação aos meios morfodinamicamente instáveis, Tricart (1977, p. 51) averba que “a morfogênese é o elemento predominante da dinâmica natural, e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados”. Corroborando com isso, Pereira Neto (2013) elenca que quando predomina a

morfogênese, prevalecem os processos erosivos e formadores do relevo, tornando os solos mais rasos/inexistentes; a pedogênese não possui condições para se desenvolver.

Para os meios intergrades, ou de transição, assegura a passagem gradual entre os meios estáveis e instáveis (TRICART, 1977, p. 47). O referido autor traz ainda dois critérios relevantes para tais meios: o qualitativo e o quantitativo, onde afirma que para o primeiro, é necessário distinguir entre os processos morfogênicos que afetam a superfície do solo e não alteram a sucessão dos horizontes do perfil daqueles que agem em toda a espessura do solo (ou em parte importante desse) perturbando a disposição dos horizontes (*op. cit.*).

No que diz respeito ao critério quantitativo, apoia-se no balanço pedogênese/morfogênese, onde, “quando a instabilidade é fraca, a pedogênese ganha vantagem com toda uma série de termos de transição para os meios estáveis” (TRICART, 1977, p. 48).

É importante salientar que após a repercussão da modelagem proposta por Tricart (1977), diversos autores buscaram adaptá-la para suas necessidades enquanto pesquisa geográfica. Pereira Neto (2013) cita estudos realizados no Brasil baseados em modelos propostos por Crepani *et al.* (2001), Ross (1990, 1992, 1994), Spörl e Ross (2004) entre outros.

Sob efeito das características geofísicas do semiárido nordestino, como o próprio clima, condições de baixa precipitação, vegetação predominantemente arbustiva e solos pouco desenvolvidos e até mesmo esgotados por atividades humanas, é um exemplo próximo de meios instáveis, de acordo com as características do próprio Tricart (1977). Tornando dessa forma grande parte desse território, como a região sertaneja e interiorana dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, por exemplo, suscetíveis a uma vulnerabilidade ambiental maior do que em áreas litorâneas, no que diz respeito à dinâmica física e social, sendo melhor abordado na seção a seguir.

Sobre a análise ambiental sistêmica, Macedo (1995) afirma que se deve compreender e mensurar as relações mantidas entre os elementos e aspectos físicos, bióticos, econômicos, sociais e culturais do objeto a ser abordado. Sempre que possível, conforme Carvalho, Kelting e Aguiar (2012) é recomendável trabalhar o objeto na forma de sua totalidade, sob enfoque holístico e sistêmico, percebendo dessa forma suas inter-relações. Assim, enfatiza-se os geoambientes, tendo em vista seus benefícios tanto para o meio como para a população que dele depende para sobreviver.

Sob esse prisma, integrar o conhecimento em conjunto com a análise sistêmica se torna imprescindível, o que Lima, Cestaro e Araújo (2010) afirmam que o conhecimento integrado oferece o suporte necessário para o entendimento da interação dos elementos naturais e antrópicos. Corroborando com esse pensamento Ross (1994, p. 64) afirma que “os estudos integrados de um determinado território pressupõem [*sic*] o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem as intervenções humanas”.

Sobre o interesse atual nos sistemas, Rodriguez, Silva e Cavalcanti afirmam que:

foi provocado à medida que se acumularam conhecimentos e as investigações fora evoluindo, descobrindo novos objetos de pesquisas e estudadas as relações entre eles, conduzindo à necessidade de analisar uma grande quantidade de variáveis, sendo impossível estudar tais situações complexas por métodos tradicionais (2013, p. 41).

Fundamenta-se então, a análise geoambiental como objeto para a análise sistêmica, sendo essencialmente importante para delinear os estudos acerca da compartimentação. Nesse sentido se faz necessário compreender a importância do estudo integrado desses elementos, sendo necessário destacar que, como mencionam Carvalho; Kelting e Aguiar (2012) sobre a concepção sistêmica para a análise ambiental percebe-se um nível de vinculação, igualmente importante, de todos os componentes ambientais na evolução do sistema, sendo possível incluir a variável antrópica se essa demonstrar significância nas relações com o ambiente.

Essa pesquisa expõe, portanto, a interação entre análise ambiental através do prisma da análise sistêmica e em intrínseca relação com a compartimentação do meio a ser estudado. Para tanto, Macedo (1995, p. 18) afirma que a compartimentação ambiental

Consiste em qualquer uma das partições ou segmentos afins em que se sub dividem os meios ambientais, de acordo com a abordagem do estudo a ser realizado e de conformidade com as características do meio a que se refere. Dessa forma, um compartimento detém todos os conjuntos de fatores ambientais de mesma natureza.

Trentin (2011) diz que a caracterização geoambiental consiste na compartimentação do espaço em porções homogêneas, obtidas através da avaliação das potencialidades e limitações das paisagens. Diniz e Oliveira (2018), por sua vez, afirmam que a compartimentação se insere no rol dos estudos da dinâmica das paisagens apresentando-se, portanto, como um instrumento de planejamento ambiental e ordenamento territorial fundamentado em técnicas integradoras das informações ambientais.

Vale ressaltar os trabalhos, ainda de acordo Diniz e Oliveira (*op. cit.*), que são referências no Estado do Rio Grande do Norte quando se trata da compartimentação das unidades de paisagem: sendo o primeiro um trabalho técnico encomendado pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA, 2006), referente ao mapeamento geoambiental do estado potiguar e publicado posteriormente por Cestaro *et al.* (2007).

O recente trabalho publicado pelos respectivos autores (*op. cit.*) buscou aperfeiçoar o trabalho já realizado pelo IDEMA (2006) e por Cestaro *et al.* (2007); trazendo atualizações como a utilização de geossistema como categoria de análise, considerando dois domínios morfoclimáticos apresentados por Ab' Saber (2003) (Domínio das Depressões Interplanálticas Semiáridas do Nordeste ou Domínio das Caatingas e Domínio dos “Mares de Morros” Florestados ou Domínio da Mata Atlântica) que não foram considerados anteriormente, além da divisão dos referidos domínios em regiões naturais e divisão desses últimos em geocomplexos.

Além do redimensionamento de algumas unidades que, conforme os autores se encontram superestimadas; além da criação de uma base de informações posterior ao Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do estado, uma vez que esse não existe de acordo com os autores. Salienta-se dessa forma, a importância do referido trabalho para o estado potiguar, servindo como base para outros.

Além desses, Souza (2000) baseou-se igualmente no modelo proposto por Tricart (1977), estabelecendo ainda quatro graus de sustentabilidade das unidades geoambientais sob o ponto de vista do meio ambiente e dos recursos naturais, conforme as seguintes condições: a) potencial geoambiental e limitações de uso dos recursos naturais disponíveis; b) condições ecodinâmicas e vulnerabilidade ambiental; c) indicadores quanto ao uso compatível do solo de cada unidade geoambiental.

Simplificando os graus propostos, tem-se no Quadro 03 que:

Quadro 03 - Graus de Sustentabilidade

<b>Sustentabilidade Muito Baixa</b>	Áreas em que a capacidade produtiva dos recursos naturais é mínima e onde os efeitos da degradação ambiental adquirem características praticamente irreversíveis, em função da devastação da vegetação, da ablação dos solos e dos índices negativos elevados do balanço hídrico.
<b>Sustentabilidade Baixa</b>	Áreas com sérios problemas quanto à capacidade produtiva dos recursos naturais renováveis, incluindo-se pequeno potencial dos recursos naturais hídricos superficiais e subterrâneos, irregularidade climática;

	balanço hídrico deficiente; solos rasos e intensamente erodidos.
<b>Sustentabilidade Moderada</b>	Áreas com razoável capacidade produtiva dos recursos naturais, em que se incluem condições satisfatórias quanto ao potencial hídrico; solos moderadamente profundos, com média a alta fertilidade natural e em bom estado de conservação quanto à cobertura vegetal primária.
<b>Sustentabilidade Alta</b>	Áreas dotadas de boa capacidade produtiva dos recursos naturais e com limitações que podem ser mitigadas com aplicações de tecnologia simples, incluindo-se condições satisfatórias de potencial hídrico; condições climáticas húmidas, com chuvas bem distribuídas; solos moderadamente profundos, poucos susceptíveis à erosão.

Adaptado de Souza (2000).

Com base no potencial atual dos recursos naturais sob as limitações de uso e estado de conservação dos referidos recursos, Souza (*op. cit*) elenca ainda três categorias de vulnerabilidade, apresentadas no Quadro 04 a seguir.

Quadro 04 - Categorias de Vulnerabilidade

<b>Vulnerabilidade Baixa</b>	Áreas que apresentam características contidas nos setores de sustentabilidade alta.
<b>Vulnerabilidade Moderada</b>	Áreas que apresentam características contidas nos ambientes com susceptibilidade moderada.
<b>Vulnerabilidade Alta</b>	Áreas cujas condições de susceptibilidade se enquadram nas categorias de susceptibilidade baixa e muito baixa.

Fonte: Souza (2000).

Alicerçado em parâmetros com variáveis ambientais a serem analisadas a seguir, quais sejam elas geologia, clima, solo, vegetação, relevo e hidrografia, é possível averiguar e delinear os sistemas ambientais para que se possa chegar a estudos elaborados do espaço analisado, dando subsídio para pesquisas futuras como diagnósticos ambientais, zoneamento ambiental, planejamento, entre outros, para compreender melhor a dinâmica e interação homem/meio, que será sondado posteriormente.

A análise da paisagem, dentro da perspectiva dos sistemas ambientais, se torna cada vez mais pertinente aos estudos geográficos, tendo em vista o dinamismo com que esses ambientes se modificam ao longo do tempo e do espaço dada as condições físicas e/ou sociais locais; e dessa forma, se faz necessário e plausível que tal abordagem

aconteça de maneira sistêmica e holística, ou seja, que fundamente-se em estudos que não considerem apenas a análise pela análise de suas partes separadas, mas sim do todo.

## **2.2 – Desertificação: Caracterização e Conceitos**

Há certa polêmica na comunidade científica quando se trata do termo desertificação. Em parte devido as suas várias definições, como aponta Nascimento (2006) quando afirma que há mais de 60 conceitos para o termo, conforme visto a seguir, além de outros inúmeros métodos de análise.

Em decorrência disso, a cada novo trabalho realizado surge uma vereda que possibilita, de certo modo, aperfeiçoar as técnicas utilizadas anteriormente. Entretanto, alguns fatores como o não estabelecimento de modelos-padrão – que possam ser utilizados em qualquer escala ou mesmo em escalas específicas –, a falta de consenso e cooperação entre os locais/países afetados e o não acompanhamento da evolução da referida problemática são agravantes no que diz respeito ao seu combate e mitigação.

Abrigada no sertão nordestino, o fenômeno da desertificação não abrange somente o Brasil, mas também diversos países como Portugal, Nigéria, Etiópia, China, Índia, México, Argentina, Bolívia, Paraguai etc. Várias foram as Conferências mundiais realizadas para amenizar os impactos desse fenômeno, que vem se alastrando em escala global.

### **2.2.1 – Breve histórico da desertificação**

A palavra “desertificação” foi mencionada inicialmente pelo francês Louis Lavauden, no ano de 1927 e foi popularizada nos anos 1940 por Andre Aubreville. Teve sua história oficialmente iniciada em meados dos anos 70, onde no ano de 1972, a desertificação passou a ser tratada como um problema mundial somente após uma grande seca ter provocado a morte de 250 mil pessoas e milhões de animais na Mauritânia, Senegal, Mali, Burquina Faso, Niger e Chade, entre 1968 e 1974 (BRASIL, 2018), levando a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano a criar o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a aprovação da Primeira Conferência Internacional sobre Desertificação realizada em Nairóbi, Quênia, no ano de 1977 (MATALLO JÚNIOR, 2009).

As pesquisas sobre desertificação sempre estiveram associadas às preocupações mais amplas de ordem ecológica que ganharam destaque após a Conferência sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo, em 1972 (SOARES; MOTA FILHO; NÓBREGA, 2011). A partir de então, diversas outras conferências foram realizadas em âmbito internacional, como a ECO-92 (ou Rio 92) que obteve como principais resultados a Agenda 21, Convenção do Clima e Convenção da Biodiversidade.

Na Conferência Rio +10 houve a consolidação do termo “desenvolvimento sustentável” (apesar de já ter sido alicerçado em 1987 no Relatório de Brundtland) e na Rio +20, *O futuro que queremos* foi o principal fruto da Conferência onde no tópico “Desertificação, degradação do solo e seca”, faz-se alguns apontamentos sobre a desertificação propriamente dita:

205. Ressaltamos que a desertificação, a degradação do solo e a seca são desafios de dimensão global e continuam a representar sérias dificuldades para o desenvolvimento sustentável de todos os países, em particular os países em desenvolvimento. [...];

[...]

207. [...] Observamos a importância da mitigação dos efeitos da desertificação, da degradação dos solos e da seca, inclusive através da preservação e criação de oásis, restaurando áreas degradadas, melhorando a qualidade do solo e a gestão da água, a fim de contribuir para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza. [...];

208. Ressaltamos a importância do desenvolvimento e implementação de métodos e indicadores para monitorar e avaliar a extensão da desertificação, da degradação dos solos e da seca e que estejam fundamentados em uma base científica e socialmente abertos<sup>2</sup> (UNCSD, 2012).

Conforme Araújo e Souza (2017), está sendo implementado na América do Sul o Programa de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca de acordo com os princípios da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, onde no ano de 2006 foi lançado o livro *Indicadores de la Desertificación para América Del Sur: Recopilación y armonización de indicadores y puntos de referencia de la desertificación a ser utilizados em el programa Combate a la desertificación y mitigación de los efectos de la sequía en América del Sur*.

Para efeitos desta obra, participam do programa seis países da América Latina: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Equador e Peru. Tem como objetivo geral proporcionar as linhas básicas para o seguimento da degradação da terra dos países citados e possui três componentes principais:

---

<sup>2</sup> Tradução nossa

- 1- Harmonização e aplicação de indicadores de desertificação existente coleta e análise de dados;
- 2- Formulação de propostas e regulamentos para controlar a desertificação;
- 3- Fortalecimento institucional e treinamento; treinamento de conscientização pública e disseminação de informações<sup>3</sup> (ABRAHAM; BEEKMAN, 2006).

Em Agosto de 2015 a Organização Nacional das Nações Unidas (ONU, [201-]) estabeleceu a Agenda de Desenvolvimento Sustentável Pós-2015, atualmente chamada de Agenda 2030. Tal Agenda é a ampliação da experiência de êxito dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) e como preâmbulo, a Agenda 2030 apresenta seu ambicioso projeto com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 Metas que estimularão a ação para os próximos 15 anos. Dentre outros objetivos, o ODS15 visa *Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter à degradação da terra e deter a perda de biodiversidade*. Para a desertificação propriamente dita, faz o seguinte apontamento:

15.3 Até 2030, combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo (*op. cit.*, n.p.).

Dentre os objetivos mais comumente citados em documentos oficiais de ordem internacional está a recuperação do solo degradado, o combate à desertificação e a convivência social para com a região afetada. Para tanto, Dregne (1986) alertou para dois principais equívocos comuns sobre o fenômeno: o primeiro é que a desertificação se espalha a partir de um núcleo desértico, como uma ondulação em um lago; e o segundo equívoco é que as secas são responsáveis pela desertificação<sup>4</sup>.

Com efeito, a UNCCD<sup>5</sup> ([201-]) afirma que a desertificação

não é a expansão natural dos desertos existentes, mas a degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas. É um processo gradual de perda de produtividade do solo e afinamento da cobertura vegetativa devido às atividades humanas e às variações climáticas, como secas e inundações prolongadas. [...] Entre os fatores causais humanos estão a supercultura, o excesso de pastoreio, o desmatamento e as más práticas de irrigação. Essa superexploração é geralmente causada por pressão econômica e social, ignorância, guerra e seca<sup>6</sup>.

---

<sup>3</sup> Tradução nossa

<sup>4</sup> Tradução nossa

<sup>5</sup> Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas (sigla em Inglês), onde o Brasil tornou-se signatário em 1997.

<sup>6</sup> Tradução nossa

Dregne (1986) registra ainda que a seca aumenta a probabilidade da taxa de degradação do solo e afirma ainda que a desertificação geralmente começa como um ponto na paisagem onde o abuso de terra se tornou excessivo, e enfatiza que a combinação mortal é o abuso de terra durante bons períodos e sua continuação durante os períodos deficientes de chuva<sup>7</sup>.

Equívocos semelhantes podem ser encontrados quando se tratam da conceituação de deserto e desertificação, sendo bastante comum aludir ambos os fenômenos como sinônimos, pelo seu prefixo similar. Para desmistificar tal fato, expor-se-á no subtópico seguinte algumas considerações acerca da diferenciação dos referidos significados.

### **2.2.2 – Deserto e Desertificação: Diferenças e Semelhanças**

A desordem acerca da conceituação é tamanha que o resgate dos conceitos se faz necessário para melhor compreensão da temática aqui abordada para que, dessa forma, não venha a ocorrer ambiguidades conceituais ao longo da pesquisa.

Para tanto, corroborando com o que disse Dregner (1986), Conti (2009) averba que um deserto quase sempre tem uma área nuclear de aridez severa e uma periferia menos seca formada de uma faixa transicional subúmida. Reforça ainda que deserto remete à ideia de tipo de clima e supõe um sistema natural adaptado, com características e limites espaciais definidos. Já para o termo desertificação o autor supracitado afirma que o fenômeno supõe processo e, portanto, dinamismo, estando frequentemente associado a períodos secos bastante longos, da ordem de décadas (*op. cit.*).

O pioneiro nos estudos da desertificação no Brasil, Vasconcelos Sobrinho, afirma que desertificação não é sinônimo de deserto. Reforça que existe uma diferença de conceito entre ambos: deserto é a colimação de fenômeno, é um fato completo, um clímax ecológico atingido; desertificação é um processo em andamento, um disclímax, que pode ou não resultar em deserto (VASCONCELOS SOBRINHO, 1982).

Corroborando com tal perspectiva, Edmon Nimer (1988) afirma que, para esse último, trata-se de um fenômeno espacial em desequilíbrio natural onde a retroalimentação do (s) ecossistema (s) não é totalmente recompensada pela

---

<sup>7</sup> Tradução nossa

retroalimentação positiva; não significando, entretanto, que o ecossistema em processo de desertificação atingirá o clímax de deserto.

Sucintamente, Matallo Júnior (2009) diz que desertos são os resultados da evolução climática e desertificação é o resultado do manejo inadequado dos recursos naturais nas zonas áridas. Mas também reforça que uma análise crítica do conceito de "desertificação" aponta para algumas fragilidades teóricas e/ou metodológicas, tais como:

- a) amplitude conceitual;
- b) ausência de métodos de estudo universalmente aceitos;
- c) ausência de métodos confiáveis para a identificação de processos de desertificação; e
- d) falta de uma metodologia de avaliação econômica da desertificação (MATALLO JÚNIOR, 2001).

Guerra e Guerra (2015) por sua vez afirmam que desertificação indica o ressecamento climático, que pode ocorrer por períodos longos, ocorrendo erosão do solo, pela ação do escoamento superficial em decorrência do desmatamento. E para deserto, registram que é uma região natural caracterizada pela pequena precipitação de chuvas, distribuídas de forma irregular no tempo.

A Lei nº 13.153/2015, que institui a Política Nacional de Combate à Desertificação (PNCD), no seu art. 2º, inciso I, caracteriza a desertificação como “a degradação da terra, nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de vários fatores e vetores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (BRASIL, 2015).

No âmbito das políticas públicas brasileiras, o *Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca* (PAN-Brasil) define a desertificação como:

- a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas; sendo resultante de vários fatores, incluindo aqueles causados por variações climáticas e atividades humanas, sendo que esta última diz respeito, principalmente, ao uso inadequado dos recursos naturais, solo, água e vegetação (BRASIL, 2005).

Entretanto, o documento citado não traz nenhum conceito acerca de deserto ou sobre utilizá-lo como sinônimo desta outra, evitando assim possíveis ambiguidades.

Cabe ressaltar ainda, que para a delimitação dessas áreas fora alicerçado no Índice de Aridez de Thornthwaite (1941), onde, com base em seus estudos, o índice provém da razão entre a precipitação (P) e a evapotranspiração potencial (ETP), ou seja, da perda de água no sistema; onde a classificação e os respectivos valores se encontram no Quadro 05 abaixo:

Quadro 05 - Índice de Aridez (IA)

<b>Clima</b>	<b>Índice</b>
Subúmido e úmido	>0,65
Subúmido seco	0,51 e 0,65
Semiárido	0,21 e 0,50
Árido	0,05 e 0,20
Hiperárido	<0,05

Adaptado de Thornthwaite (1941) e Brasil (2007).

Vale salientar que esse índice ainda é utilizado como parâmetros de estudos de cunho científico até hoje, abrangendo desde estudos climáticos propriamente ditos – como se verá a seguir os critérios utilizados para a nova delimitação do semiárido brasileiro de 2017 – até estudos setorizados, como o caso da desertificação; assim, quando há uma redução no valor do IA, tem-se forte tendência à desertificação (LOPES; LEAL, 2015). Importante ainda frisar que esse parâmetro é apenas um dos utilizados para os estudos do referido fenômeno, que leva em consideração outros aspectos da sua causa, onde também será visto a seguir.

Diante de toda discussão proferida entende-se, portanto, a desertificação como um fenômeno ambiental agravado pela ação do homem, que se encontra em constante transformação nos ambientes áridos, semiáridos e subúmidos secos, enquanto que o deserto é uma condição natural já transformada.

### **2.2.3 – O Processo de Desertificação no Semiárido Brasileiro**

O Brasil possui uma variedade de climas que permitem que diferentes fenômenos ocorram de forma específica em cada região. Aliado aos diferentes tipos de solo e outros fatores mais singulares como a latitude, a longitude e a intensidade das precipitações no tempo e no espaço permitem que os ambientes possuam características únicas e, dessa forma, em casos de degradação ou deturpação do meio serão necessárias medidas *sui generis*.

Em 2017, de acordo com a FAO ([201-]), no mês de Janeiro, 368 municípios de oito Estados do Semiárido como Paraíba, Pernambuco, Bahia, além do noroeste de Minas Gerais, apresentavam pelo menos 50% de suas áreas impactadas pela seca<sup>8</sup>.

Com vistas à intensa degradação ambiental sofrida ao longo dos anos no bioma Caatinga, que abrange a maior parte territorial do nordeste brasileiro, a desertificação aí

---

<sup>8</sup> Tradução nossa

instalada há muito, possui uma relação estreita com a vegetação e os solos, diminuindo a presença da cobertura vegetal por períodos prolongados (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015). O bioma, que é exclusivamente brasileiro, possui umas das maiores diversidades de fauna e flora do mundo, entretanto, está entre os biomas brasileiros mais degradados pela ação antrópica (OLIVEIRA; BARROS; SILVA, 2012).

Conforme aponta Bied-Charreton (2009), as características gerais das regiões áridas e semiáridas são a raridade das chuvas, a concentração em períodos mais ou menos curtos (alguns meses) e uma forte variabilidade no tempo e no espaço; a intensidade da evaporação e evapotranspiração das plantas e a precariedade dos recursos hídricos<sup>9</sup>. Corroborando com tal fato, Carvalho e Egler (2003) afirmam que no nordeste brasileiro as chuvas se concentram em um curto período de cerca de três meses, durante os quais ocorrem sob a forma de fortes aguaceiros, de curta duração; e essa concentração pluviométrica, segundo os autores, é um dos fatores que explica o adensamento demográfico de semiárido brasileiro.

Para a caracterização do semiárido brasileiro, Carvalho; Barcellos e Moreira (2009) enfatizam que:

a estrutura fundiária é extremamente concentrada, embora seja grande o número de pequenos estabelecimentos ou unidades de produção familiar. Além da vulnerabilidade climática do SemiÁrido [*sic*], grande parte dos solos encontra-se degradados. Os recursos hídricos caminham para a insuficiência ou apresentam níveis elevados de poluição. A flora e a fauna vêm sofrendo a ação predatória do homem e os frágeis ecossistemas regionais não estão sendo protegidos, ameaçando a sobrevivência de muitas espécies vegetais e animais e criando riscos à ocupação humana, inclusive associada a processos de desertificação.

No Brasil as áreas suscetíveis à desertificação alcançam 980.711 km<sup>2</sup>, distribuídos em oito estados do Nordeste e no norte do Estado de Minas Gerais, de acordo com Costa *et al.* (2009, p. 962). Para o ano de 2017, a Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) atualizou a lista de municípios que foram incorporados ao semiárido brasileiro. Ao todo foram 73 cidades incluídas dos estados da Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco e Piauí; resultando em 1.262 integrantes. A inclusão se deu a partir de levantamento técnico produzido por grupo de trabalho interministerial, do qual o Ministério da Integração e a SUDENE fizeram parte. A decisão considerou como critérios o percentual diário de déficit hídrico e índices pluviométricos e de aridez (BRASIL, 2017).

---

<sup>9</sup> Tradução nossa

No que tange a discussão à desertificação no semiárido, é possível encontrar alguns autores pioneiros que no seio da problemática observaram, estudaram, criticaram e propuseram metodologias para combater o avanço do fenômeno da desertificação.

Alguns autores como Vasconcelos Sobrinho (1982), Ab'Saber (1977) e Conti (2009, 2014) trouxeram contribuições valiosas para a literatura da desertificação, expondo novos modelos e métodos para inibir o aumento do processo nas terras brasileiras, suas causas e suas consequências. Atualmente, diversos pesquisadores vêm se destacando na vanguarda de pesquisas de cunho científico e acadêmico no Brasil, trazendo subsídios e alternativas para o Estado intervir de maneira a beneficiar à população nordestina que sofre com as consequências da desertificação.

Na sua obra *Áreas em desertificação ocorrentes no nordeste do Brasil*, Vasconcelos Sobrinho versa sobre a aplicação dos indicadores de desertificação como modelo fundamental dos estudos deste fenômeno, que permitem:

avaliar a vulnerabilidade à desertificação; prever o começo da desertificação; vigiar o processo nas regiões que sofrem a desertificação e avaliar os efeitos e os programas para combatê-los (VASCONCELOS SOBRINHO, 1982, p. 08).

Além desses, aborda os núcleos de desertificação solitários, que aparecem fora das áreas de degradação, criados diretamente pela ação do homem independentemente das características originais do solo onde se implantam (*op. cit.*).

Para efeitos desta pesquisa, Vasconcelos Sobrinho (1982, p. 10) traz elencadas as causas da desertificação que são aceitas até os dias de hoje, e segundo ele, podem ser equacionadas em duas fundamentais: o equilíbrio ecológico instável da área, resultante de fatores do clima e do solo e a ação do homem. Para os fatores do clima, afirma que estes são:

- a) Baixo índice de pluviosidade,
- b) Distribuição irregular das precipitações através do ano,
- c) Temperatura do ar e do solo relativamente elevada,
- d) Baixa umidade relativa do ar,
- e) Intensa luminosidade e amplo fotoperiodismo,
- f) Velocidade e temperatura dos ventos,
- g) Índices de transpiração e evapotranspiração elevados,
- h) Balanço hídrico deficitário,
- i) Variações climáticas globais de origens diversas (*op. cit.*, p. 14).

E para a ação do homem, elenca uma sucessão de processos de degradação do solo e da sua cobertura vegetal:

- j) Incompetência no manejo do solo,
- k) Lavoura itinerante,

- l) Criação extensiva,
- m) Queimadas,
- n) Destruição dos estoques de sementes das plantas nativas,
- o) Destruição dos agentes polinizantes (*op. cit.*, p. 14).

Além do regime de chuvas irregulares, as atividades agropastoris são bastante desenvolvidas nessa região. Esses dois fatores, juntamente com a erosão, contribuem diretamente para a desertificação da região, principalmente nas áreas mais secas (SÁ e SILVA, 2010). Silva (2007) por sua vez, elenca três problemas fundamentais a serem enfrentados no semiárido: sua extrema fragilidade ambiental, a escassez de recursos de água e o seu declínio relativo no contexto da economia regional.

Diante do exposto, um dos maiores entraves com relação à desertificação é a falta de uma metodologia que seja aceita e utilizada amplamente tanto na academia quanto nos órgãos públicos. O que prejudica a sua compreensão enquanto fenômeno, bem como sua mitigação enquanto impacto negativo, sendo a escala um dos pontos centrais para as divergências metodológicas.

Dessarte, Matallo Júnior elencou cinco problemas sobre a desertificação: a amplitude conceitual, a ausência de métodos de estudo universalmente aceitos, a ausência de métodos confiáveis para a identificação de processos de desertificação, a falta de “clareza empírica” das diferenças entre desertificação e seca e a falta de uma metodologia de avaliação econômica (MATALLO JUNIOR, 2001).

O trabalho realizado por Sales (2003) evidencia tal fato, quando a autora elenca devidamente o histórico de pesquisas realizadas e os resultados alcançados acerca da evolução de estudos sobre a desertificação no Nordeste brasileiro, conforme mostrado no Quadro 06 a seguir.

Na referida pesquisa Sales (2003) mostra que é possível encontrar várias divergências metodológicas, evidenciando que a maior dificuldade está na relação escala/metodologia. A autora (*op. cit.*) sugere que mesmo os trabalhos desenvolvidos em escala local, reconhecida a especificidade do espaço, sejam produzidos diagnósticos mais precisos; enquanto que para os estudos regionais afirma que parecem ser os que oferecem resultados mais próximos à realidade e compatíveis com a escala proposta, sendo possível reconhecer quais áreas foram atingidas pela desertificação e quais deveriam realizar estudos mais precisos.

Quadro 06 - Síntese dos Principais Estudos sobre Desertificação para o Nordeste do Brasil

AUTOR/ANO	TÍTULO	ESCALA DE ABRANGÊNCIA	METODOLOGIA	RESULTADOS
VASCONCELOS SOBRINHO (DÉCADA DE 70)	Entre outros, "O Deserto Brasileiro"	Regional/Nordeste	Bio-Indicadores [sic], variação dos elementos do clima e condições sócio-econômicas [sic]	Identificou "Núcleos de Desertificação"
AZIZ AB'SABER (1977)	"Problemática da Desertificação e da Savanização no Brasil Intertropical"	Escala Nacional	Base Conceitual Relacionada Aos Geossistemas	Identificou 9 (nove) Geótopos Áridos
EDMON NIMER (1980)	"Zoneamento Sistemático de Áreas mais predispostas à Desertificação"	Escala Nacional	Caracterização climática através do regime pluviométrico, duração da estação biologicamente seca e variabilidade pluviométrica ano a ano	Demarcou as áreas de clima sub-úmidos [sic] e semi-áridos [sic] no Brasil
VALDEMAR RODRIGUES (1992), REVISADO POR FERREIRA (1994)	"A Desertificação no Nordeste do Brasil: Diagnóstico e Perspectiva"	Escala Regional	Índice de Aridez da UNEP e indicadores sócio-econômicos [sic]	Carta da susceptibilidade à desertificação e mapa de ocorrência da desertificação no Nordeste do Brasil
JOSÉ BUENO CONTI (1995)	"Desertificação nos Trópicos – Proposta Metodológica de Estudo Aplicada ao Nordeste Brasileiro"	Escala Regional:  Semi-Árido [sic] delimitado pela isoieta de 800 mm/ano.	Análise de séries temporais da Pluviosidade, Variabilidade Interanual e Ciclicidades	237 postos analisados: 118 com tendência linear crescente, 85 com tendência linear estável e 34 com tendência linear decrescente

Adaptado de SALES, (2003).

Ratificando tal pensamento Pereira Neto (2016) afirma que os métodos utilizados para a desertificação são variados, assegurando ainda que a proposição e incorporação de uma variedade temática (multiplicidade de parâmetros ambientais) ao invés de análises simplificadas monotêmicas (um único parâmetro) se revelam como uma possível e interessante alternativa.

E ainda, Sousa (2012) solidifica e sustenta o mesmo pensamento, quando diz que da dificuldade metodológica surge outros desdobramentos, tratando da sobreposição entre métodos de estudo e métodos de identificação de áreas sob processo de desertificação.

O que, de certa forma corrobora com o tópico anterior, onde ambos são fatos complexos de lidar; e para cada caso uma abordagem diferenciada seria, teoricamente, necessária.

#### **2.2.4 – Cenários para o Rio Grande do Norte**

O estado do Rio Grande do Norte se destaca entre os demais estados da região nordestina por apresentar 88,02% de seus municípios inseridos na porção semiárida (INSA, 2012), ou seja, em números gerais, dos 167 municípios potiguares, 147 estão dentro desse percentual.

Ainda entre os estados nordestinos, é o Rio Grande do Norte que apresenta maior percentual de municípios (72,78%) com grau de urbanização superior a 50%, sendo o município de Caiçara do Norte que apresenta um dos maiores índices da região. (INSA, *op. cit.*).

Além disso, Vasconcelos Sobrinho (1982) já apontava que

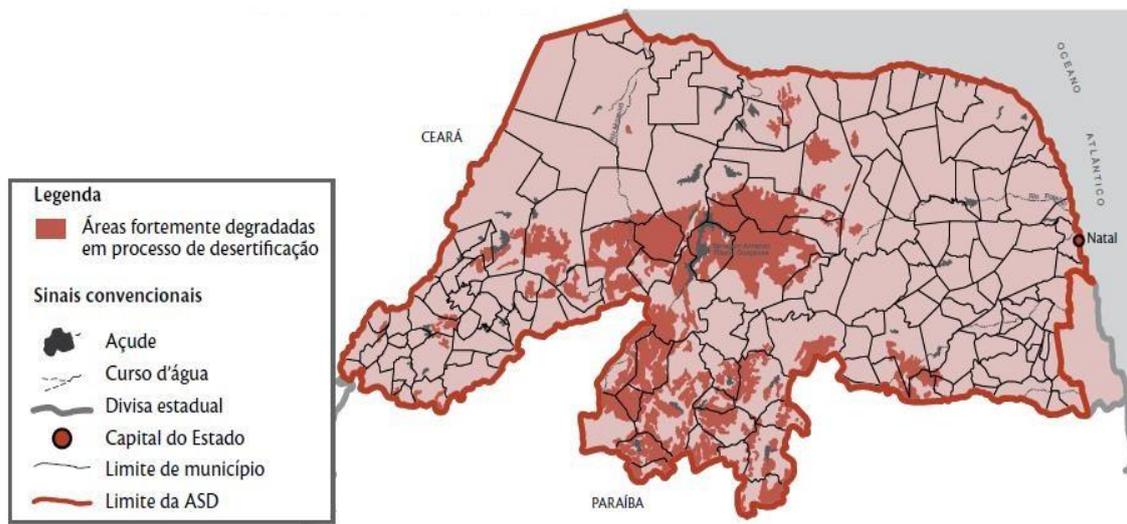
No Rio Grande do Norte quase toda a região fitogeográfica do Seridó vem sendo submetida a intensos trabalhos de prospecção e mineração, criando núcleos de desertificação que muitas vezes se unem alcançando áreas extensas. Tudo isto agravado pelas condições climáticas de baixa pluviosidade do Seridó (450mm) torna essa área um dos exemplos mais graves da presença da desertificação no Nordeste.

Dessa forma, o núcleo do Seridó, que abrange 32 municípios entre os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba, ainda possui alguns entraves ambientais que dão suporte ao fenômeno da desertificação, como a indústria ceramista com a extração de argila e lenha, além de mineração onde se explora principalmente em ambos os estados as gemas (água marinha, ametista, esmeralda e turmalina), pegmatitos (berilo, feldspato, mica e quartzo), scheelita, minérios de ferro, mármore, calcário, caulim, ouro e materiais para construção civil (areia, argila e cascalho) (MEDEIROS, *et al.*, 2013).

O Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (2016) organizou um panorama sobre a desertificação em nível de nordeste, onde o estado do Rio Grande do Norte ficou representado da seguinte maneira, como mostrado na Figura 01 a seguir.

Ainda de acordo com o CGEE (*op. cit.*) e conforme visto na Figura 01, o estado corresponde a uma proporção de 98,42% Área Suscetível à Desertificação; onde pode-se observar que apenas parte do litoral sudeste não está em processo de desertificação.

Figura 01 - Áreas em processo de Desertificação no Rio Grande do Norte



Fonte: CGEE, 2016.

Dessa maneira, algumas microrregiões encontram-se mais afetadas que outras, como a Serra de Santana, Angicos, Seridó Oriental e Ocidental, Médio Oeste e Vale do Açu. A forma como esses espaços foram ocupados e conseqüentemente degradados dizem muito sobre seu estado atual, uma vez que quanto maior o estresse ambiental da área aliados à falta de reparação sobre sua reposição, maior a sua susceptibilidade à desertificação.

O Rio Grande do Norte, conforme Fernandes e Medeiros (2009, p. 156), “por possuir a maior parte de sua área enquadrada no semiárido, tem uma representatividade muito grande na problemática ambiental da desertificação”. Devido a presença do núcleo do Seridó, há uma maior preocupação nesse, pois, são os núcleos o efeito máximo do processo de degradação e o seu indicador mais importante (VASCONCELHOS SOBRINHO, 1982).

Porém, há maior concentração de estudos realizados para a região do Seridó, não satisfazendo, pois, as necessidades de informações específicas de municípios e outras regiões para pesquisas e planos de combate à desertificação. Encontra-se na literatura apenas alguns trabalhos mais pontuais em municípios específicos.

Peixôto e Pereira Neto (2018) pesquisaram sobre políticas públicas e ambientais aplicadas à desertificação no município de Assú/RN, apontando que as políticas públicas que o englobam também atuaram em conjunto com municípios circunvizinhos e tinham também outras perspectivas ambientais, não visando somente a temática da desertificação.

Já Maia e Costa (2011) por sua vez, estudaram sobre a desertificação nos municípios de Francisco Dantas e Encanto/RN utilizando os indicadores propostos por Matallo Júnior. Indicando que os mesmos são eficazes para identificar e monitorar os processos de desertificações

Entretanto, conforme observado anteriormente na figura, a região central do estado vem se destacando com as manchas de desertificação, sendo essas áreas, de modo geral, onde “os solos estão mais degradados e onde os processos de erosão são mais fortes” (MEDEIROS, 2010, p. 123) abrangendo as microrregiões de Angico, Médio Oeste e Vale do Açu.

Nessa última, se ressalta nessa pesquisa o município de Assú, relevante município devido sua importância histórica, econômica e social tanto na microrregião propriamente dita quanto em nível estadual, reconhecendo-se entre outras características, como um ponto geograficamente estratégico no estado potiguar; ligando o litoral leste ao interior oeste, bem como o litoral norte ao interior sul.

### **2.3 – Considerações Iniciais acerca do uso de indicadores**

A utilização de indicadores como subsídio para deliberação e criação de políticas públicas fora discutido durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (RIO-92) através de um de seus resultados: a Agenda 21, onde, no seu capítulo 40 aponta que os indicadores comumente utilizados, como o Produto Nacional Bruto (PNB) e as medições dos fluxos individuais de poluição ou de recursos, não dão indicações adequadas de sustentabilidade; sendo necessário, portanto, desenvolver indicadores que sirvam de base sólida em todos os níveis e que contribuam para uma sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento (CNUMAD, 1992). No âmbito internacional, o CNUMAD afirma sobre os indicadores:

Os países no plano nacional e as organizações governamentais e não-governamentais [...] devem desenvolver o conceito de indicadores do desenvolvimento sustentável a fim de identificar esses indicadores. Com o objetivo de promover o uso cada vez maior de alguns desses indicadores nas contas satélites e eventualmente nas contas nacionais, é preciso que o Escritório de Estatística do Secretariado das Nações Unidas procure desenvolver indicadores, aproveitando a experiência crescente a esse respeito (*op. cit.*).

A Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD, 2003), por sua vez, define indicador como “um parâmetro, ou um valor derivado de parâmetros, que aponta para, fornece informações sobre, descreve o estado de um fenômeno/ambiente/área, com uma significância que se estende além daquela diretamente associada a um valor de parâmetro”<sup>10</sup>.

Rodrigues (2010) registra que os indicadores são formas de avaliar fenômenos dentro dos mais variados aspectos da sociedade, revelando-se essencialmente como medidas e posteriormente como informações, sendo recorrente a utilização de expressões como “indicadores econômicos”, “indicadores sociais”, “indicadores ambientais” sendo utilizadas tanto nas esferas acadêmica, como na política e na mídia.

Bollmann, por sua vez, apresenta três fases sobre os indicadores:

1<sup>a</sup>: marcada pela departamentalização do conhecimento, os indicadores ambientais basearam-se quase que exclusivamente em variáveis que, na realidade, consistiam em medidas de grandezas físicas, químicas ou biológicas consideradas importantes para descrever o objeto (indicadores primários).

2<sup>a</sup>: estruturas de agregação de variáveis (somatório, produto, operadores máximo e mínimo, médias aritméticas, geométrica, harmônica etc) foram utilizadas não apenas para aglutinar informação de mesma natureza, mas já estabelecendo algumas metodologias para congregar variáveis de diferentes espécies (indicadores secundários).

3<sup>a</sup>: pode ser caracterizada não pela estruturação de indicadores, mas pela forma de análise dos resultados. [...] como representantes dessa fase se enquadram os indicadores multinível, que permitem uma apreciação multidimensional dos resultados (BOLLMANN, 2001, p. 18-19).

Além disso, é possível encontrar na literatura não somente discussões sobre os indicadores. Com o passar dos anos e com a apropriação dessa temática nas diversas áreas da ciência, desenvolveram-se os “Biodindicadores” (com a ideia matriz centrada na biologia/ecologia) e os “Geoindicadores” (com a concepção central dentro da geografia/geologia).

Conforme aponta Gupta (2002), geoindicadores devem ser utilizados para analisar mudanças ambientais relacionadas à urbanização no ambiente tropical. Tais medições, no entanto, estão limitadas pelas seguintes restrições:

- 1- Geoindicadores por definição são projetados para aferir mudanças geológicas.
- 2- Uma avaliação completa e correta das mudanças levará consideração o espaço ambiental das cidades.

---

<sup>10</sup> Tradução nossa

3- O objetivo básico do exercício é preservar (e, se possível, melhorar) a qualidade do ambiente físico das cidades, tanto quanto possível<sup>11</sup>.

Para efeito dessa discussão, entretanto, será tomada como base os conceitos e metodologia dos bioindicadores, que, conforme a definição de Carvalho *et al.* (2015) são conjuntos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, diversidade e condições são indicativos biológicos de uma determinada situação ambiental, o que permite identificar causas e efeitos através de rápidos sinais no ambiente, identificando assim o episódio e sua magnitude.

Tricart (1977) apresenta três grandes tipos de meios morfodinâmicos (com função indicadora) da intensidade dos processos sobre os mesmos: meios estáveis (prevalecendo a pedogênese), meios *intergrades* (havendo certo equilíbrio entre pedogênese e morfogênese) e meios fortemente instáveis (prevalecendo a morfogênese). Sendo possível trabalhar em variadas escalas, como regionais, nacionais e mundiais.

Estudos indicam a aplicação de múltiplas metodologias em diversos tipos de ambiente com variados indicadores atuando sobre um local de estresse, como o estudo sobre a qualidade do solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007), a avaliação de espécies vegetais para áreas degradadas da Caatinga (SANTOS; LUZ; EL-DEIR, 2011), indicadores climáticos (DOURADO; OLIVEIRA; AVILA, 2015), espécies vegetais da Caatinga como bioindicador da qualidade ambiental (PINHEIRO, 2015), insetos como bioindicador (OLIVEIRA *et al.*, 2014), espécies nativas da caatinga como indicador de desertificação (VASCONCELOS SOBRINHO, 1982), indicadores para identificação e monitoramento da desertificação (MATALLO JÚNIOR, 2003). Entre tantos outros trabalhos que se encontram disponíveis na literatura sobre a respectiva temática, utilizando assim as espécies indicadoras em escalas mais pontuais.

Com relação a utilização de seres vivos como parâmetro, por espécie indicadora entende-se, de acordo com Johnson; Wiederholm e Rosenberg, (1993) como uma espécie (ou grupo de espécies) que tem condições particulares em relação a um conjunto de variáveis físicas ou químicas, tais como alterações na presença/ausência, números, morfologia, fisiologia ou comportamento dessa espécie<sup>12</sup>; indicando, portanto, que suas variáveis físicas ou químicas estão fora dos seus limites padrões.

A situação de variação ou estresse, conforme averba Markert, Breure e Zechmeister (2003) é a locomotiva de evolução de organismos, comunidades e

---

<sup>11</sup> Tradução nossa

<sup>12</sup> Tradução nossa

ecossistemas, entendendo nesse caso por estresse as flutuações no clima, radiação e suprimento de alimentos, relações predador-presa, parasitas, doenças e competição dentro e entre as espécies<sup>13</sup>.

Em linhas gerais, a discussão sobre uma metodologia amplamente aceita dos indicadores e/ou seu conjunto básico que possa ser utilizado nas mais diversas situações é de alta complexidade. Matallo Júnior (2009) ressalta que esse tema vem sendo discutido desde os anos 70, mas sem êxito. Dentre as razões, o referido autor destaca ainda a natureza multidisciplinar do conceito e outras razões sociológicas relacionadas com a comunidade científica (*op. cit.*).

No que diz respeito aos indicadores de desertificação, Abraham, Montaña e Torres (2006) afirmam que estes são essencialmente uma descrição simplificada da realidade, compostos por diferentes variáveis e dados, podendo ser simples ou muito complexos. Ora, utilizando essa pesquisa de um e outro conceito, é necessário ainda trazer alguns pontos de reflexão acerca dos indicadores de desertificação mais aceitos ao longo dos anos, não abstraindo a ressalva feita por Nascimento (2006) quando assevera a existência de mais de 60 indicadores.

Vasconcelos Sobrinho (1978) elencou 36 indicadores dividindo-os em quatro categorias: físicas, biológicas, agropecuárias e socioeconômicas; bem como Abraham e Beekman (2006), que elencaram 72 indicadores a nível nacional e 107 a nível local, também divididos em quatro categorias: fatores abióticos, biofísicos, sociais e econômicos, institucionais e organizacionais. Ambas as metodologias trazem problemas quanto a sua aplicação, uma vez que, devido à quantidade de indicadores necessita-se, pois, de um quadro de pessoal qualificado para exercer sua gestão.

Além disso, Vasconcelos Sobrinho (1982) elencou também uma pequena lista de espécies nativas que podem ser indicadoras de desertificação, especialmente quanto algumas delas apresentam o nanismo, a saber:

quipá (*Opuntia inamoena*), cabeça de velho (*Pilosocereus sp.*), Coroa-de-Frade [sic] (*Melocactus bahiensis*), bredos em geral (*Portulaca spp.*), pereiro, principalmente quando apresenta nanismo (*Aspidosperma pyriformium*), favela (*Cnidoscolus phyllacanthus*), capim panasco (*Aristida adscensionis*), carqueja, principalmente quando apresenta nanismo (*Calliandra depauperata*), pinhão branco (*Jatropha pohliana*), macambira (*Bromelia laciniosa*), marmeleiros e velames (*Croton spp.*) e juremas, notadamente a jurema rasteira (*Mimosa spp.*).

---

<sup>13</sup> Tradução nossa

Matallo Júnior (2003) por sua vez, propõe algo bem mais amplo: um sistema básico de indicadores para identificação e monitoramento dos processos de desertificação na América Latina e Caribe, apresentado em 1998 na IV Reunião Regional da América Latina e Caribe em Antígua e Barbuda.

Entretanto, como afirma no próprio documento, não é uma metodologia voltada para estudos acadêmicos, mas de caráter prático (*op. cit.*). Sua estrutura fora organizada em dois grandes grupos da seguinte maneira: Indicadores de Situação e Indicadores de Desertificação, onde o primeiro objetivou na caracterização do fenômeno e o segundo objetivou na a identificação do fenômeno em nível ambiental, conforme mostrada no Quadro 07 a seguir:

Quadro 07 - Grupo de Indicadores

<b>A. Indicadores de Situação</b>	<b>B. Indicadores de Desertificação</b>
<b>A.1 Clima</b>	<b>B.1 Indicadores Biológicos</b>
A.1.1 – Precipitação	B.1.2 – Cobertura Vegetal
A.1.2 – Insolação	B.1.3 – Estratificação da Vegetação
A.1.3 – Evapotranspiração	B.1.4 – Composição Específica
<b>A.2 Sociais</b>	B.1.5 – Espécies Indicadoras
A.2.1 – Estrutura de Idades	<b>B.2 Indicadores Físicos</b>
A.2.2 – Taxa de mortalidade Infantil	B.2.1 – Índice de Erosão
A.2.3 – Nível Educacional	B.2.2 – Redução da disponibilidade hídrica
<b>A.3 Econômico</b>	<b>B.3 Indicadores Agrícolas</b>
A.3.1 – Renda per Capita	B.3.1 Rendimento dos Cultivos
<b>A.4 Outro</b>	B.3.2 – Rendimento da Pecuária
A.4.1 – Uso de solo agrícola	<b>B.4 Outros</b>
	B.4.1 Densidade Demográfica

Adaptado de Matallo Júnior (2003)

Baseando-se no sistema de indicadores propostos por Abraham e Beekman (2006), Oliveira (2012) desenvolveu os indicadores biofísicos de desertificação, atribuindo-lhes valores, de modo que os valores maiores correspondem às melhores potencialidades para a conservação ambiental, conforme mostrado no Quadro 08 a seguir.

Quadro 08 - Índices Biofísicos de Desertificação

<b>Índices Biofísicos de Desertificação (IBDF)</b>	<b>Intervalos</b>
Muito baixo	>3,36
Baixo	3,20-3,36
Moderado	2,80-3,19
Alto	2,64-2,79

Fonte: Oliveira (2012).

De maneira geral, percebe-se uma vasta diferença entre as metodologias outrora expostas. Enquanto Vasconcelos Sobrinho (1978) apresenta 36 indicadores; Abraham e Beekman (2006) apresentam 72 a nível nacional e 107 a nível local; Matallo Júnior (2003) por sua vez, alerta que sua metodologia não objetiva estudos acadêmicos, mas sim a prática, onde podemos acompanhar um grande salto com relação aos parâmetros utilizados (que vai desde indicadores físicos e biológicos a sociais, econômicos e agrícolas).

Já os indicadores propostos por Oliveira (2012) demonstram valores que servem de parâmetros para os níveis encontrados em determinados ambientes, mediante avaliação prévia dos mesmos.

O que nos remete mais uma vez em qual metodologia se debruçar. Estaria alguma delas formulada de maneira correta e outra errônea? Ou estariam todas corretas apenas cada uma com suas especificações e limites? Teria alguma metodologia mais completa que outra ou tudo depende da escala e abrangência?

Tais questionamentos devem ser pensados e analisados profundamente antes de serem postos em prática, tendo em vista a complexidade e exigência dos locais expostos (vide ASD's e suas áreas de entorno). Dessa forma, é preciso analisar a escala a ser estudada, bem como o seu grau de desertificação propriamente dito, antes de ser tomada qualquer decisão que venha a não obter resultados de acordo com a realidade que o ambiente se encontre.

Dessa forma, verifica-se que ainda não existe um modelo padrão sobre a utilização dos indicadores de maneira geral, ficando a critério do pesquisador ou equipe multidisciplinar apontá-los, aplicá-los e recomendá-los para futuras pesquisas.

### **2.3.1 – Indicadores e o Sensoriamento Remoto no Semiárido**

Há na literatura muitos trabalhos, pesquisas e metodologias aplicadas aos indicadores para os diversos fins. Entretanto, conforme aponta Pacheco *et al.* (2014), apesar do Sensoriamento Remoto (SR) ter frustrado àqueles que esperavam um produto relativamente acabado e que pudesse informar rapidamente sobre as condições dos processos de Desertificação em nível regional, a vasta literatura sobre o uso do SR no monitoramento da cobertura vegetal em diferentes escalas e para diferentes ambientes tem aplicação bastante relevante.

Com isso, Zanotta (2019, p. 13) afirma que o SR é

a prática de obter informações sobre a superfície da Terra por meio de imagens adquiridas do espaço, utilizando radiação eletromagnética refletida ou emitida, em uma ou mais regiões do espectro eletromagnético. O caráter sinóptico e multitemporal das imagens torna o sensoriamento remoto capaz de fornecer informações fundamentais sobre os alvos, incluindo seu posicionamento, elevação, quantidade de biomassa, temperatura, umidade etc. Essas informações são de extrema importância para modelos de precipitação, poluição, antropização e vulnerabilidade a desastres, principalmente por não serem pontuais, constituindo uma fonte contínua de dados sobre grandes tratos.

A título dessa pesquisa, destaca-se resumidamente, o uso de alguns desses indicadores aliados ao sensoriamento remoto, escala de análise, sua metodologia e principais resultados. Entre os dados de SR mais utilizados para pesquisas na área da desertificação se destacam as imagens de satélite obtidas pela série Landsat, que, conforme averba Formaggio (2017) é um programa de satélites de observação da Terra de origem norte-americana (via Nasa e USGS).

A seguir, no Quadro (09) explana-se sobre alguns trabalhos realizados dentro da temática da desertificação utilizando técnicas de sensoriamento remoto, destacando-se entre artigo, tese e dissertação; elencando suas principais características e resultados obtidos.

Quadro 09 - Síntese de alguns estudos sobre a aplicação do Sensoriamento para a Desertificação

AUTOR/ANO	TITULO	ESCALA	METODOLOGIA	RESULTADOS
Albuquerque <i>et al.</i> (2020)	Sensoriamento Remoto aplicado como Indicador de Desertificação no município de Parelhas – RN	Municipal	Imagens coletadas de satélite Landsat-8 Sensor OLI.	Foram identificadas áreas em avançado processo de desertificação, permitindo a vetorização e mapeamento.
Ramon Santos Souza (2018)	Avaliação Espaço-Temporal do Processo de Desertificação em Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba no Semiárido do Brasil	Regional	Adaptação do método RESTREND, utilização de SAVI e NDVI.	Analisou-se um padrão de comportamento da vegetação e indicou-se e quantificou-se as áreas mais afetadas pela degradação
				Os dois municípios

Silva <i>et al.</i> (2017)	Índice de Vegetação como subsídio na identificação de áreas com potenciais à Desertificação	Municipal	<i>Soil Adjusted Vegetation Index</i> (SAVI). Utilização imagens de Landsat-5 e Landsat-8.	apresentam áreas com diferentes potenciais à desertificação, principalmente, aquelas relacionadas à caatinga esparsa e às regiões com solo exposto.
Sousa (2016)	Susceptibilidade à degradação/desertificação na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Feiticeiro (Ceará/Brasil) e na Microbacia da Ribeira Grande (Santiago/Cabo Verde)	Regional	Utilização de imagens de Landsat-5 e Landsat-8.	As bacias hidrográficas apresentaram susceptibilidade à desertificação de moderada à alta

Fonte: Elaborado pela autora, 2020.

Percebe-se assim, uma gama de estudos diversificados, aplicados desde municípios a bacias hidrográficas. Obviamente ainda há muito caminho a ser percorrido com relação ao monitoramento da evolução do processo de desertificação nos estados do nordeste brasileiro. É possível depreender ainda a preferência dos pesquisadores pelas imagens de satélite Landsat-5 e 8, alguns usando ambas e outros usando apenas uma dessas.

O fato é que cada tecnologia apresenta vantagens e desvantagens, sendo apropriada de acordo com as especificidades e necessidades. Destaca-se aqui a utilidade das imagens de Landsat, sendo também empregada nessa pesquisa conforme pode ser observado no tópico seguinte.

## 2.4 – Metodologia e procedimentos metodológicos

A operacionalização, juntamente com os procedimentos metodológicos é de fundamental importância na pesquisa de cunho científico. Para tanto, delineou-se para a presente proposta três etapas, sendo essas o Levantamento Bibliográfico, o Levantamento

Cartográfico (pré-processamento, processamento e pós-processamento) e a análise dos dados em gabinete.

### *Levantamento Bibliográfico*

A base teórico-metodológica está alicerçada no estudo integrado da paisagem, seguindo a proposta de Bertrand (1972) de geocomplexo (outrora, geossistema), dos indicadores de acordo com Oliveira (2012) e Costa (2014), da Ecodinâmica de Tricart (1977) e da Vulnerabilidade e Compartimentação de Souza (2000), para que dessa forma enfatize-se a dinâmica dos sistemas físicos do recorte espacial estudado, chegando posteriormente à vulnerabilidade e susceptibilidade do município à desertificação.

Para realização desse estudo fora realizada uma intensa pesquisa histórico-bibliográfica acerca dos aspectos histórico-sociais e físicos do município de Assú; destacando-se para este último os seguintes parâmetros da compartimentação geoambiental: Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação, Clima e Hidrografia.

Além disso, seguiu-se da identificação e caracterização do uso e ocupação do solo seguindo o proposto pelo Manual do Uso da Terra proposto pelo IBGE (2010).

O mapa de uso e ocupação do solo foi organizado a partir de imagens do Landsat-8 após as correções radiométricas pertinentes para melhor precisão dos dados.

O mapa de Sistemas Ambientais foi elaborado a partir da integração de todos os mapas anteriormente citados, fundindo as áreas homogêneas e dando origem aos oito sistemas encontrados no município, com base em COSTA (2014).

Foram, por fim, espacializadas a susceptibilidade à desertificação somando os mapas de sistemas e uso e ocupação, aplicando os valores dos indicadores geobiofísicos para então verificar o grau de desertificação no município de Assú.

Para estabelecer esses valores, entretanto, realizou-se através dos parâmetros selecionados (geologia, geomorfologia, solos, condições climáticas, cobertura vegetal e erosão), sendo organizados de modo que os maiores valores equivalem às melhores potencialidades para a conservação ambiental e, dessa forma, o maior valor de desertificação indica menor estado de conservação (OLIVEIRA, 2012).

A princípio, realizou-se a análise da vulnerabilidade ambiental da área de estudo com base na metodologia proposta por Souza (2000) a fim de classificar o ambiente e determinar sua estabilidade ou instabilidade baseado no que fora proposto por Tricart (1977). Dessa forma, como base na relação pedogênese/morfogênese e grau de interferência humana sobre os recursos naturais (principalmente cobertura vegetal)

(COSTA, 2014), estabeleceu-se três classificações nos ambientes do município de Assú/RN: meios estáveis, meios de transição com tendência à instabilidade e meios instáveis.

### *Levantamento Cartográfico*

#### *Pré-Processamento: reprojeção, correção radiométrica e fusão de bandas*

Os respectivos mapas foram elaborados alimentando o Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 2.18.25® para sua confecção, com escala intermediária de 1:100.000, na projeção cartográfica Datum – Sirgas 2000 – UTM Zona 24 Sul, como base georreferencial dos dados do município. Foram utilizados:

- Carta Topográfica Folha 975 – SB.24 X-D-V – ASSU, elaborada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE (1971);
- Limite municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010);
- Mapa de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2009);
- Mapa geológico da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2017);
- Mapa de geomorfologia do Mapa Geológico do Rio Grande do Norte (ANGELIM *et al.*, 2007);
- Mapa de Hidrografia da Agência Nacional de Águas – ANA (2017);
- Mapas de Uso e Ocupação e Vegetação do Landsat-8 (2018) OLI (*Operation Land Imager*) com imagem fornecida gratuitamente pela *United States Geological Survey* – USGS (2018) datada de 03 de julho de 2018, pois obteve-se melhor qualidade da imagem através da porcentagem de nuvem;

Para a confecção dos mapas realizados na pesquisa (geologia, geomorfologia, hidrografia, solos, vegetação, uso e ocupação, sistemas ambientais e susceptibilidade à desertificação) foram elaborados em escala apropriada aos interesses da pesquisa bem como pela disposição do formato vertical do município propriamente dito. Dessa forma, foram elaborados em forma de retrato na escala de 1:341.000.

Para os mapas de vegetação e uso e ocupação optou-se pela vetorização dos dados em busca de uma maior precisão da delimitação dos dados, para que dessa forma contemplassem mesmo os pequenos assentamentos e riachos.

Para o mapa de geologia foram utilizadas as bases da CPRM (2017) bem como do auxílio de Angelim *et al.* (2007), também na representação de cores das referidas classes.

Igualmente, para o mapa de geomorfologia também fora utilizada a base de Angelim *et al.* (2007) devido ao nível de confiabilidade do referido estudo no estado.

O mapa de hidrografia foi gerado a partir dos dados e bases que estão disponíveis no sítio da ANA (2017), contemplando os principais corpos hídricos, rios e riachos pertencentes aos limites do município.

Para o mapa de solos foram utilizadas as bases da EMBRAPA (2009) bem como da SUDENE (1971), sendo atualizadas as nomenclaturas de acordo com o Novo Sistema de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Diante da necessidade de integração, o mapa de Sistemas Ambientais foi elaborado a partir da junção de todos os outros mapas a fim de analisar as áreas homogêneas do município.

#### *Processamento: composição de bandas*

A princípio, realizou-se o download das imagens do satélite Landsat-8 para alimentar o *software* QGIS 2.18.25 e em seguida reprojeter as imagens para o SIRGAS 2000/UTM Zona 24S - EPSG 31984.

Foram selecionadas as classes de uso e ocupação com melhor visualização, na órbita 265/064, utilizando as bandas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, na banda 8 (pancromática) sob a resolução de 15m. Com efeito, as bandas do Landsat-8 permite que sejam analisadas cada classe de uso do solo a partir de composições coloridas diferentes.

Para melhor acurácia das imagens, fora realizado ainda a correção radiométrica das bandas de 16 bits para 8 bits. Em seguida, efetivou-se a sobreposição das composições coloridas RGB (*Red-Green-Blue*) com três diferentes bandas multiespectrais.

#### *Processamento: composição de bandas*

A composição das imagens utilizadas está disposta no Quadro 10 a seguir:

Quadro 10 - Composição das imagens de satélite utilizadas na pesquisa

Sensor	Satélite	Órbita/Ponto	Data	Resolução Espacial (m)	Bandas	Composições utilizadas
OLI	Landsat 8	215/064	03/07/2018	15	2,3,4,5,6,7,8	RGB-3-2-1 RGBI-3-2-18 RGB-74-53-43 RGB-74-48-8

Fonte: adaptado de Butler (2013) e Araújo (2019).

Em seguida realizou-se a vetorização de cada classe de uso e ocupação, classificando-as de acordo com a proposta do IBGE (2010).

Após a confecção dos mapas temáticos setorizados as informações foram cruzadas para obter o mapa de sistemas ambientais, onde a geomorfologia foi utilizada como critério principal, seguido da geologia e da pedologia. Logo após, foi realizado mapeamento de uso e ocupação do município; e esse juntamente com o mapa de sistemas ambientais deu origem ao mapeamento da vulnerabilidade ambiental, segundo metodologia proposta por Souza (2000) e Tricart (1977).

Com a espacialização dos sistemas e avaliação da vulnerabilidade ambiental, se fez necessária, seguindo a metodologia proposta por Oliveira (2012) e Costa (2014) a aplicação e análise dos indicadores geobiofísicos de desertificação, para que dessa maneira fosse possível traçar o grau de susceptibilidade à desertificação em Assú. Os autores selecionam os indicadores geobiofísicos de desertificação (IGBD) como pode ser visto na Tabela 01 a seguir, sugerindo que os maiores valores correspondem às melhores potencialidades para a conservação.

#### *Pós-Processamentos: visitas de campo e validação das imagens*

Os resultados obtidos com o trabalho bibliográfico e o mapeamento da área foram acompanhados de estudos de campo realizados durante o segundo semestre de 2019 e de 2020 no município citado, para comprovação dos dados obtidos por meio de registro fotográfico que serão expostos a seguir na forma de discussão.

Tabela 01 - Indicadores Geobiofísicos de Desertificação

<b>• Geologia (Litotipos / Permeabilidade) – IGBD1</b>		V.L
Coberturas não coesas		(5)
Depósitos Terciários		(4)
Rochas sedimentares		(3)
Rochas ígneas		(2)
Rochas metamórficas		(1)
<b>• Geomorfologia (Declividade / Topografia) – IGBD2</b>		
	Parâmetro	
Plano	0 – 3 %	(5)
Suave ondulado	3 – 8 %	(4)
Ondulado	8 – 15 %	(3)
Fortemente ondulado	15 – 45 %	(2)
Montanhoso	>45 %	(1)
<b>• Cobertura Vegetal (Percentual de Ocupação) –IGBD3</b>		
	Parâmetro	
Alto	> 75 %	(5)
Médio-alto	54 – 75 %	(4)
Médio	32 – 53 %	(3)
Médio-baixo	10 – 31 %	(2)
Inferior	10% < 10%	(1)
<b>• Solos (Espessura) – IGBD4</b>		
	Parâmetro	
Muito profundos	> 200 cm	(5)
Profundos	100 – 200 cm	(4)
Moderadamente rasos	50 – 100 cm	(3)
Raso 25	25 – 50 cm	(2)
Muito rasos com afloramentos rochosos	Sem solo < 25 cm	(1)
<b>• Solos (Erosão) – IGBD5</b>		
	Parâmetro	
Erosão laminar		(5)
Erosão com sulcos		(4)
Erosão com ravinas	Profundidade < 100 cm	(3)
Ravinas / Voçorocas	100 – 200 cm	(2)
Voçorocas Profundidade	> 200 cm	(1)
<b>• Zonação climática – IGBD6</b>		
Super-úmido		(5)
Úmido		(4)
Subúmido seco		(3)
Semiárido		(2)
Árido		(1)

Fonte: Adaptado de Oliveira (2012); Costa (2014).

## Capítulo 03

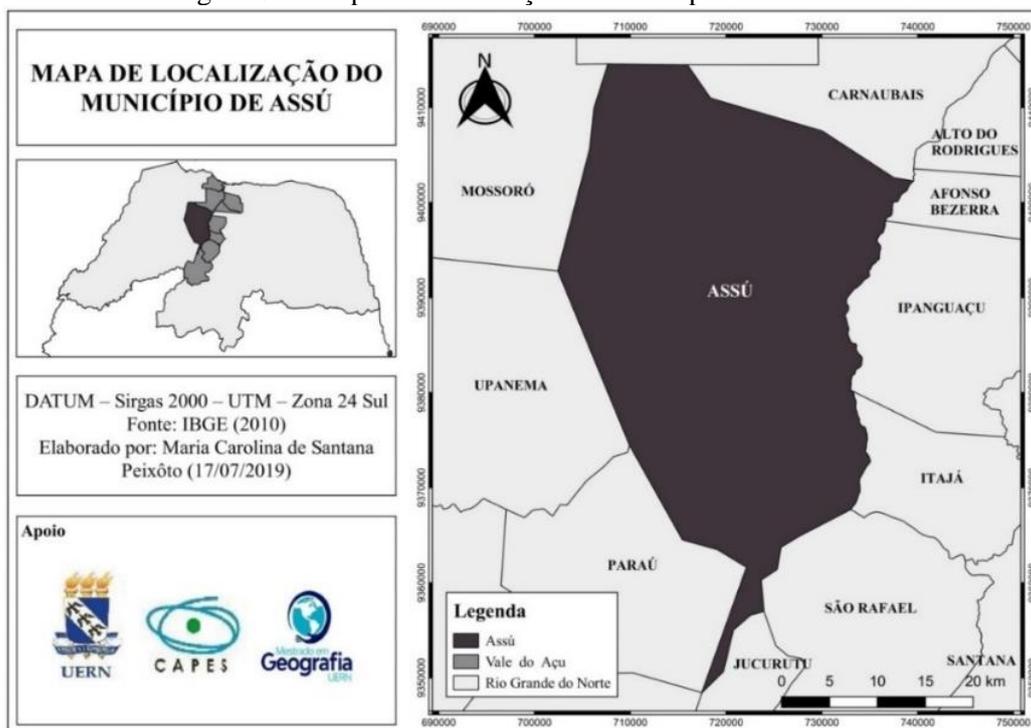
### CARACTERIZAÇÃO GEOAMBIENTAL DA ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 – Características Geoambientais do município de Assú/RN

Neste capítulo serão abordadas as características setoriais do município de Assú, levando em consideração os parâmetros mencionados anteriormente, a saber: Geologia, Geomorfologia, Hidrografia, Clima, Solos e Vegetação; com a finalidade de posteriormente realizar análise sistêmica e suas inter-relações.

Inserido na outrora microrregião do Vale do Açu e mesorregião do Oeste Potiguar, interior do estado do Rio Grande do Norte como apresentado na Figura 02 abaixo, o município de Assú possui uma área de 1.269,24 km<sup>2</sup> e dista da capital Natal 207 km (IDEMA, 2008). Conforme aponta o IBGE (2017), possuía no último censo de 2010 uma população de 57.227 habitantes e uma estimativa de 57.644 para 2018, além do PIB per capita de R\$ 13.571,24. Sendo o respectivo município berço de diversas características geofísicas que o diferem de outros municípios potiguares.

Figura 02 - Mapa de Localização do município de Assú/RN.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### 3.1.1 – Geologia

Conforme destaca Souza (2000), os reflexos geológicos incidem sobre a diversidade de solos e disponibilidade de recursos hídricos de superfície e subsuperfície, bem como interferem no quadro fitoecológico local e potencialidades dos recursos naturais disponíveis.

Geologicamente, o município de Assú está inserido em terrenos pertencentes ao Embasamento Cristalino e à Bacia Potiguar; conforme observado na Figura 04, com sua sede inserida nos solos aluvionares recentes, composta por arenitos finos a grossos, de cor cinza claro, amarelada ou avermelhada, com Idade do Cretáceo Inferior (IDEMA, 2008).

A porção Sul do município é caracterizada por suítes de augen gnaisses granitóides com biotita, do Pré-Cambriano; enquanto que a Oeste se encontram elementos da Formação Jandaíra composta de calcarenitos e calcilitos bioclásticos, cinza claros a amarelados além de paleocascalheiras compostos paraconglomerados com seixos de quartzo, sílex e fragmentos líticos de matriz areno-argilosa avermelhada (*op. cit.*).

Com relação aos domínios geológicos, o Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Piranhas-Açu<sup>14</sup> (MZPAS, 2018) afirma que o município se encontra nos seguintes domínios:

- Domínios das Sequências Sedimentares Mesozóicas Clastocarbonáticas Consolidadas, abrangendo a maior parte do território, na região norte, central e leste do município;
- Domínios dos Sedimentos Cenozóicos pouco a moderadamente consolidados, abrangendo parte da região central e pequena porção norte do município;
- Domínios dos Sedimentos Inconsolidados, que abrange parte da região Norte, central e Leste do município;
- Domínios dos Complexos Gnaisse-migmatíticos Granulitos e
- Domínios dos Complexos Granitóides intensamente deformados: ortognaisses, ambos localizados na porção Sul do município.

O IDEMA (2008) afirma ainda que na porção que compreende a Lagoa do Piató é possível encontrar depósito de lagoas composto de pelitos arenosos e carbonosos; e no Vale do Rio Açu é possível encontrar depósitos aluvionares compostos de areias e

---

<sup>14</sup> Recomenda-se a leitura do (s) documento (s) do Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Piranhas-Açu (MZPAS, 2018) para dados mais detalhados e esclarecedores.

cascalhos com intercalações pelíticas associados aos sistemas fluviais atuais, formando uma planície fluvial sujeita a inundações periódicas, além de estruturas de liquefação no vale do Rio (LIMA, 2007).

Com relação à ocorrência de minerais, encontra-se nessa área a presença de argila para cerâmica vermelha, calcário, gipsita, gás natural e petróleo (*op. cit*), como exemplifica-se na Figura 03 a seguir.

Figura 03 - Mostra de ambiente cárstico no município de Assú/RN



Fonte: Acervo da autora (2020).

No que diz respeito as formações rochosas, Angelim *et. al* (2007) afirmam que no município encontram-se três, advindas do Substrato Pré-Cambriano (que compreende a porção central do estado potiguar), são elas: o Domínio Rio Piranhas-Seridó – subdividido ainda nos Complexo Caicó e Suíte Poço da Cruz; Bacias Sedimentares Cretáceas – subdividida nas Formação Açú e Formação Jandaíra; além das Coberturas Continentais Cenozoicas – por sua vez, subdivididas nos Grupo Barreiras, Depósitos Aluvionares, Depósitos Aluvionares Antigos, Depósitos Colúvio-Eluviais e Depósitos Flúvio-Lacustrinos.

*Complexo Caicó* – Ferreira e Santos (2000) *apud* Angelim *et al.* (2007, p. 18) descrevem o complexo como uma associação de ortognaisses bandados félsico-máficos, ortognaisses dioríticos a graníticos e migmatitos, com intercalações de rochas metamáficas e subordinadamente rochas supracrustais constituídas principalmente por biotita paragnaisses. Representado ainda por gnaisses e migmatitos constituídos principalmente por quartzo, feldspato e minerais micáceos, além de minerais acessórios como a muscovita (OLIVEIRA; CESTARO, 2016).

*Suíte Poço da Cruz* – Conforme Angelim *et al.* (2007) os litotipos desta suíte ocorrem no subdomínio do Embasamento Rio Piranhas (ERP), sempre associado ao

Complexo Caicó; além de possuir rochas de composição quartzo monzonítica a granítica, leucocráticas, foliadas, de granulação grossa, contendo porfiroclastos róseos de microclina, imersos em matriz quartzo-feldspática, com biotita e anfibólio em variadas proporções e raramente muscovita.

*Formação Açú* – A formação se caracteriza por camadas espessas de arenitos finos a grossos, esbranquiçados, intercalados com folhelhos, argilitos e siltitos, especialmente em direção ao topo (CASSAB, 2013, p. 20) argilitos verdes claros e siltitos castanho-avermelhados; possui ainda argilas sílticas e arenosas e bancos de calcário (SOUZA, 2000, p. 24) além de ter sua seção-tipo localizada na margem esquerda do Rio Piranhas-Açu (ANGELIM *et al.* 2007, p. 39).

*Formação Jandaíra* – Seção carbonática, sobreposta concordantemente aos arenitos da Formação Açú. Constituída de calcários com intercalações margas, folhetos e siltitos (SOUZA, 2000, p.24) além de ser composta por calcarenitos e calcilitos bioclásticos, cujas cores variam do cinza claro ao amarelado, com um nível evaporítico na base (CASSAB, 2013, p. 20). A formação é, por fim, recoberta por rochas sedimentares cenozoicas do Grupo Barreiras (ANGELIM *et al.* 2007, p. 41).

*Grupo Barreiras* – Pfaltzgraff (2010, p. 32) afirma que alguns autores reconheceram nessa unidade a presença de fácies típicas de um sistema fluvial entrelaçado e de fácies transicionais para leques aluviais e planícies litorâneas (fluviolagunares). Ocorrendo próxima aos rios de grande porte e é formada por depósitos contendo cascalho e areias grossas a finas com coloração esbranquiçada, creme-amarela a avermelhada (sedimentos mais recentes).

*Depósitos Aluvionares* – Ocorrem ao longo dos vales dos principais rios que drenam o estado. São constituídos por sedimentos arenosos e argilo-arenosos, com níveis irregulares de cascalhos, formando os depósitos de canal, de barras de canal e da planície de inundação dos cursos médios dos rios.

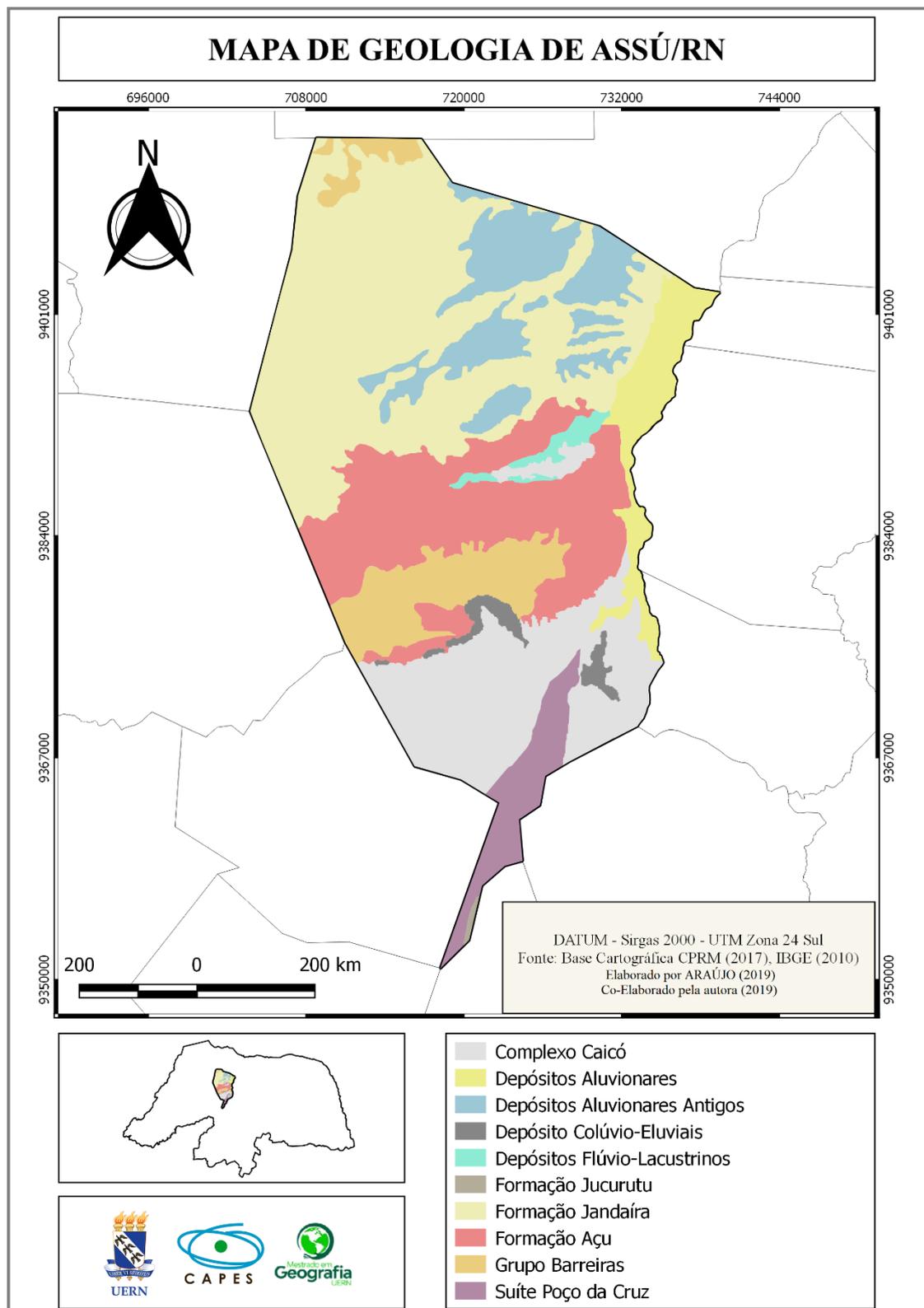
*Depósitos Aluvionares Antigos* – Pfaltzgraff (2010, p. 33) afirma que esses depósitos formam os terraços fluviais dos vales mais antigos, principalmente nas margens do rio Piranhas-Açu. Onde são constituídos por conglomerados/cascalhos, areias grossas e médias com intercalações subordinadas de areias finas e argilas, representando fácies fluviais meandantes proximais a distais e depósitos de transbordamento associados (Bezerra *et al.* 2007; Angelim *et al.* 2007).

*Depósitos Colúvio-Eluviais* – Conforme aponta Angelim *et al.* (2007) esses depósitos são sedimentos arenosos e arenoargilosos esbranquiçados e avermelhados, por

vezes constituindo depósitos conglomeráticos com seixos de quartzo predominantes, localmente de natureza polimítica.

*Depósitos Flúvio-Lacustrinos* – Conforme aponta Pfaltzgraff (2010, p. 34), esses depósitos são constituídos de depósitos de barra de pontal (originários do regime meandrante dos rios) formados de areia fina a média intercalada com pelitos; depósitos de transbordamento constituídos por planície de inundação ocasionada pelas cheias (com grande aporte de material siltico-argiloso); e depósitos lacustres, com deposição sob baixa energia, resultando em fácies mais argilosas.

Figura 04 - Mapa de Geologia do município de Assú/RN.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### 3.1.2 – Geomorfologia

O relevo possui variados tipos de formas, que por sua vez estão em constante dinâmica ao longo do tempo e do espaço. Dessa maneira cada forma possui suas singularidades e história própria, passando por processos e transformações que garantem sua evolução constante.

Vários são os fatores que constroem ou destroem o relevo terrestre: o clima, as forças endógenas e exógenas e a natureza das rochas são alguns desses fatores, atuando de maneira complexa e interligada entre si, com alto grau de dinamismo. Dessarte é imprescindível entender a complexidade do relevo para que seja possível, por exemplo, interpretar a paisagem como um todo e não apenas sob o prisma de um fator isolado.

Para o estado do Rio Grande do Norte, vale ressaltar o trabalho recentemente elaborado por Araújo (2019) onde esse destaca para as unidades geomorfológicas do respectivo município a Depressão Sertaneja, os Tabuleiros Costeiros, a Planície Fluvial e os Relevos Tectônicos nas Bacias Marginais, como sintetizado no Quadro 11 a seguir, bem como na Figura 05.

Quadro 11 - Síntese das Principais Características Geomorfológica das Unidades e Subunidades de Assú

<b>Unidade Morfoestrutural</b>	<b>Unidade Morfoescultural</b>	<b>Subunidade Morfoescultural</b>
Cinturão Orogênico Brasileiro	Depressão Sertaneja	Depressão Apodi-Mossoró
		Depressão do Piranhas-Açu
		Inselbergs e Campos de Inselbergs
Bacias Sedimentares Marginais	Planaltos e Tabuleiros Costeiros	Tabuleiros Interiores
	Relevos Tectônicos nas Bacias Marginais	Planalto Serra do Mel
Coberturas Sedimentares Quaternárias	Planícies Costeiras e Fluviais	Planície Fluvial Piranhas-Açu

Adaptado de Diniz *et al.* (2017), Ross (1992, 2014).

Onde cada Taxon corresponde a:

- 1º Taxon – Unidades Morfoestruturais – Correspondem às macroestruturas (ROSS, 2014).
- 2º Taxon – Unidades Morfoesculturais – Gerados pela ação climática ao longo do tempo geológico, no seio da morfoestrutura (ROSS, 1992).

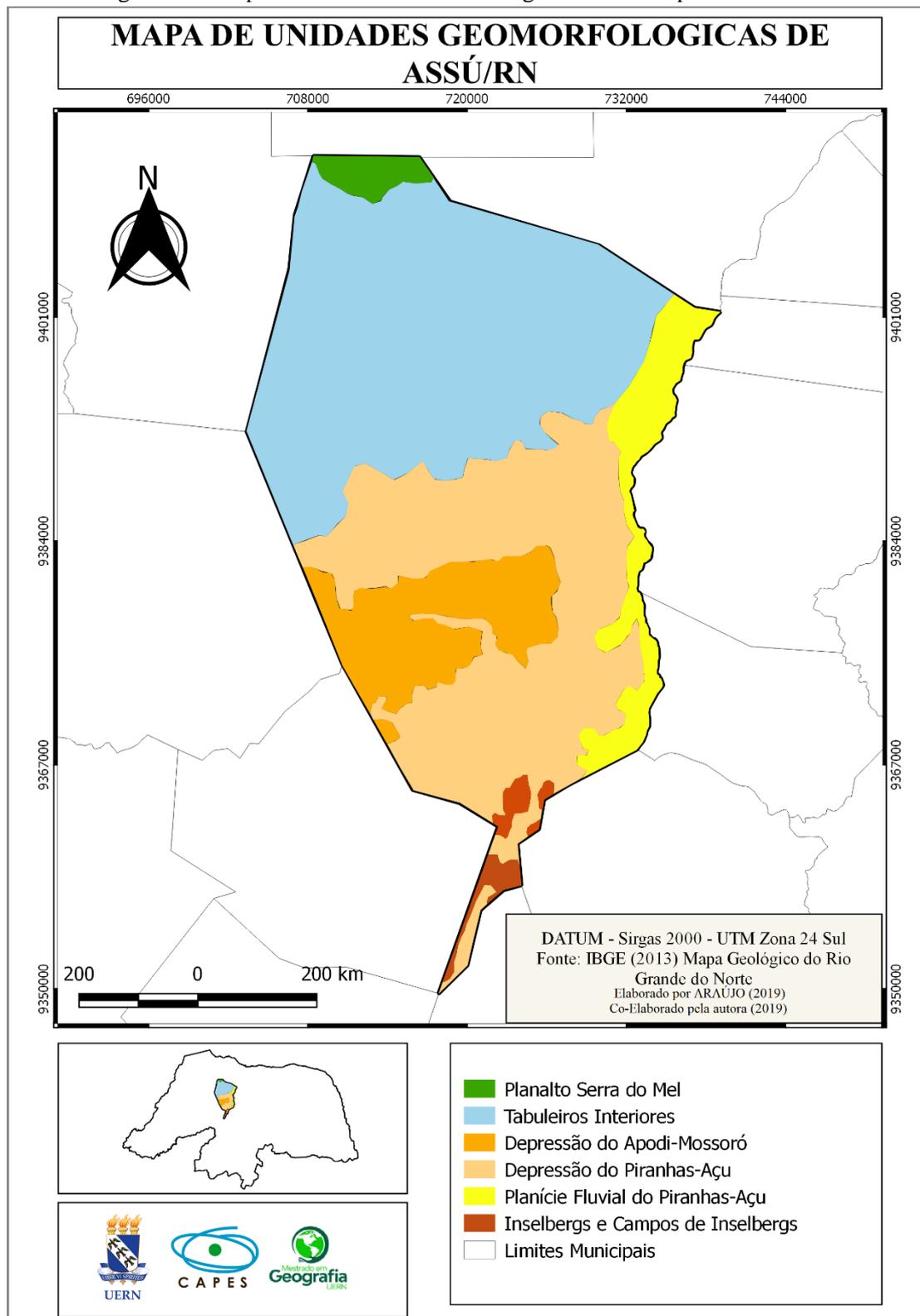
- 3° Taxon – Subnidade Morfoescultural – conjuntos de relevos que se individualizam dentro das unidades morfoesculturais em virtude de modelados e texturas distintos (DINIZ *et. al.*, 2017).

Para os *Relevos Tectônicos nas Bacias Marginais*, Diniz *et. al.* (2017) afirmam que é uma unidade morfoescultural que abrange 1266 km<sup>2</sup>, equivalente a 2,35% do território estadual, consistindo em formas cuja origem está atrelada a reativações cenozoicas de estruturas do embasamento.

Os *Tabuleiros Costeiros* é também uma unidade morfoescultural que abrange 6884 km<sup>2</sup>, equivalente a 31,38% do território estadual, formados por relevos aplainados que evoluíram majoritariamente sobre os arenitos e conglomerados da Formação Barreiras e sobre os arenitos (Formação Açu) e calcários (Formação Jandaíra) do Grupo Apodi (*op. cit.*). De maneira geral, Guerra e Guerra (2015) conceituam o tabuleiro como forma topográfica de terreno que se assemelha a planaltos, geralmente terminando de forma abrupta, com paisagem de topografia plana, sedimentar e de baixa altitude.

Ainda conforme Diniz *et. al.* (2017), a *Depressão Sertaneja* abrange 24429,5 km<sup>2</sup>, equivalente a 45,45% do território potiguar, corresponde a uma unidade morfoescultural, abrangendo áreas aplainadas do Cinturão Brasileiro, que predominam acentuados processos de dissecação; são extensas superfícies aplainadas que ocorrem elevações isoladas e em sua maioria são constituídas por rochas mais resistentes à erosão do que as do entorno (*inselbergs*), como intrusões plutônicas exumadas; onde os respectivos autores identificaram quatro subunidades morfoesculturais, sendo elas: a Depressão Interplanáltica Oriental, a Depressão Interplanáltica do Piranhas-Açu, a Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró e *Inselbergs* e Campos de *Inselbergs*.

Figura 05 - Mapa de Unidades Geomorfológicas do município de Assú/RN.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

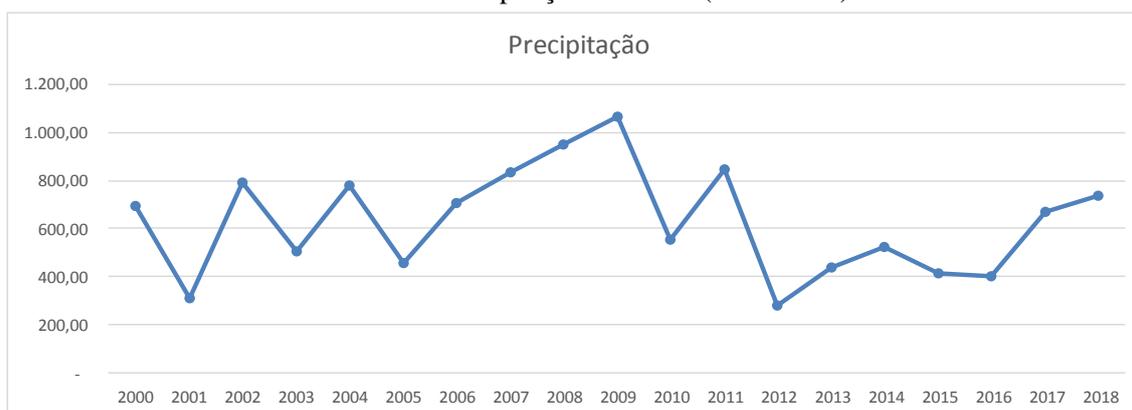
### 3.1.3 – Clima

O clima semiárido depende de alguns fatores externos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) bem como da influência de fenômenos como o *El Niño* e *La Niña*. No referido município, assim como no estado potiguar, ocorrem apenas duas estações: inverno e verão, onde Aziz afirma que o período prolongado de seca com forte acentuação de calor correspondente ao inverno climatológico é designado pelo sertanejo como “verão” e, em contrapartida, convencionou-se chamar o verão chuvoso de “inverno” (AB’SABER, 2003), onde, no município de Assú, os meses chuvosos correspondem de Janeiro a Maio, conforme Nascimento e Silva (2016).

Conforme aponta o IDEMA (2008), o clima típico de Assú é o semiárido, com Precipitação Pluviométrica Anual observada de 750,8; período chuvoso de Março a Abril; temperaturas médias anuais máxima de 33,0 °C, média de 28,1 °C, mínima de 21,0 °C e umidade relativa média anual de 70%.

Dentre as consequências de um clima com valores de precipitação muito baixos encontra-se o fenômeno da seca, que assola grande parte dos municípios norte rio grandense, entre eles Assú. Através dos dados disponíveis na Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN, 2019) no Gráfico 01 a seguir, percebe-se que os anos iniciais (de 2000 a 2005) ocorre oscilação quanto à precipitação, enquanto que nos anos de 2006 a 2009 foram os anos de maior volume, sempre aumentando gradativamente, chegando o ano de 2009 a 1066 mm. O respectivo ano é caracterizando inclusive como ano de inundação no município, onde, segundo a ANA (2016) entre os anos de 1991 a 2012 Assú teve um total de três.

Gráfico 01 - Precipitação em Assú (2010-2018)



Fonte: Adaptado de EMPARN (2019), elaborado pela autora (2019).

Já para o ano seguinte, 2010, marcou-se precipitação com 555 mm anuais, ou seja, houve uma queda brusca em relação aos anos anteriores. Destaca-se o ano de 2012, com apenas 280 mm, bem como os anos de 2013, 2015 e 2016, por exemplo, também com baixos valores de precipitação registrados por ano, 440, 415 e 401 mm respectivamente, o que indica possivelmente que os reservatórios hídricos não tiveram recarga satisfatória para suprir toda a população que abrange nos anos indicados. Por fim, nos de 2017 e 2018 já se observa aumento significativo das recargas hídricas, com precipitações equivalentes a 669 e 733 mm, respectivamente.

Percebe-se então que essa oscilação interfere entre outras coisas na dinâmica de plantio, criação e sobrevivência principalmente do sertanejo e pequeno produtor que dependem direta ou indiretamente de pequenos açudes, por exemplo, para abastecimento de subsistência; dificultando a criação de gado, lavoura e colheita, levando-os a tomarem decisões extremas como abandono de suas terras, procurando por emprego e oportunidades em cidades circunvizinhas para sobreviver.

### **3.1.4 – Hidrografia**

Com relação aos recursos hídricos, observados na Figura 06 a seguir, e contemplando a mesorregião Central Potiguar desde o estado da Paraíba o município de Assú conta com a Bacia Hidrográfica Piranhas-Açu que obteve sua perenização através do Departamento de Obras Contra a Seca (DNOCS), onde conforme averba Nascimento e Silva (2016) isso ocorrera com a construção de dois reservatórios que funcionam como reguladores do curso do rio, sendo o primeiro construído no Complexo Coremas-Mãe D'água (PB) e o segundo com a construção da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves (RN).

Região de notável fragilidade hídrica, sua disponibilidade (em forma de açudes, cisternas, segundas águas, cacimbões, poços, barragens subterrâneas, chafarizes públicos e carros-pipa) condiciona a ocupação e o uso do solo (MZPAS, 2018).

Conforme aponta o DNOCS

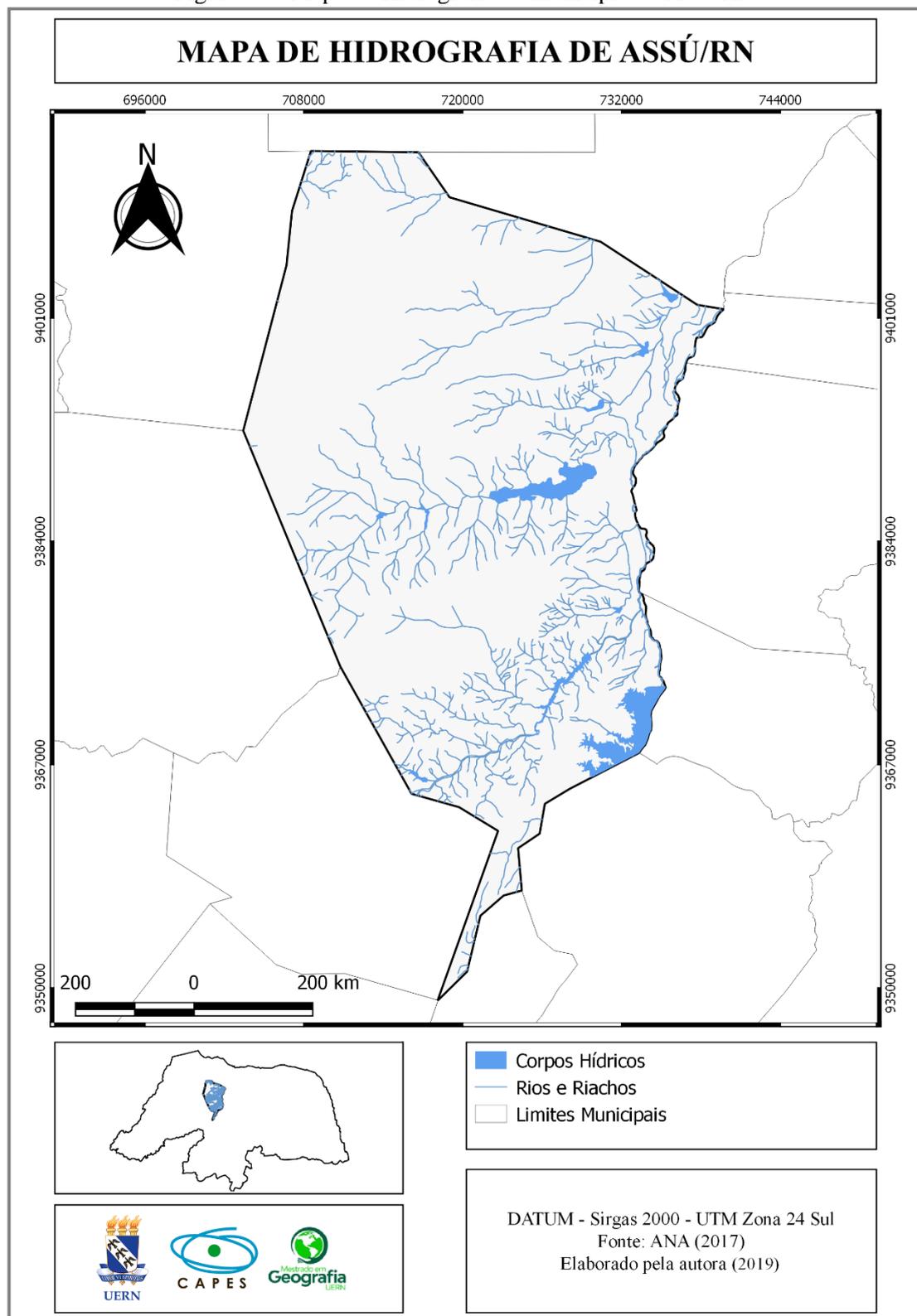
a bacia tributária do açude é de 36.770 km<sup>2</sup>, estando incluído nesta área, à montante da barragem, 20 açudes públicos construídos pelo DNOCS, bem como 115 açudes construídos em regime de cooperação, além de um número razoável de pequenos açudes particulares ([201-]).

Em alguns casos, mesmo com a construção da barragem muitas regiões que ficaram fora da abrangência da bacia hidrográfica Piranhas-Açu foram beneficiadas com a construção de adutoras como indicou Nascimento e Silva (2016), além disso, a bacia funcionará como receptora das águas da transposição do Rio São Francisco, garantindo abastecimento da população.

Outrossim, mais duas fontes hidrográficas bastante conhecidas no município é a Lagoa do Piató e o Açude Medubim, onde este último possui um volume afluyente médio de cerca de 39,3 milhões de ml por ano (DNOCS, 2019). Sendo esses, um dos responsáveis pelo abastecimento local de pequenos produtores rurais, agricultura e criação de gado.

Além disso, o município de Assú é ainda caracterizado por ter quase todo seu território subterrâneo formado por diversos sistemas aquíferos, onde, em consonância com a ANA (2016), abrange os seguintes sistemas: Açu, Jandaíra, Aluvionar, Barreiras e Fraturado Semiárido Cristalino. Ressalta-se, entretanto, que os respectivos sistemas serão melhor espacializados no Capítulo 05.

Figura 06 - Mapa de Hidrografia do município de Assú/RN



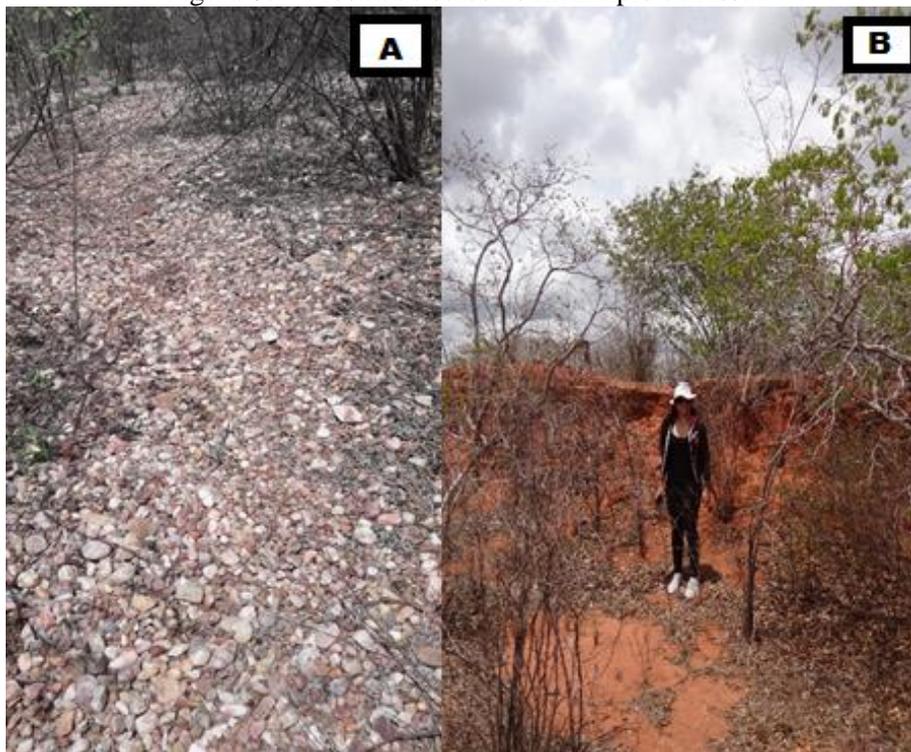
Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### 3.1.5 – Solos

Ao apresentar as principais características das classes de solos predominantes no município é possível esboçar suas áreas de ocorrência bem como compreender sua abrangência e partir disso, perceber os diferentes graus de susceptibilidade em seu território. Além disso, “por refletirem seus fatores e processos de formação, os solos são grandes indicadores da variabilidade ambiental e, por conseguinte, são excelentes estratificadores do meio natural” (ARAÚJO FILHO, p. 2, 2011).

Conforme averba Araújo (2019), o município de Assú apresenta afloramentos rochosos de origem ígnea, metamórfica e sedimentar. Devido ao clima semiárido predominante na região, o processo de evolução dos solos no município é relativamente lento, com predominância de solos rasos, intemperizados e chãos pedregosos, como pode ser observado na Figura 07 abaixo, com pouca capacidade de retenção de água através da pluviosidade por seus solos desnudos, mas sendo férteis e propícios à agricultura em alguns locais pontuais.

Figura 07 - Mostra de solos no município de Assú.



A: Exemplo de Neossolo. B: Exemplo de Latossolo Vermelho Amarelo. Fonte: Acervo da autora (2020).

Após a nova atualização da classificação dos solos realizada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 2018, o município de Assú conta com os seguintes tipos de solo: Chernossolo, Latossolo, Planossolo, Neossolo e em menor proporção Luvisso e Argissolo, como ilustrado a Figura 08 a seguir.

*Latossolo* - São muito intemperizados, com pequena diferenciação de horizontes. Definidos pelo horizonte B latossólico abaixo seguidamente de qualquer horizonte diagnóstico superficial e desenvolvem-se em marcantes e prolongadas condições de ambientes tropicais quentes e úmidos (LEPSCH, 2010). É um solo submetido ao processo de laterização, conforme Guerra e Guerra (2015). Variam de fortemente a bem drenados além de normalmente muito profundos (EMBRAPA, 2018).

*Argissolo* - Muito intemperizados, mas apresentam bastante diferenciação de horizontes, com um B de acúmulo de argila. Horizonte A escuro sobre um E de cor acinzentada e assente sobre um horizonte B com aumento de argila (LEPSCH, 2010). De profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas (EMBRAPA, 2018).

*Planossolo* - Horizontes superficiais de textura mais arenosa sobre horizonte subsuperficial de constituição bem mais argilosa e adensada. Ocorrem em áreas de relevo plano ou suave ondulado onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, especialmente em regiões de estiagem prolongada e clima semiárido (EMBRAPA, 2018). A maior parte dos Planossolos possui limitações físicas para a agricultura (LEPSCH, 2010).

*Luvisso* - São solos pouco ou medianamente intemperizados, ricos em bases e com acumulação de argila no horizonte B. A menor espessura dos Luvisso Crômicos do Nordeste semiárido é devida, principalmente, pelas condições do clima, com chuvas escassas e mal distribuídas. A escassez de umidade dificulta a decomposição das rochas e, assim, o aprofundamento do solo (LEPSCH, 2010). Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (EMBRAPA, 2018).

*Chernossolo* - Apresentam um horizonte superficial espesso, escuro e muito rico em bases e argilas de atividade alta. São definidos pelo horizonte A chernozêmico sobrejacente a um horizonte B textural, ou incipiente. São considerados de elevado potencial agrícola, tanto por serem quimicamente ricos, como pela presença do horizonte A chernozêmico, rico em húmus e bem estruturado (LEPSCH, 2010). São solos normalmente de bem a imperfeitamente drenados, de moderadamente ácidos a fortemente alcalinos (EMBRAPA, 2018).

*Neossolo* - Solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características do próprio material de origem, seja em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (EMBRAPA, 2018). Formam-se em materiais praticamente inertes, sem argilas e são extremamente resistentes ao intemperismo (LEPSCH, 2010).

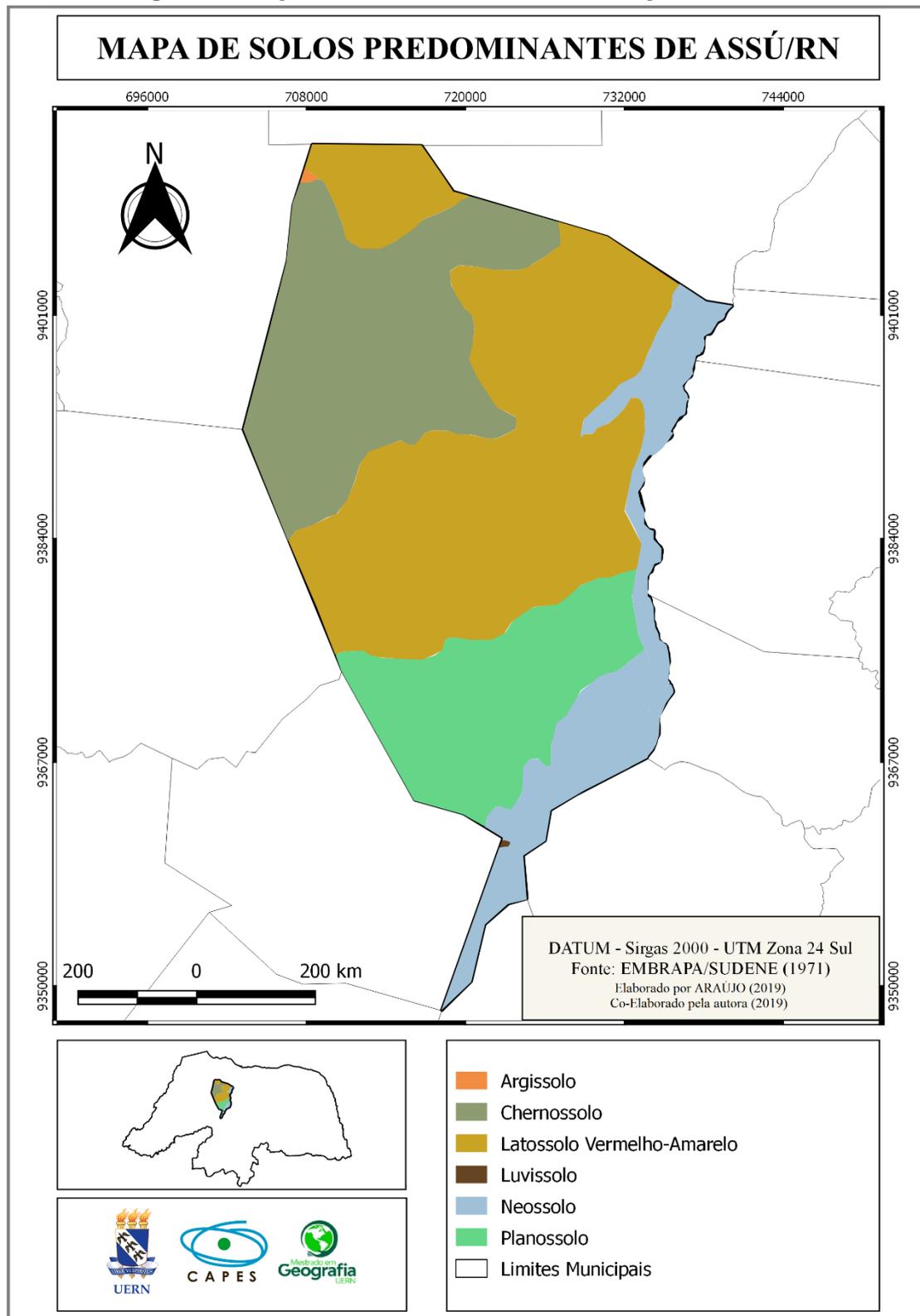
Dessa forma, considerando o nível de ocorrência e predominância de solos no município, compilou-se suas principais características como mostradas no Quadro 12 abaixo:

Quadro 12 - Principais características dos solos predominantes

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Localização no município</b>	<b>Principais características</b>
Neossolos	Faixa estreita na porção Leste, sentido Norte-Sul	Solos rasos
Latossolos	Porção Central e Norte	Medianamente profundos a profundos
Chernossolos	Noroeste	Pouco profundos a profundos
Planossolos	Centro-Sul	Solos rasos

Elaborado pela autora (2019).

Figura 08 - Mapa de Solos Predominantes do município de Assú/RN



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### 3.1.6 – Vegetação

A caatinga, de maneira geral, é um bioma de cenário exclusivo no território brasileiro, possuindo espécies que só podem ser aqui encontradas. Diferenciando-se das demais áreas de climas extremos do planeta devido à presença do homem, que mesmo com grandes austeridades ao longo de séculos consegue sobreviver e adaptar-se as mais árduas intempéries. É representado pela caatinga hiperxerófila como pela caatinga hipoxerófila, dependendo de suas características fitogeográficas.

Souza (2000) afirma que a vegetação tem influências múltiplas sobre a dinâmica dos ambientes, interferindo na ação dos processos morfoclimáticos, pluviosidade, sobre a temperatura do solo e do ar, em suma, interfere no acionamento dos processos morfogenéticos e dos processos pedogênicos.

A formação vegetal do município, conforme o IDEMA (2008) é a caatinga hiperxerófila e o carnaubal, conforme pode ser observado nas Figuras 09 e 10 a seguir; sendo a caatinga propriamente dita, um nome indígena que significa mata clara e aberta que ocupa 11% do território nacional e ocupa 95 % do território potiguar (BRASIL, [201-a]).

A carnaúba (*Copernicia prunifera*) é uma das espécies que ajudou durante o povoamento do referido município. Além disso, a espécie é endêmica e sua extração para cera, palha e tronco já teve imensa importância econômica (CPRM, 2013) e cultural para o município de Assú.

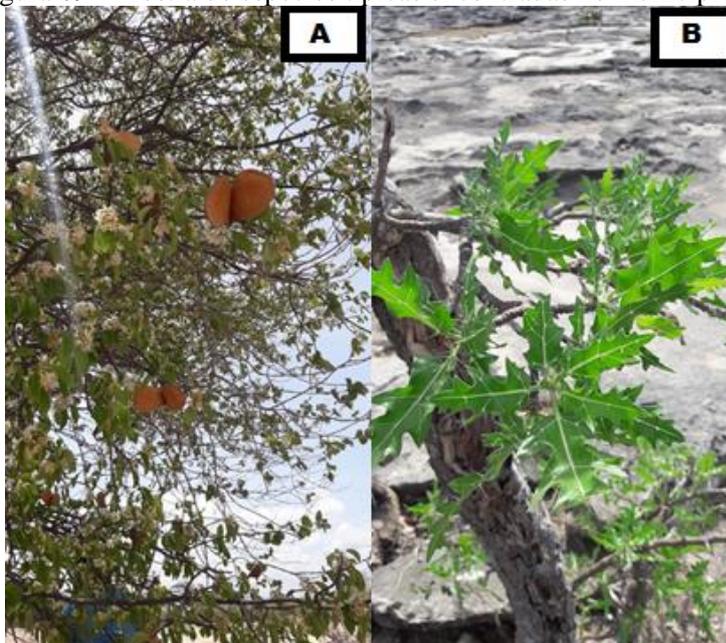
O sertanejo, por sua vez, descobriu diferentes técnicas de aproveitamento da natureza, em especial sua flora: seja queimando xique-xique para alimentar seu gado seja através da utilização de ervas medicinais; com o seu saber repassado de geração em geração por meio de vivências, experiências e relações com o ambiente ao seu redor.

Como características gerais, a caatinga possui plantas com troncos grossos e galhos retorcidos, raízes profundas e folhas pequenas, como observado na Figura 09; em outros casos, as folhas são substituídas por espinhos para evitar perdas durante a evapotranspiração, marcadas principalmente pela presença de cactos e bromélias. A caatinga apresenta ainda, de acordo com Pereira Filho e Bakke (2010) três estratos distintos: arbóreo, arbustivo e herbáceo.

Araújo (2019) faz uma compilação do tipo de vegetação encontrada no município, podendo ser observada também na Figura 11 a seguir: caatinga arbustiva

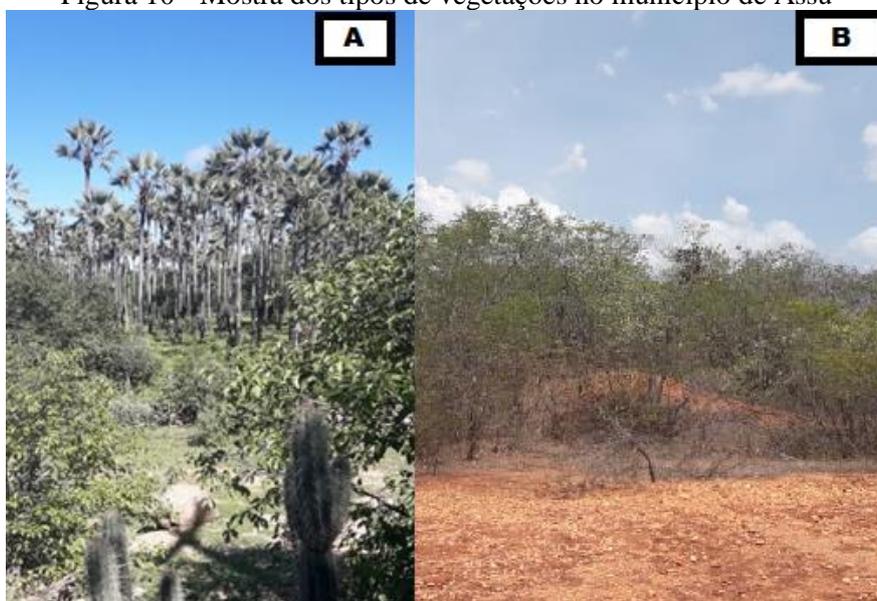
densa e caatinga rala, a primeira corresponde a arbustos ramificados de 2 a 3 metros de altura, com a presença de cactos e bromélias e árvores de 5 a 6 metros que não cobrem totalmente a superfície, dividida em três estratos e para a caatinga rala afirma que são arbustos esparsos com cerca de dois metros de altura, cactáceas dispersas e solo raso e chão pedregoso.

Figura 09 - Mostra de espécies típicas encontradas no município de Assú



A: Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*). B: Favela (*Cnidoscolus phyllacanthus*). Fonte: Acervo da autora (2020).

Figura 10 - Mostra dos tipos de vegetações no município de Assú



A: Caatinga Arbustiva Densa. B: Caatinga Rala. Fonte: Acervo da autora (2019/2020).

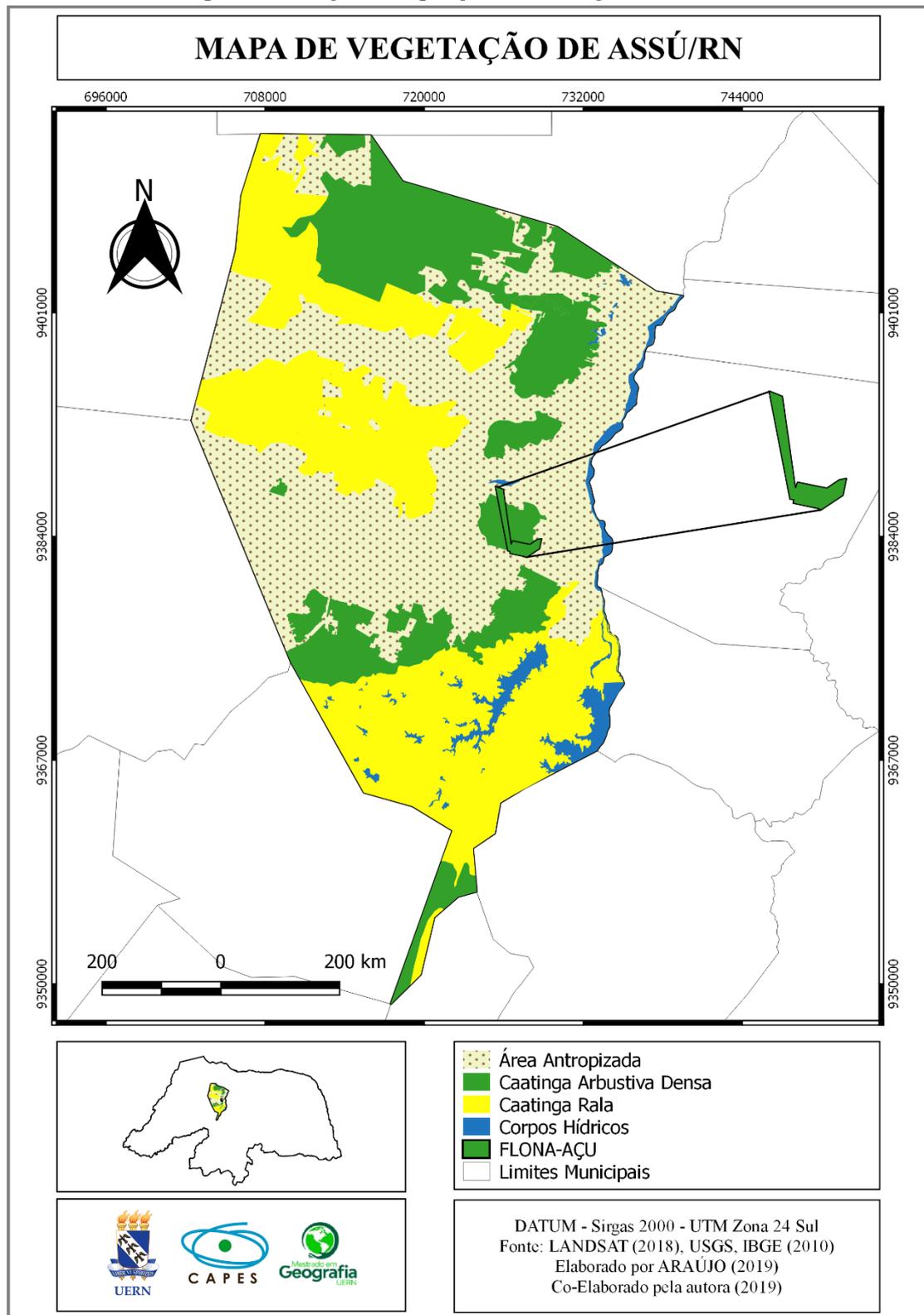
Entre as espécies mais comuns encontra-se o mororó (*Bauhinia cheilantha*), angico (*Anadenanthera colubrina*), canafístula (*Peltophorum dubium*), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis*), faveleira (*Cnidocolus phyllacanthus*), pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.), xique-xique (*Pilocereus gounellei*), facheiro (*Pilosocereus pachycladus*) (PAREYN, 2010) entre outras.

No município encontra-se ainda a Floresta Nacional de Assú (FLONA-Açu), destacada na Figura 11 a seguir, regida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) criada em 1950 através da Lei – 1175/50, inserida na Ecorregião da Depressão Sertaneja Setentrional (BRASIL, 2004), no referido município. Conforme o órgão que a rege, a Floresta Nacional é uma área com espécies predominantemente nativas que visa o uso sustentável e pesquisas científicas (BRASIL, [201-b]), estando ambas condicionadas à autorização prévia deste órgão.

Em linhas gerais, vale salientar ainda que a ação do homem nas áreas de caatinga ainda é bastante acentuada, seja para sua sobrevivência seja para impulsionar a economia local; o que, aliado a temperaturas elevadas, baixo índice de pluviosidade e solos rasos, por exemplo, e apesar de rigorosas leis ambientais vigentes, ainda há nítidos índices de desmatamento nessas áreas.

Dessa maneira, consoante com o MZPAS (2018) enquanto o desmatamento de um hectare de caatinga em um determinado ano produz efeito desprezível em termos de serviços ambientais, no longo prazo as complexas interações ecossistêmicas emergem - não necessariamente no mesmo local, mas sem dúvida com consequências negativas.

Figura 11 - Mapa de Vegetação do município de Assú/RN



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

## Capítulo 04

---

### USO E OCUPAÇÃO DE ASSÚ/RN

---

O processo de uso e ocupação do município de Assú é uma importante ferramenta para compreender a construção e a composição dos processos que afetaram a mudança de suas paisagens ao longo do tempo e do espaço no contexto do semiárido. Sendo, conforme aponta Silva Filho (2019) o binômio gado-algodão e depois o sal e a carnaúba que se constituirão como elementos típicos da paisagem do sertão do interior potiguar.

Andrade (2017) afirma que a ocupação do Rio Grande do Norte foi iniciada no século XVI com a conquista e exploração do território brasileiro, com a expansão europeia pelo globo e consequência da Revolução Comercial. Para Albano e Sá (2009, p. 9):

Após a expulsão dos holandeses em 1654, ocorre o processo de ocupação e povoamento dos sertões do Rio Grande do Norte, por meio de doação de sesmarias. Com efeito, a região do Vale do Açu começa nessa época a ser ocupada pelos portugueses, tendo a pecuária como a principal atividade econômica.

Além desses fatores, conforme aponta Silva Filho (2019, p. 74) “acredita-se que o fator que pesou preponderantemente na decisão de ocupação e colonização da região do Vale do Açu<sup>15</sup> foi à disponibilidade de água como condição estratégica”.

Ressalta-se então, tanto a importância da pecuária como da presença de corpos hídricos para a formação e ocupação de uma das cidades mais importantes do Vale do Açu, sendo ainda atualmente conhecido pela sua importância hídrica para os municípios circunvizinhos.

A atividade pecuarista induziu ainda a criação de “oficinas” de carne seca fazendo com que Assú fosse sede de uma dessas oficinas no interior do estado. Corroborando com essa afirmativa, Silva Filho (*op. cit.*) diz que os “caminhos do gado” formaram um mosaico no processo de ocupação do sertão, sendo indispensáveis já que faziam a interligação do sertão com o litoral.

---

<sup>15</sup> Nessa pesquisa, adota-se a antiga classificação do IBGE (1990) com relação à microrregião do Vale do Açu, devido principalmente às informações nos documentos e sítios oficiais se encontrarem ainda sob o prisma do Vale e não sob a perspectiva das Regiões Geográficas Intermediárias e Imediatas do IBGE (2017), conforme salientou também Silva Filho (2019).

Conforme aponta o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Norte (SEBRAE, 2017) o município de Assú

inicialmente foi denominado Vila Nova da Princesa, em homenagem à princesa Dona Carlota Joaquina de Bourbon, [...]. Depois de Natal, foi Assú a primeira comarca criada no Rio Grande, compreendendo então toda a zona que é hoje a do Seridó, Martins, Pau dos Ferros, Mossoró, Campo Grande, Macau e Angicos. [...] O nome de Assú tem origem na "Taba-açu" (Aldeia Grande), uma área de agrupamento de índios guerreiros da região, os Janduís.

O referido município data do ano de 1766, e foi de 1686 a 1696 que o então Capitão Mor do estado potiguar, Bernardo Vieira de Melo, esteve na vanguarda de uma pequena expedição à margem esquerda do Rio Assú com seus soldados, dando início ao aldeamento dos índios e assegurando estabelecimento dos colonos, surgindo então o povoado conhecido como São João Batista da Ribeira do Céu (IDEMA, 2008).

Dessa maneira, a identificação e caracterização das classes de usos do solo através de seu mapeamento permite, entre outras coisas, identificar os danos causados ao meio ambiente bem como seus impactos negativos advindos principalmente da ação antrópica (ARAÚJO, 2019). Atividades rurais, socioeconômicas bem como industriais são alguns desses exemplos.

O MZPAS (2018) afirma que o semiárido potiguar apresenta atividades econômicas diversas que vai desde a mineração do caulim, passando por olarias, fruticultura, indústria têxtil e carcinicultura, sendo justamente as atividades econômicas que condicionam o uso e ocupação do solo.

Ressalta-se aqui a importância econômica e cultural da carnaúba na respectiva região, especialmente na várzea do Assú, onde Silva Filho (2019, p. 81) aponta que no Vale “havia cerca de seis milhões de árvores dessa espécie”. A carnaúba já teve grande expressão no município, produzindo além da fibra, da cera, e também para a construção de casas, produção de artigos artesanais. Além disso,

Os caçuais, recipientes usados para transportar produtos nos lombos de burros e cavalos, eram confeccionados com a palha dessa palmeira; igualmente, a palha inutilizada (bagaço) era utilizada como composto orgânico para fazer a cobertura do solo. Tradicionalmente nessas áreas, já que os proprietários das terras dos carnaubais eram criadores de gado, ocorria a associação gado-carnaúba; o gado, ao ser solto nas áreas de carnaubeiras, costumavam se alimentar das folhas das árvores novas (quandus) (SILVA FILHO, 2019, p. 81).

Como principais produtos vindos da carnaúba, tem-se, conforme a Tabela 02 abaixo, a fibra e a cera.

Tabela 02 - Produtos advindos da Carnaúba (2006/2011/2017)

<b>Principais produtos da extração vegetal</b>			
	2006	2011	2017
<b>Fibra de Carnaúba (toneladas)</b>	Quantidade 1	Quantidade 1	Quantidade 1
<b>Cera de Carnaúba (toneladas)</b>	39	38	39

Adaptado de MZPAS (2018).

Ainda conforme o MZPAS (2018), quanto à fibra da carnaúba, extraída em Ipangaçu e em Assú, registrou-se valor de produção de R\$ 4 mil em 2017; sendo a extração para a cera e o pó mais valiosa.

Além da carnaúba, há a produção de carvão e lenha no município principalmente para as indústrias ceramistas, trazendo consigo os impactos ambientais negativos que perpassa desde a extração da argila ao desmatamento, para alimentar a maioria de seus fornos ainda emissores de gases poluentes na produção de telhas, tijolos e lajotas; contribuindo veemente para o aumento do processo de desertificação no município.

Com base nisso, a Tabela 03 a seguir traz dados mais atuais sobre sua produção para os anos de 2006, 2011 e 2017; calculados em volume de produção em toneladas para o carvão e em metros cúbicos para a lenha; onde, nos respectivos intervalos houve acentuado aumento, exceto para o ano de 2011, onde ocorreu queda em ambos os produtos.

Tabela 03 - Produção de carvão e Lenha (2006/2011/2017)

<b>Produção de Carvão e Lenha em Assú</b>			
	2006	2011	2017
<b>Produto</b>	Quantidade	Quantidade	Quantidade
<b>Carvão Vegetal</b>	29	27	37
<b>Lenha</b>	11.641	9.143	12.022

Adaptado de MZPAS (2018).

Araújo (2019) destaca para a década de 1970 o desenvolvimento da agricultura com a plantação de milho, feijão, mandioca entre outros, para subsistência e capim para o gado da região. Além disso, cita, durante a década de 1980 e após a construção da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves, a instalação de empresas multinacionais de fruticultura com o plantio de manga, melão e banana (*op. cit.*).

Como pode ser observado na Tabela 04 abaixo, o cultivo das frutas teve aumento relativo entre os intervalos dos anos de 2006, 2011 e 2017, calculados por hectare, com exceção do último ano para as culturas de banana e coco da baía.

Tabela 04 - Cultivo de culturas frutíferas em Assú (2006/2011/2017)

<b>Cultivo de Frutas em Assú</b>			
<b>Cultura</b>	2006	2011	2017
	ha	ha	ha
<b>Manga</b>	200	220	235
<b>Banana</b>	434	240	280
<b>Coco da Baía</b>	40	50	20
<b>Melancia</b>	80	80	120
<b>Melão</b>	60	42	60

Fonte: MZPAS (2018).

Araújo (2019) destaca para o município cinco classes de uso e ocupação: cobertura vegetal; áreas agrícolas; área urbana; corpos hídricos e solo exposto, como pode ser observado na Figura 12 abaixo e mais detalhado posteriormente:

**Caatinga Arbustiva Densa:** Arbustos ramificados, composto por emaranhados compactos de 2 a 3 metros de altitude, presença de cactos e bromélias no chão com árvores de 5 a 6 metros de altura é fechada, mas não cobre totalmente o solo, composto por três estratos.

**Áreas Agrícolas:** Inclui todas as terras cultivadas, caracterizadas pelo delineamento de áreas cultivadas ou em descanso. Encontram-se inseridas nesta categoria as lavouras temporárias, lavouras permanentes, pastagens plantadas.

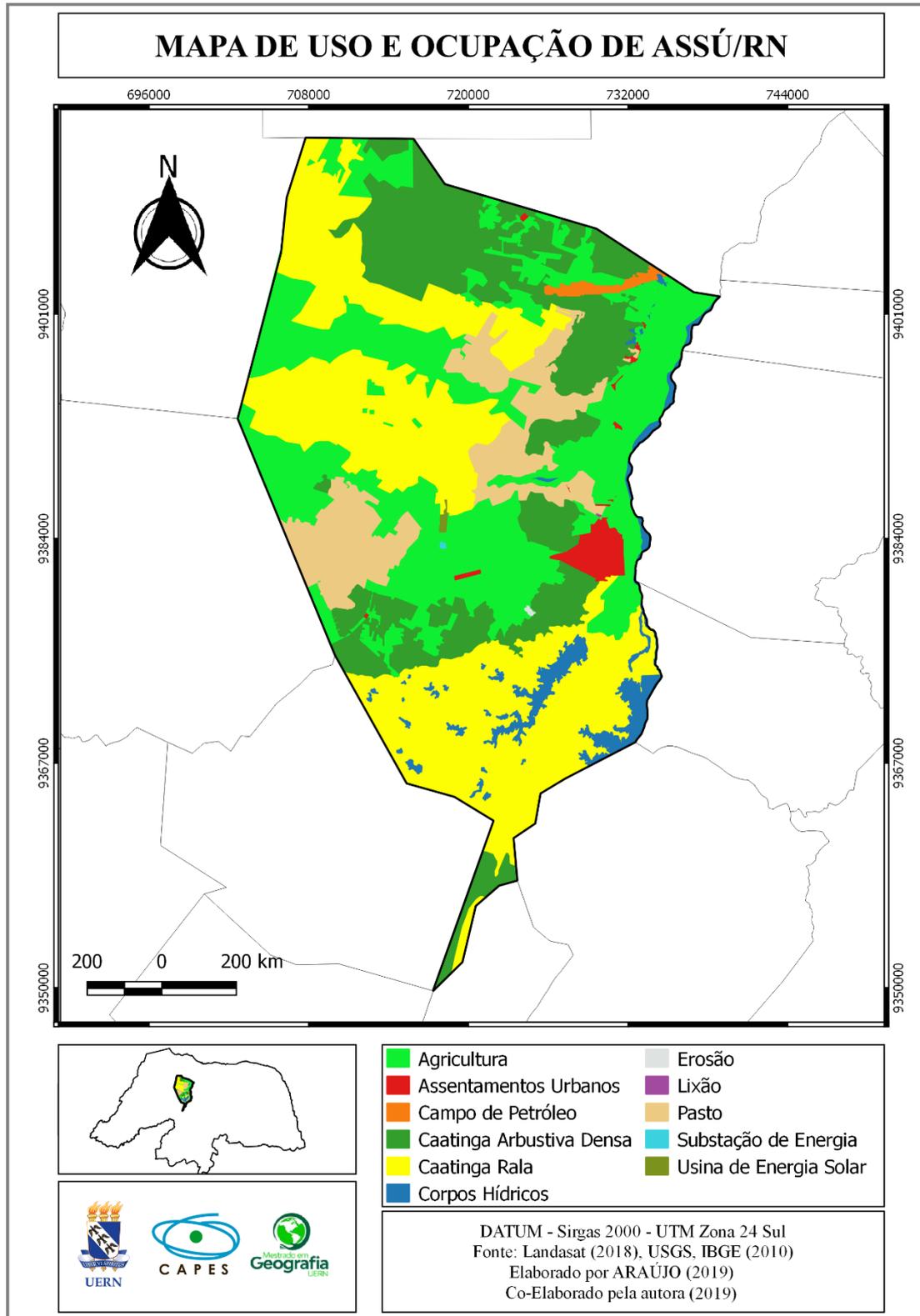
**Assentamentos Urbanos:** correspondem às áreas de urbanização representadas por estruturas edificadas com o sistema viário bem representativo, incluindo diversos tipos de formas como indústrias, cidades, complexos industriais.

**Corpos Hídricos:** são formas hídricas de influências naturais e antrópicas. Entre eles estão os açudes, reservatórios artificiais, lagoas, lagos, rios e riachos.

**Caatinga Rala:** Arbustos isolados esparsos, com altitude de aproximadamente 2 metros, poucas arvores esparsas e cactáceas dispersas, o solo é pedregoso, ralo e duro, com pouca incidência de chuvas (*op. cit*, p. 40-41).

A prática de agricultura irrigada, além da poluição (nesse caso, no seio da fruticultura) e sem levar em conta as características físicas da localidade, podem causar sérios problemas ambientais como erosão, lixiviação e salinização (PRUDÊNCIO; CÂNDIDO, 2009). Araújo (2019) afirma ainda sobre o desenvolvimento das monoculturas no município ocorrem principalmente próximo ao leito do rio Piranhas-Açu, reforçando que a aplicação de agrotóxico nas culturas ocasiona a poluição de rios, lagos e lagoas.

Figura 12 - Mapa de Uso e Ocupação do município de Assú



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Ademais, a pecuária também fez/faz parte das modificações causadas no espaço assuense, tanto em nível organizacional como em níveis econômicos quantitativos, como pode ser observado nas Tabelas 05 e 06 a seguir; onde retrata-se o rebanho do gado bovino de corte e o rebanho ovino e caprino no referido município; tendo, para o último, ocorrido acentuado aumento na sua produção, enquanto que no primeiro há um aumento significativo acompanhado de relativa queda na produção.

Tabela 05 - Rebanho Bovino em Assú (2006/2011/2017)

<b>Rebanho de Gado Bovino para corte em Assú</b>			
	2006	2011	2017
<b>Município</b>	Animais	Animais	Animais
<b>Assú</b>	11.405	16.860	15.224

Adaptado de MZPAS (2018).

Tabela 06 - Rebanho de Ovinos e Caprino em Assú (2006/2011/2017)

<b>Rebanho de Ovino e Caprino em Assú</b>			
	2006	2011	2017
<b>Município</b>	Animais	Animais	Animais
<b>Assú</b>	18.295	27.562	41.478

Adaptado de MZPAS (2018).

A produção de petróleo por sua vez, conforme afirma Araújo (2019), se encontra ao norte do município, em divisa com o município de Carnaubais; é uma área extensa e os equipamentos de bombeamento estão inseridos dentro da lagoa, ou seja, caso haja derramamento de petróleo no local as consequências seriam devastadoras para o ambiente.

Conclui-se nesse Capítulo, que compreender a história do município passando pelos acontecimentos atuais explica-se muito de sua realidade. Por exemplo, a extração de argila e madeira para a indústria ceramista vem ocorrendo há décadas, e isso infere diretamente aos índices de erosão e degradação, contribuindo tanto com os impactos negativos quanto para o provável aumento dos níveis de desertificação local, estando esses associados ainda a outras atividades, como a agricultura e a pecuária.

Diante disso, o Capítulo 05 a seguir traz a compilação dos Sistemas Ambientais mapeados bem como suas principais características geobiofísicas.

## Capítulo 05

---

### OS SISTEMAS AMBIENTAIS EM ASSÚ/RN

---

É bastante comum pensarmos sobre as características do sertão semiárido sob as mesmas peculiaridades: o solo raso e com chãos pedregosos; a escassez hídrica; plantações secas e abandonadas pela baixa pluviosidade; animais morrendo de fome e sede e o sertanejo sem perspectiva de vida num futuro não muito distante.

Todavia, ao analisarmos setorialmente seus atributos e particularidades veremos que, mesmo numa escala municipal, há significativa heterogeneidade de seus componentes; tendo cada parâmetro analisado um real valor para a transformação de sua paisagem, variando significativamente os geoambientes que o compõe. Não podendo, todavia, na análise de cunho sistêmica, considerar apenas os elementos pelos elementos (setoriais).

Daí então a importância da análise integrada, que como o próprio nome sugere, permite sob esse prisma a visualização integrativa, ou seja, incluindo todos os seus elementos para que se possa melhor compreender a paisagem do ambiente estudado.

Nesse ínterim o uso e ocupação de uma terra diz muito sobre si, a respeito de sua colonização e formas de sobrevivência, bem como suas características geoambientais propriamente ditas; a influência da pluviosidade na profundidade e fertilidade dos solos; a relação geológica-geomorfológica; interação da vegetação com o solo etc. Proporcionando então essa relação entre o meio social e o meio físico, buscando estabelecer seus pontos de potencialidades e fragilidades de maneira que tais estudos sirvam de base para o planejamento territorial eficaz.

De fato, a análise sistêmica tem se mostrado viável dentro da perspectiva da análise geográfica. Dessa forma, propôs-se a divisão do município de Assú/RN em Sistemas Ambientais, levando em consideração principalmente o parâmetro geomorfológico, com isso, estabeleceu-se os seguintes sistemas: Planalto Serra do Mel, Planície Fluvial Piranhas-Açu, Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra, Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais, Depressão Interplanáltica da Formação Açu, Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó, Cristas Residuais e Inselbergs e Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró, onde são apresentados a seguir, além de estarem compilados e espacializados no Quadro 13 e Figura 17, respectivamente.

### **5.1 – Planalto Serra do Mel**

O sistema Planalto Serra do Mel possui uma área equivalente a 24.891 km e situa-se na porção norte do município de Assú.

Geologicamente está inserida no Grupo Barreiras com predominância de rochas sedimentares do tipo arenito. Está inserido no sistema aquífero Jandaíra e é constituída por calcários cinzas e cremes, margas, siltitos, folhelhos, argilitos e dolomitos (MZPAS, 2018).

Caracteriza-se em seu rebordo um relevo suavemente ondulado, porém com terrenos de difícil acesso.

Possui solos profundos com ocorrência de vegetação tanto do tipo caatinga arbustiva densa quanto caatinga rala, sendo alterada pela produção de agricultura como também pela fruticultura.

Como potencialidades, destaca-se a agricultura intensiva, produção de fruticultura, águas subterrâneas, além do alto potencial para pesquisas científicas. Para as limitações aponta-se a baixa potencialidade de exploração turística.

### **5.2 – Planície Fluvial Piranhas-Açu**

O sistema Planície Fluvial Piranhas-Açu possui extensão de 110.115 km e está inserido na porção leste do município assuense.

Encontra-se sob os depósitos aluvionares, litologia do tipo arenosa e argilo-arenosa além de relevo plano a suavemente ondulado. Os solos predominantes são do tipo Neossolo Flúvico; e por isso há locais pontuais onde os solos são aptos para a agricultura de vazante, característica de épocas de secas; quando há o regresso da água o solo fértil aparece e permite o desenvolvimento desse tipo de agricultura, bem como para a fruticultura. Além de possuir grande parte de sua área caracterizada como “sem vegetação” e também como caatinga rala.

Dispõe de um dos reservatórios mais conhecidos no município, o rio Piranhas-Açu, como visto na Figura 13. Está inserido ainda nos sistemas aquíferos Açu e Barreiras, sendo o primeiro o mais importante da Bacia Potiguar, de característica essencialmente arenosa. E o último formado por rochas e terrenos sedimentares, de formação mais recente (MZPAS, 2018).

Potencialmente destaca-se o desenvolvimento da agricultura de vazante, fruticultura de exportação, agropecuária, reservatório superficial e subterrânea, atrativos

turísticos e paisagísticos, área de lazer e possibilidades para pesquisas científicas e educação ambiental

Figura 13 - Planície do Piranhas-Açu



Fonte: Acervo da autora (2020).

### 5.3 – Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra

O sistema Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra traz consigo a formação geológica que dá origem a seu nome: a Formação Jandaíra. Possui área de 370.903 km e situa-se na porção Norte do município.

Seus solos são ricos em matéria orgânica e possuem coloração escura, estando aí presente a vegetação do tipo caatinga arbustiva densa e caatinga rala. Nessa área há ainda ocorrência de agropecuária e pasto. Tendo seu relevo característico por ser plano, como visto na Figura 14, além de litologia sedimentar do tipo arenito, calcário e siltito.

Compreende a porção do município de Assú que porta águas subterrâneas do sistema aquífero Jandaíra, sendo recoberto pelo Grupo Barreiras, aluviões e dunas (MZPAS, 2018).

Aponta-se a agropecuária e pasto, águas subterrâneas e possibilidade para pesquisas científicas como potencialidades. Já para as limitações destacou-se a escassez de recurso hídrico superficial degradação da vegetação e erosão.

Figura 14 - Mostra de relevo plano na região do Tabuleiro Jandaíra



Fonte: Acervo da autora (2020).

#### **5.4 – Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais**

O sistema Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais situa-se na porção nordeste do município. Possui área referente a 207.956 km.

Geologicamente encontra-se sob os depósitos aluvionares antigos, possui litologia do tipo sedimentar com destaque para arenitos e argilas. Seus solos são profundos e férteis, além de comportar grande parte da área de vegetação de caatinga densa, outrossim, possuindo em sua área vegetação do tipo rala e esparsa.

Com seu relevo plano, encontra-se aí também áreas de agropecuária e de pasto. Além seus recursos hídricos subterrâneos, estando sob o sistema aquífero Jandaíra.

Enfatiza-se para as potencialidades o campo de petróleo, a agropecuária e pasto, águas subterrâneas e pesquisas científicas. Para as limitações a escassez de recurso hídrico superficial e a degradação da vegetação são os destaques.

#### **5.5 – Depressão Interplanáltica da Formação Açú**

O sistema Depressão Interplanáltica da Formação Açú também recebe esse nome em virtude de sua formação geológica, sendo ela a Formação Açú, caracterizada por suas rochas sedimentares do tipo arenito, bancos de calcário, argilas e argilitos e seus solos muito profundos.

Possui área relativa a 225.587 km. Destaca-se por seu relevo suavemente ondulado e presença de vegetação do tipo caatinga densa e rala. Além disso, é berço da agricultura do tipo temporária, dando melhores resultados durante os períodos chuvosos.

Além disso, registra-se ainda a presença de recurso hídrico superficial, a Lagoa do Piató, muito utilizada para a subsistências das comunidades que vivem em seu entorno. Além de fazer parte da área que engloba o sistema aquífero Açu.

Como potencialidade destaca-se a agricultura temporária, aproveitamento da lagoa Piató para subsistência, produção de cerâmica, tijolos, telhas e lajotas, águas subterrâneas e pesquisas científicas. Para as limitações enfatiza-se a erosão eólica, extração de argila para fornos cerâmicos, desmatamento, expansão urbana e a degradação próximo à região da lagoa Piató.

### **5.6 – Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó**

O sistema Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó possui área equivalente a 216.104 km e encontra-se geologicamente sob a Formação Açu, característica por suas com rochas metamórficas do tipo gnaisses, biotita e migmatitos.

Dispõe de solos rasos com afloramentos rochosos, além de se encontrar erodido, em alguns locais predominam os pequenos sulcos, em outros, há maior profundidade. Predominantemente sua vegetação caracteriza-se como caatinga do tipo rala.

Possui pequenos reservatórios naturais ao longo de sua área, além do reservatório artificial, o Açude Mendubim, que é represado de águas vindas de seu município circunzinho, Paraú; onde, em épocas de cheias, escorre para o rio Piranhas-Açu.

Além disso, se encontra sob o sistema aquífero Fraturado Semiárido Cristalino, caracterizado por seu potencial hidrogeológico limitado e com águas geralmente salinas (MZPAS, 2018).

O reservatório artificial, distribuição de pequenos reservatórios naturais e possíveis pesquisas científicas são destaques quanto às potencialidades. E baixa capacidade de infiltração hídrica, além da baixa cobertura vegetal quanto às limitações.

### **5.7 – Cristas Residuais e Inselbergs**

O sistema Cristas Residuais e Inselbergs possui área equivalente a 18.712 km, sendo o menor dos sistemas do município.

Encontra-se na porção Sul e situa-se geologicamente na Suíte Poço da Cruz, caracterizada por rochas ígneas do tipo graníticas, quartzos e de granulação grossa. Possui relevo ondulado com solos rasos e afloramentos rochosos.

Com relação a sua vegetação, predomina a vegetação do tipo caatinga rala, com significativa aparição de espécies de cactos, conforme pode-se observar na Figura 15. Encontra-se situado no sistema aquífero Fraturado Semiárido Cristalino.

Como potencialidade enfatiza-se como possível atrativo ecoturístico e paisagístico, biodiversidade não explorada além da pesquisa científica. Para as limitações destaca-se os solos pouco desenvolvidos com afloramento rochosos, declives acentuados, erosão, ausência de educação ambiental, baixo índice pluviométrico e baixa produtividade

Figura 15 - Mostra de vegetação predominante, cactáceas



Fonte: Acervo da autora (2020).

### **5.8 – Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró**

O sistema Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró possui área equivalente a 132.066 km e situa-se na porção centro-oeste do município.

Geologicamente encontra-se no Grupo Barreiras, como mostrado na Figura 16 a seguir característico por ser uma área transicional com rochas sedimentares do tipo cascalho e apresentam ainda areias grossas e finas; solos profundos e férteis, entretanto, possui áreas pontuais estabelecidas como “sem vegetação”, caracterizada por ter agropecuária, pasto e agricultura irrigada. Além de possuir áreas com vegetação do tipo caatinga densa.

Está ainda localizado como fazendo parte do sistema aquífero Açú.

Figura 16 - Mostra do Grupo Barreiras



Fonte: Acervo da autora (2020).

Para as potencialidades destaca-se o extrativismo, agropecuária e pasto, agricultura irrigada, pesquisa científica e extração de águas subterrâneas. Para as limitações enfatiza-se a erosão eólica, degradação dos solos e da vegetação e a salinização do solo.

O Quadro 13 a seguir mostra a compilação de todos os Sistemas apresentados anteriormente, bem como suas principais características geofísicas, potencialidades, limitações, ecodinâmica e impactos e riscos de ocupação. Logo em seguida, espacializou-se os Sistemas Ambientais como representando na Figura 17.

Quadro 13 - Configuração dos Sistemas Ambientais do município de Assú/RN

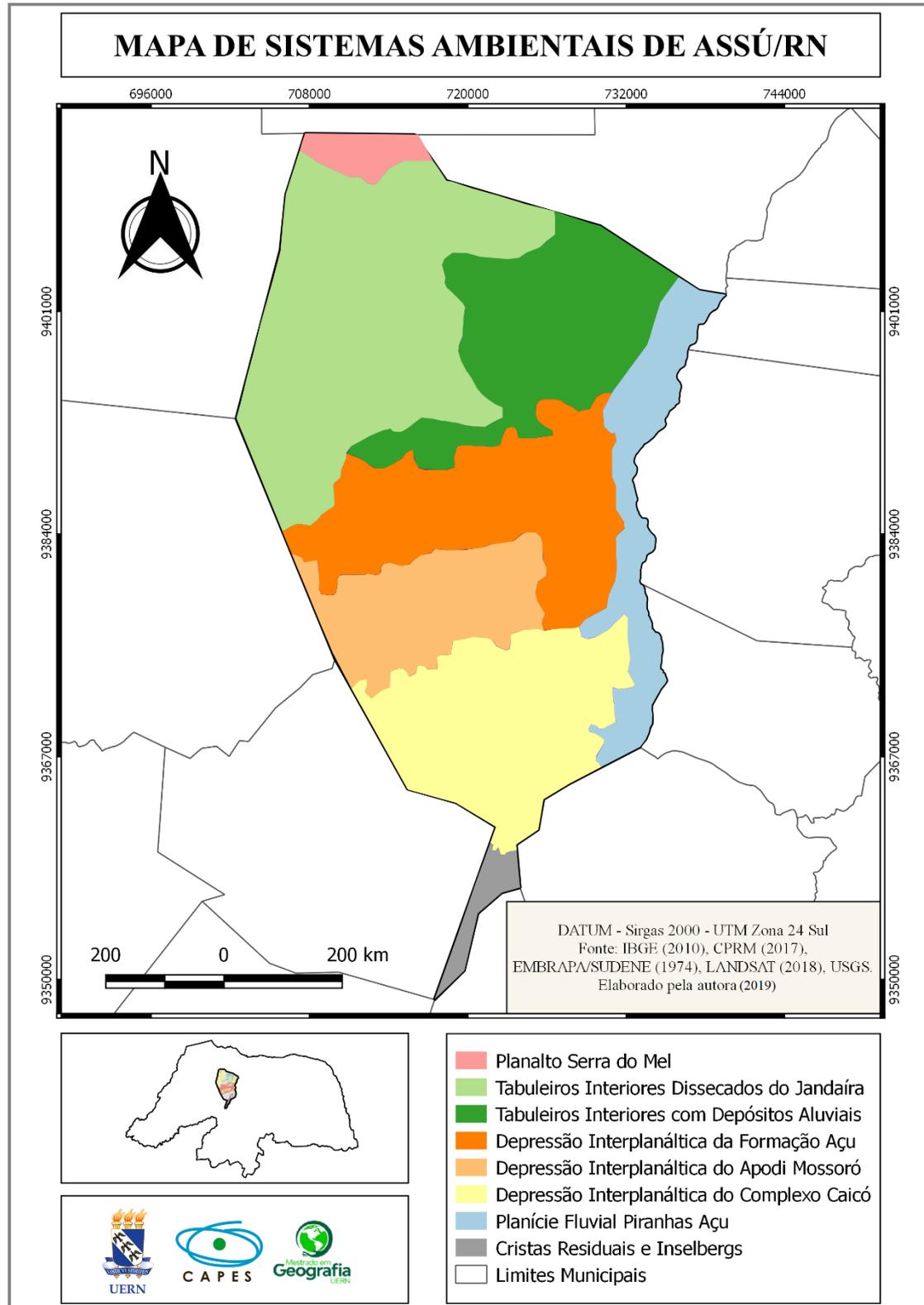
<b>Sistema</b>	<b>Características Naturais Dominantes</b>	<b>Potencialidades</b>	<b>Limitações</b>	<b>Ecodinâmica</b>	<b>Impactos e Riscos de Ocupação</b>
Planalto Serra do Mel	-Grupo Barreiras com predominância de rochas sedimentares; -Relevo suavemente ondulado; -Solos profundos; -Ocorrência de vegetação tanto densa quanto rala; -Aqüífero Jandaíra.	-Agricultura intensiva; -Produção de fruticultura; -Águas subterrâneas; -Pesquisas científicas.	-Terrenos íngremes de difícil acesso; -Baixa potencialidade para exploração turística;	-Ambiente de transição com tendência a instabilidade.	-Erosão eólica e hídrica (através da pluviosidade); -Redução da biodiversidade; -Possíveis contaminação e compactação do solo.
Planície Fluvial Piranhas-Açu	-Depósitos aluvionares com relevo suavemente ondulado; -Solos predominantes do tipo neossolo; -Aqüífero Açu e Barreiras; -Açude Mendubim.	-Desenvolvimento da agricultura de vazante; -Fruticultura de exportação; -Agropecuária; -Reservatório superficial e subterrânea; -Atrativos turísticos e paisagísticos; -Área de lazer. -Pesquisas científicas e educação ambiental.	-Expansão urbana; -Restrições legais com relação à preservação da mata ciliar; -Inundações.	-Ambiente de transição com tendência a instabilidade devido aos impactos causados pela ação antrópica.	-Degradação da mata ciliar, intensificando processos erosivos e de assoreamento, -Aumentando as áreas inundáveis; -Compactação do solo; -Poluição das águas através de agrotóxicos; -Erosão acelerada devido as práticas agrícolas rudimentares;
Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra	-Formação Jandaíra; -Solos ricos em matéria orgânica e	-Agropecuária e pasto;	-Escassez de recurso hídrico superficial;	-Ambiente de transição com tendência a instabilidade.	-Compactação do solo através do manejo agrícola e agropecuária;

	<ul style="list-style-type: none"> <li>com coloração escura;</li> <li>-Relevo plano;</li> <li>-Presença de caatinga arbustiva densa e rala;</li> <li>-Aquífero Jandaíra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Águas subterrâneas;</li> <li>-Pesquisas científicas;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Degradação da vegetação;</li> <li>-Erosão.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Infertilidade dos solos por uso do manejo agrícola;</li> <li>-Erosão acelerada devido as práticas agrícolas rudimentares;</li> </ul>
<p>Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Depósitos aluvionares antigos;</li> <li>-Relevo plano;</li> <li>-Vegetação do tipo rala e densa;</li> <li>-Solos profundos;</li> <li>-Aquífero Jandaíra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Campo de petróleo;</li> <li>-Agropecuária e pasto;</li> <li>-Águas subterrâneas;</li> <li>-Pesquisas científicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Escassez de recurso hídrico superficial;</li> <li>-Degradação da vegetação;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ambiente de transição com tendência a instabilidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Derramamento de petróleo;</li> <li>-Compactação do solo através do manejo agrícola e agropecuária;</li> <li>-Erosão acelerada devido as práticas agrícolas rudimentares;</li> </ul>
<p>Depressão Interplanáltica da Formação Açú</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Formação Açú com rochas sedimentares;</li> <li>-Solos muito profundos;</li> <li>-Relevo suavemente ondulado;</li> <li>-Vegetação densa e rala;</li> <li>-Aquífero Açú.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Agricultura temporária;</li> <li>-Aproveitamento da lagoa Piató para subsistência;</li> <li>-Produção de cerâmica, tijolos, telhas e lajotas;</li> <li>-Águas subterrâneas;</li> <li>-Pesquisas científicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Erosão eólica;</li> <li>-Extração de argila para fornos cerâmicos;</li> <li>-Desmatamento;</li> <li>-Expansão urbana;</li> <li>-Degradação próximo à região da lagoa Piató.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ambiente de transição com tendência a instabilidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Poluição através do lançamento de águas cinzas;</li> <li>-Deposição de resíduos sólidos em locais impróprios (lixão);</li> <li>-Infiltração de líquido poluente advindo dos resíduos sólidos nos lençóis freáticos (chorume);</li> <li>-Aumento do desmatamento e extração de argila;</li> <li>-Poluição através da emissão de materiais particulados.</li> </ul>

<p>Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Formação Açú com rochas metamórficas;</li> <li>-Solos rasos com afloramentos rochosos;</li> <li>-Vegetação predominantemente rala;</li> <li>-Aquífero Fraturado Semiárido Cristalino.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Reservatório artificial;</li> <li>-Distribuição de pequenos reservatórios naturais;</li> <li>-Pesquisas científicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Baixa capacidade de infiltração hídrica por se localizar em ambiente cristalino;</li> <li>-Baixa cobertura vegetal em virtude dos solos.</li> </ul>	<p>-Fortemente Instável.</p>	<p>-Erosão acelerada devido as práticas agrícolas rudimentares;</p>
<p>Cristas Residuais e Inselbergs</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Suíte Poço da Cruz, com rochas ígneas;</li> <li>-Relevo suave ondulado;</li> <li>-Solos rasos com afloramentos rochosos;</li> <li>-Predominância de vegetação rala;</li> <li>-Aquífero Fraturado Semiárido Cristalino.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Atrativo ecoturístico e paisagístico;</li> <li>-Biodiversidade não explorada;</li> <li>-Pesquisa científica;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Solos pouco desenvolvidos com afloramento rochosos;</li> <li>-Declives acentuados;</li> <li>-Erosão;</li> <li>-Ausência de educação ambiental;</li> <li>-Baixo índice pluviométrico;</li> <li>-Baixa produtividade.</li> </ul>	<p>-Fortemente Instável.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Áreas com solos pouco desenvolvidos;</li> <li>-Baixa disponibilidade de recursos hídricos;</li> <li>-Possíveis deslocamentos de massa.</li> </ul>
<p>Depressão Interplanáltica do Apodi Mossoró</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Grupo Barreiras com rochas sedimentares;</li> <li>-Solos profundos;</li> <li>-Áreas sem vegetação e áreas com vegetação densa;</li> <li>-Aquífero Açú;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Extrativismo;</li> <li>-Agropecuária e pasto;</li> <li>-Agricultura irrigada;</li> <li>-Pesquisa científica;</li> <li>-Extração de águas subterrâneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Erosão eólica;</li> <li>-Degradação dos solos e da vegetação;</li> <li>-Salinização do solo;</li> </ul>	<p>-Ambiente Estável</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Compactação do solo através do manejo agrícola e agropecuária;</li> <li>-Possível rebaixamento do nível das águas subterrâneas.</li> </ul>

Adaptado de COSTA (2014) e SOUSA (2016).

Figura 17 - Mapa dos Sistemas Ambientais do município de Assú



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

## Capítulo 06

### INDICADORES GEOBIOFÍSICOS DE DESERTIFICAÇÃO EM ASSÚ/RN

Neste Capítulo será abordado os resultados dos indicadores geobiofísicos de desertificação empregados no município de Assú, de acordo com os parâmetros e valores estabelecidos na Tabela 01 (Capítulo 02).

É, portanto, a partir desses indicadores, possível de estabelecer uma análise qualitativa bem como quantitativa dos elementos geoambientais da área estudada, buscando compreender a realidade geoambiental e socioeconômica do respectivo município (COSTA, 2014).

Após espacializar os sistemas, relacionou-se o uso e ocupação com a vulnerabilidade ambiental para, por fim, estabelecer os níveis de susceptibilidade à desertificação utilizando os indicadores geobiofísicos para o município de Assú, apresentados no Quadro 14, tomando como base os sistemas ambientais.

Quadro 14 - Indicadores Geobiofísicos de Desertificação dos Sistemas Ambientais

SISTEMAS AMBIENTAIS	INDICADORES GEOBIOFÍSICOS DE DESERTIFICAÇÃO (IGBD) DO MUNICÍPIO DE ASSÚ						
	IGBD1	IGBD2	IGBD3	IGBD4	IGBD5	IGBD6	Índice
Planalto Serra do Mel	3	2	2	5	4	2	3
Planície Fluvial do Piranhas-Açu	5	4	2	3	4	2	3,33
Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra	4	5	2	5	3	2	3,50
Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais	4	5	2	5	3	2	3,50
Depressão Interplanáltica da Formação-Açu	3	4	3	5	5	2	3,66
Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó	1	4	2	1	3	2	2
Cristas Residuais e Inselbergs	2	2	1	1	5	2	2,16
Depressão Interplanáltica do Apodi Mossoró	3	4	5	5	5	2	4
<b>Média</b>	3,25	4	2,3	2,7	4	2	3,28
<b>Desvio Padrão</b>	0,74	0,75	1,25	2,86	0,75	0	0,32

Fonte: Organizado pela Autora (2020).

A partir da análise dos dados obtidos com os indicadores geobiofísicos de desertificação para Assú, dividiu-se em três grupos distintos quanto ao grau de desertificação, onde são melhores espacializados nas Figuras 18 e 19 a seguir, onde o primeiro grupo caracteriza-se por apresentar valores de 2 a 2,16; o segundo grupo apresentou valores de 3 a 3,66 e o último grupo apresentou valor 4.

Depreende-se que o grupo com os valores 2 e 2,16 (em vermelho) apresentaram os piores índices, caracterizando-se como ambientes frágeis, com solos rasos, vegetação predominantemente rala e esparsa e a formação geológica peculiar do embasamento cristalino.

Figura 18 - Associação dos Sistemas Ambientais, IGBDF e Vulnerabilidade/Susceptibilidade

SISTEMA AMBIENTAL	ÍNDICE	VULNERABILIDADE/SUSCEPTIBILIDADE
Planalto Serra do Mel	3	Transição/Moderado
Planície Fluvial do Piranhas-Açu	3,33	Transição/Moderado
Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra	3,5	Transição/Moderado
Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais	3,5	Transição/Moderado
Depressão Interplanáltica da Formação-Açu	3,66	Transição/Moderado
Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó	2,5	Instável/Alta
Cristas Residuais e Inselbergs	2,16	Instável/Alta
Depressão Interplanáltica do Apodi Mossoró	4	Estável/Baixa

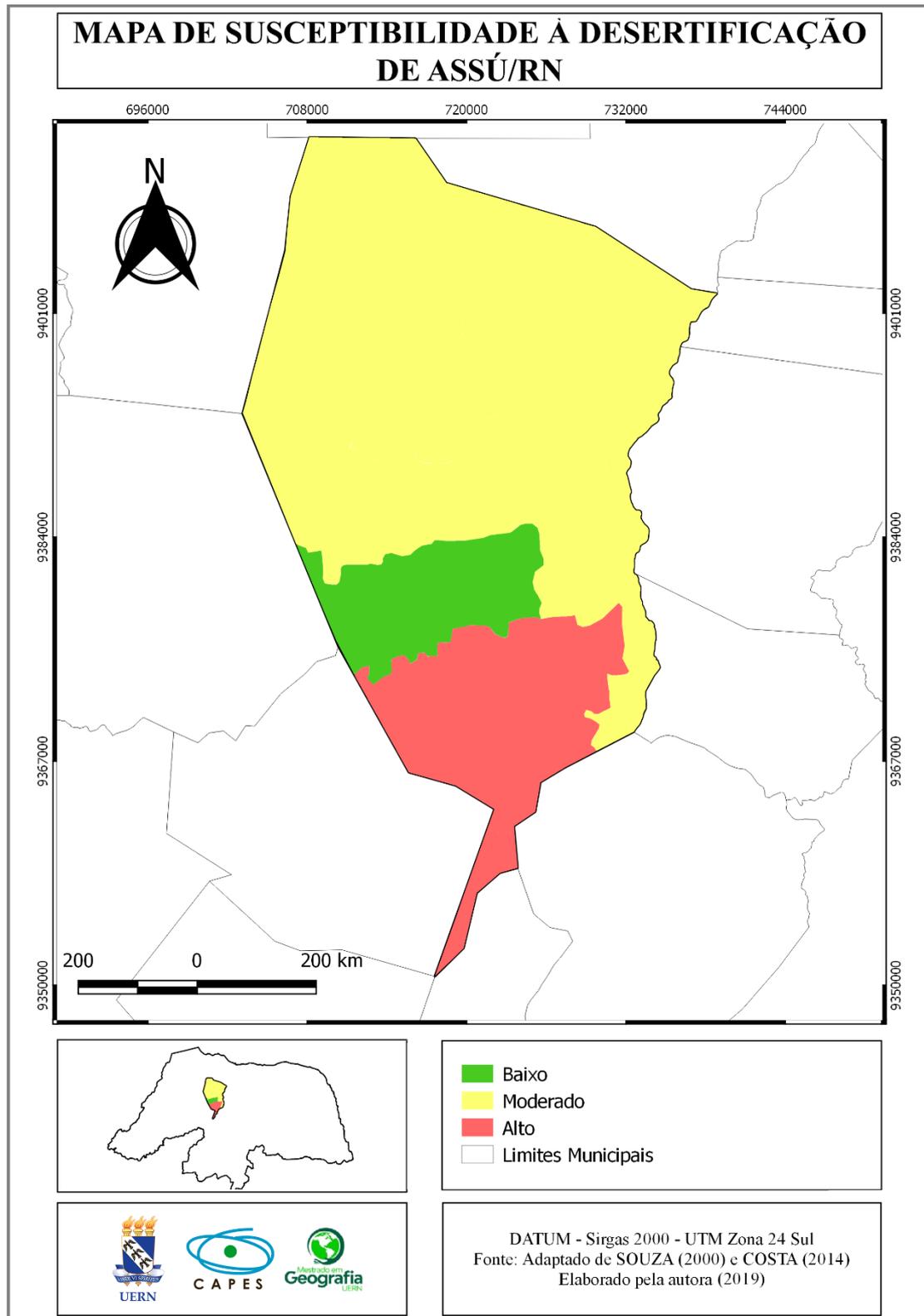
Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Enquanto os outros dois grupos, com valores de 3 a 3,66 (amarelo) e 4 (verde), possuem valores de razoáveis a satisfatórios, dispendo de atributos típicos de ambientes transitórios como também menos degradados, tendo apresentado os solos mais profundos e férteis, vegetação densa e desenvolvida e hidrografia (superficial e subterrânea) favorável.

Espacializa-se, portanto, na Figura 19, a partir da atribuição dos valores dos indicadores geobiofísicos de desertificação, os índices de vulnerabilidade ambiental e de susceptibilidade à desertificação no município de Assú.

A susceptibilidade apresentada como Baixa caracteriza-se, pois, como ambientes estáveis com relação à vulnerabilidade, está representado pelo Sistema Depressão Interplanáltica do Apodi Mossoró e ocupa uma área equivalente a 132.066 km. A susceptibilidade apresentada como Moderada compreende os ambientes de transição com tendência à instabilidade e contém cinco Sistemas: Planalto Serra do Mel, Planície Fluvial Piranhas-Açu, Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra, Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais e Depressão Interplanáltica da Formação Açu, compreendendo uma

Figura 19 - Mapa de Susceptibilidade à Desertificação no município de Assú



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

área de 929.452 km. Por fim, a susceptibilidade indicada como Alta é representada pelos ambientes instáveis e equivalem aos Sistemas Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó e Cristas Residuais e Inselbergs, compreendendo uma área de 234.816 km.

É importante ressaltar também que os resultados do respectivo mapeamento corroboram com os dados do mapeamento realizado pela CGEE (2016), apresentado no Capítulo 02 (Figura 01), onde Assú se encontra em área de ASD além de ter a sua porção Sul dentro das manchas de áreas fortemente degradadas em processo de desertificação, correspondentes ao ambiente cristalino. Além disso, como aponta Pereira Neto e Fernandes (2015), as áreas de alta instabilidade correspondem também às áreas mais fortemente desertificadas.

É preciso atentar ainda para a recuperação desses ambientes, pois como mostrou Peixôto e Pereira Neto (2018), alguns projetos vêm sendo ou foram desenvolvidos e articulados no município de Assú e circunvizinhos para plantio e reflorestamento com espécies da mata nativa do bioma caatinga. Entretanto, encerrou-se parte dos projetos e não houve acompanhamento dos mesmos por parte das autoridades municipais e nem dos moradores que se beneficiaram do projeto/mudas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Assú traz em si peculiaridades geofísicas e de uso e ocupação do seu ambiente que o torna distinto pela sua história e evolução ao longo do tempo e do espaço.

Objetivou-se, para tanto, realizar a análise da susceptibilidade à degradação/desertificação do município de Assú/RN, a partir da estrutura da paisagem, por meio dos indicadores geobiofísicos assim como pela identificação dos usos e ocupação do solo.

A pesquisa estabeleceu como hipóteses que a dinâmica de ambientes do Embasamento Cristalino e da Bacia Sedimentar é bastante complexa, onde o primeiro possui tendências maiores de instabilidade; que ambientes cristalinos possuem maior predisposição aos processos de desertificação, não anulando, porém, a propensão desses processos em ambientes sedimentares; e que a utilização dos indicadores geobiofísicos propostos para a análise do grau de desertificação tem se mostrado eficaz quanto à realidade do semiárido brasileiro.

A metodologia aqui empregada neste recorte espacial ainda está sendo aprimorada, entretanto, já demonstra resultados satisfatórios e que não fogem à realidade do ambiente estudado. Sendo essa mais uma prova teórico-prática de sua aplicabilidade e confiança, desde que sejam feitas adaptações de acordo com as especificidades e escalas dos estudos.

A partir dessas informações é possível depreender como seu ambiente físico se comporta e a partir disso, perceber que a estrutura da sua paisagem vem sofrendo alterações na medida em que a utilização dos recursos naturais não ocorre uniformemente. Geologicamente está inserido em sua porção Norte na Bacia Sedimentar e ao Sul no Embasamento Cristalino. Geomorfologicamente possui depressões, tabuleiros, planícies e planalto, além de campos de inselbergs. Mais expressamente, solos do tipo chernossolos, latossolos, planossolos e neossolos. Seu clima característico é o semiárido. Vegetações do tipo caatinga rala e arbustiva densa. E hidrologicamente possui aquíferos por quase todo seu território, além de importantes reservatórios superficiais como o Piató, Mendubim e parte da Barragem Armando Ribeiro Gonçalves.

Para tanto, a contribuição dos estudos de análise sistêmica integrada fica evidente quando dá base para melhor desenvolvimento e planejamento territorial.

No que diz respeito aos indicadores geobiofísicos utilizados, notou-se a possibilidade de se encontrar áreas de maior a menor disposição ao fenômeno da desertificação, bem como sua susceptibilidade e vulnerabilidade, utilizando para este último, parâmetros de instabilidade, estabilidade e área de transição.

Com isso, os indicadores geobiofísicos aplicados demonstram que as áreas de maior susceptibilidade à de desertificação, bem como maior instabilidade e vulnerabilidade ambiental está presente nos sistemas ambientais denominados Depressão Interplanáltica do Complexo Caicó e Cristas Residuais, apresentando valores entre 2 e 2,16.

Para as áreas de transição com tendência à instabilidade e vulnerabilidade moderada, tem-se os sistemas Planalto Serra do Mel, Planície Fluvial Piranhas-Açu, Tabuleiros Interiores Dissecados do Jandaíra, Tabuleiros Interiores com Depósitos Aluviais e Depressão Interplanáltica da Formação Assú, com valores entre 3 a 3,66.

E o sistema estável, com baixa vulnerabilidade e susceptibilidade fora a Depressão Interplanáltica do Apodi-Mossoró, apresentando o valor 4.

A partir disso e alcançando os objetivos propostos anteriormente, conclui-se ainda que as hipóteses levantadas foram confirmadas, tanto com relação a existência do processo de desertificação no município quanto a sua maior intensidade em ambientes cristalinos; havendo, contudo, possibilidade de desertificação também em ambientes sedimentares, porém em menor magnitude.

Com isso, a atual pesquisa trouxe dados de grande relevância para a área ambiental de Assú, proporcionando diferentes visões e possibilidades de gerir o município, abordando desde suas fragilidades às suas potencialidades; bem como espacializou os ambientes com características homogêneas trazendo suas respectivas vulnerabilidade e susceptibilidade à desertificação.

Algumas recomendações se fazem importantes para a excelência na gestão:

- Para as áreas de instabilidade, sugere-se evitar ações antrópicas, devido aos altos riscos de erosão;
- Recuperação e enriquecimento da biodiversidade através de plantas nativas principalmente em áreas de mata ciliar;
- A adoção de medidas socioeducativas de cunho integrador (educação ambiental teórico-prática) para que a própria população conheça o ambiente físico seu município;

- Exploração e uso sustentável de lugares que possuem potencial turístico exatamente por seus geoambientes;
- Apesar das áreas sedimentares apresentarem vulnerabilidade moderada, recomenda-se, pois, que não se exceda quanto ao seu uso e exploração, seja através da agricultura, seja através de criação de animais.

Isto posto, fica evidente que a contribuição de estudos sistêmicos permite melhor analisar a dinâmica da paisagem através de, primeiramente, estudos setoriais e depois do seu arranjo estrutural, disposto na inter-relação dos mesmos. Proporcionando dessa forma, condições responsáveis para gerenciar e planejar ações para obter equilíbrio em seu ordenamento territorial.

Espera-se, por conseguinte, que a referida pesquisa seja base para futuros subsídios e trabalhos geoambientais, de geoecologia da paisagem e planejamento territorial ambiental, além de exemplo de aplicabilidade de indicadores geobiofísicos de desertificação.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Problemática da Desertificação e da Savanização no Brasil Intertropical. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 53, p. 1-19, 1977.
- \_\_\_\_\_, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ABRAHAM, E. M; BEEKMAN, G. B. (Ed.). **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Mendoza, Argentina: CONICET, 2006. 347 p.
- ABRAHAM, E. M; MONTAÑA, E.; TORRES, L. Procedimiento y marco metodológico para la obtención de Indicadores de Desertificación en forma participativa. In: ABRAHAM, E. M. e BEEKMAN, G. B. **Indicadores de la Desertificación para América del Sur**. Editorial Martín Fierro. Mendoza: 2006.
- ALBANO, G. P.; SÁ, A. J. Vale do Açu-RN: a passagem do extrativismo da carnaúba para a monocultura de banana. **Revista de Geografia**, Recife, v. 26, n. 3, p.6-32, set. 2009.
- ALBUQUERQUE, P. I. M. *et al.* Sensoriamento Remoto Aplicado Como Indicador De Desertificação No Município De PARELHAS – RN. **Revista de Geografia**, Recife, v. 37, n. 1, p. 241-261, dez. 2020.
- ANDRADE, M. C. A produção do espaço Norte-Rio-Grandense. **Revista Geointerações**, Assú, v. 1, n. 2, p. 101-123, jul./dez. 2017. Disponível em: <http://periodicos.uern.br/index.php/geointeracoes/article/view/2610>. Acesso em: 2 dez. 2019.
- ARAÚJO, A. S. F.; MONTEIRO, R. T. R. **Indicadores Biológicos de Qualidade do Solo**. Biosci. J. Uberlândia, v. 3, n. 23, p.66-75, jul. 2007.
- ARAÚJO, J. P. R. **Vulnerabilidade Natural, Ambiental e Uso e Ocupação no município de Assú/RN**. 2019. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.
- ARAÚJO, J. A.; SOUZA, R. F. Abordagens sobre o processo de desertificação: uma revisão das evidências no Rio Grande do Norte. **GEOSUL**, Florianópolis, v. 32, n. 65, p.122-143, dez. 2017.
- ARAUJO FILHO, J. C. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. In: **Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 14. 2011, Dourados. "Dinâmicas socioambientais das inter-relações às interdependências". Dourados: UFGD, 2011.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Norte**. 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 18 jul. 2019.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Plano de Recursos Hídricos Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília, 2016.
- ANGELIM, L. A. A. *et al.* **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte - Escala 1:500.000**. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2007.
- BERTALANFFY, L. V. **The theory of open systems in Physics and Biology**. British Journal of Philosophical Science, vol. 1, 1950, pp 23-39

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico. **RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p.141-152, 2004.

BIED-CHARRETON, M. **Secheresse, Desertification et Development en Afrique**. 2009. Disponível em: [http://www.cndp.fr/crdp-rouen/images/stories/le-havre/pdf/afrique/texte\\_integral\\_desertification.pdf](http://www.cndp.fr/crdp-rouen/images/stories/le-havre/pdf/afrique/texte_integral_desertification.pdf). Acesso em: 23 jun. 2018.

BUTLER, K. **Band Combinations for Landsat 8**. 2013. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/band-combinations-for-landsat-8/?rmedium=redirect&rsourc=blogs.esri.com/esri/arcgis/2013/07/24/band-combinations-for-landsat-8>. Acesso em: 17 fev. 2020.

BRAIDO, L. M. H. **Geocomplexo: Interação de Elementos Naturais e Sociais**: produção e expansão da cana-de-açúcar na Bacia Hidrográfica do Rio Paranapanema - PR/SP. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN BRASIL**. Brasília, 2005.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Caatinga. **Cenários para o bioma caatinga**. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente. Recife: SECTMA, 2004. 283 p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas susceptíveis à desertificação do Brasil**. Org.: Marcos Oliveira Santana. Brasília: MMA, 2007. 134p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Conheça os biomas brasileiros**. [201-a]. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2009/10/biomas-brasileiros>. Acesso em: 15 jul. 2019.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de Conservação: Categorias**. [201-b]. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/categorias>. Acesso em: 12 jul. 2019.

\_\_\_\_\_, Ministério do Meio Ambiente. **Governo apresenta ações contra desertificação**. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/informma/item/2608-governo-apresenta-aco-es-contra-desertificacao>. Acesso em: 19 ago. 2018.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Histórico**. [201-]. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/gestao-territorial/combate-a-desertificacao/convencao-da-onu/historico.html>. Acesso em: 15 set. 2019.

\_\_\_\_\_. Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015. **Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e Seus Instrumentos; Prevê a Criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências**. Diário Oficial [da] União, BRASÍLIA, DF.

\_\_\_\_\_, Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido do Brasil. com 1.189 municípios em nove estados**. 2017. Disponível em: <http://sudene.gov.br/noticias/63-regional/829-resultado-reuniao-condel>. Acesso em: 28 jun. 2018.

BOLLMANN, H. A. Metodologia para avaliação ambiental integrada. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; MARTOS, H. L. (Org.). **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Educ/comped/inep, 2001. Cap. 1. p. 15-46.

CARVALHO, P. G. M.; BARCELLOS, F. C.; MOREIRA G. G. Políticas públicas para meio ambiente no semi-árido brasileiro. Regressão Logística com o Modelo PER. 2009. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica** Vol. 12: 67-84, 2009.

CARVALHO, O.; EGLER, C. A. G. **Alternativas de desenvolvimento para o nordeste semiárido**: relatório final. Fortaleza: Ministério da Fazenda, Banco do Nordeste do Brasil, 2003. 204 p.

CARVALHO, M. F. *et al.* Estudo de caso de três espécies de plantas bioindicadoras de solos salinos. **Revista Verde**, v.10, n.3, p. 01-08, 2015. Disponível em:<http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i3.2883>. Acesso em: 21 abr. 2019.

CARVALHO, R. G.; KELTING, F. M. S; AGUIAR, P. F. Diagnóstico Ambiental Integrado do município de Grossos/RN: Subsídios ao Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, São Paulo, v. 23, n. 1, p.105-129, jan. 2012.

CASSAB, R. C. T. **Paleontologia da Formação Jandaíra**: Cretáceo Superior da Bacia Potiguar, com ênfase na paleobiologia dos gastrópodos. 204 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

CAVALCANTI, L. S. **Cartografia de paisagens**: fundamentos. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 95 p.

CESTARO, L. A. *et al.* Proposta de um sistema de unidades geoambientais para o Rio Grande do Norte. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2007, Natal-RN. **Anais...** Natal-RN: UFRN, 2007. p. 267.

CONTI, J. B. O conceito de desertificação. **Climep - Climatologia e Estudos da Paisagem**, Campus de Rio Claro, v. 3, n. 2, p.39-52, abr. 2009.

CONTI, J. B. Geografia e Paisagem. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 36, p.239-245. 2014.

COSTA, T. C. e C., *et al.* Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 20, p.961-974, nov. 2009.

COSTA, L. R. F. **Estruturação Geoambiental e Susceptibilidade à Desertificação na Sub-Bacia Hidrográfica do Riacho Santa Rosa** - Ceará. 2014. 146 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Desertificação, degradação da terra e secas no Brasil**. Brasília - DF: Gráfica Ltda., 2016. 256 p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Blücher, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (org.). **Geomorfologia uma Atualização de Bases e Conceitos**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p 415-441.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas**: uma introdução à Geografia Física. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 728 p.

CLAUDINO SALES, V. Geografia, Sistemas e Análise Ambiental: Abordagem Crítica. **GEOUSP**: Espaço e Tempo, São Paulo, n. 16, p.125-141, 2004.

CNUMAD – CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Informação para a tomada de decisões. In: **Agenda 21**, 1992.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAL. **Mapa geológico do Rio Grande do Norte** – Escala 1:500.000. Arquivos para download do Geobank. 2017. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em: 17 jul. 2019.

CPRM – COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAL. **Geologia e Recursos Minerais da Folha Mossoró**. S. W.O. R. e V. C.M. B., Org. Recife: CPRM-RE, 2013.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **The Geographical Journal**, v. 14, n. 5, p. 481-504, nov. 1899.

DAVIS, W. M. O Ciclo Geográfico. **Boletim Campineiro de Geografia**, Campinas - SP, v. 3, n. 1, p.139-166, 2013. Texto originalmente intitulado “The Geographical Cycle”. Tradução e revisão: Vancil Cardoso Cabral e Fernanda Aparecida Leonardi.

DINIZ, M. T. M. *et al.* Mapeamento geomorfológico do Estado do Rio Grande do Norte. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, nº 4, p. 689-701, 2017.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G.P. Compartimentação e Caracterização das Unidades de Paisagem do Seridó Potiguar. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p.291-318, jun. 2015.

DINIZ, M. T.M.; OLIVEIRA, A. V. L. C. Mapeamento das Unidades de Paisagem do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 8, n. 2, p.342-364, ago. 2018.

DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA A SECA. **Açude Açú**: Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves ([201-]). Acesso em: 15 de jul. 2019.

DNOCS – DEPARTAMENTO DE OBRAS CONTRA A SECA. **Fichas técnicas dos reservatórios do Rio Grande do Norte**. Disponível em: [http://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos\\_hidricos/fic\\_tec\\_estado.php?sigla\\_estado=RN](http://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_estado.php?sigla_estado=RN). Acesso em: 18 nov 2019.

DOURADO, C. S.; OLIVEIRA, S. R. M.; AVILA, A. M. H. **Indicadores Climáticos das Áreas com Potencial de Risco de Desertificação no Estado da Bahia**. Agrometeorologia no século 21: O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros, Lavras/MG, p.297-305, ago, 2015.

DREGNE, H. E. **Desertification of arid lands**. 1986. In Physics of desertification, ed. F. El-Baz and M. H. A. Hassan. Dordrecht, The Netherlands: Martinus, Nijhoff. Disponível em: <http://www.ciesin.org/docs/002-193/002-193.html>. Acesso em: 16 jun. 2018.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª. ed. Revista e ampliada. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 531 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Convivência com a seca**. [201-]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-convivencia-com-a-seca/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 28 jul. 2019.

EMPARN – EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Monitoramento pluviométrico**. 2019. Disponível em: <http://189.124.130.5:8181/monitoramento/monitoramento.php>. Acesso em: 28 jun. 2019.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Sustainable development of drylands and combating desertification**. [201-]. Disponível em: <http://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/854822/>. Acesso em: 19 jun. 2018.

FERNANDES, J. D.; MEDEIROS, A. J. D. Desertificação no Nordeste: uma aproximação sobre o fenômeno do Rio Grande Norte. **Holos**, Natal, v. 3, p.147-161, 2009.

FERREIRA, C. A.; SANTOS, E. J. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil**. Jaguaribe SE. Folha SB. 24-Z. Estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Pernambuco. Escala 1: 500.000. Geologia e Metalogênese. CPRM. Recife: CPRM, 2000.

FORMAGGIO, A R. **Sensoriamento Remoto em agricultura**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 288 p.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. 648 p.

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia Ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 190 p.

GREGORY, K. J.; **A Natureza da Geografia Física**. São Paulo: Editora Bertrand Brasil, 1985. Impresso no Brasil, 1992.

GUPTA, A. Geoindicators for Tropical Urbanization. **Environmental Geology**, Leeds, v. 6, n. 42, p.736-742, 10 abr. 2002.

HAGGETT, P. El desafio del Medio Ambiente. In: HAGGETT, P. **Geografía: Una Síntesis Moderna**. 2. ed. Barcelona: Edicione Omega, S.a., 1994. Cap. 3. p. 49-70.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Diretoria de Geociências. Departamento de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 1. 137p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 17 jul. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Demográfico e contagem**. 2010. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010RgaAdAgsn.asp>. Acesso em: 15 jul. 2019.

\_\_\_\_\_, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/acu/panorama>. Acesso em: 03 jul. 2019.

IDEMA– INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL E MEIO AMBIENTE. **Unidades Geoambientais do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal, 2006.

IDEMA – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL E MEIO AMBIENTE. **Perfil do seu Município**. Assú. 2008. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000016656.PDF>. Acesso em: 03 jul. 2019.

INSA – INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande/PB, 2012

JOHNSON, R. K.; WIEDERHOLM, T.; ROSENBERG, D. M. Freshwater bioimonitoring using individual organisms, populations, and species as seblanges of benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 40 – 158 p., 1993.

LEPSCH, I. F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p.

LIMA, M.E. (2007) **Liquefação em depósitos aluvionares do Rio Açu – RN**. Dissertação de Mestrado. PPGG-UFRN. 78p.

LIMA, F. J.; CESTARO, L. A.; ARAÚJO, P. C. Sistemas Geoambientais do Município Do Crato/CE. **Mercator**, Ceará, v. 9, n. 9, p.129-142, ago. 2010.

LOPES, I; LEAL, B G. Índice de Aridez e Tendência a Desertificação para estações Meteorológicas nos estados da Bahia e Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, Paraná, v. 17, p.155-172, set. 2015.

MACEDO, R. K. A importância da avaliação ambiental. In: TAUKE, S. M. (org.) **Análise Ambiental: uma visão multidisciplinar**. 2a Edição. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

MAIA, J. C. L.; COSTA, F. R. Aplicação do “sistema básico de indicadores para a identificação e monitoramento dos processos de desertificação na América Latina e Caribe” nos municípios de Francisco Dantas e Encanto-RN. **Revista Geotemas**. v. 1, n. 2. p.85-99. Pau dos Ferros/RN, 2011.

MATALLO JUNIOR, H. **Indicadores de Desertificação: histórico e perspectivas**. 2001. Brasília: UNESCO.

MATALLO JÚNIOR, H. (Org.). **Desertificação**. 2. ed. Brasília: Unesco, 2003. p. 60-80.

MATALLO JÚNIOR, H. (Org.). **Glossário de termos e conceitos usados no contexto da UNCCD**. Glosario de términos y conceptos usados em el contexto de la UNCCD. Glossary of terms and concepts used within the UNCCD context. Brasília: MMA, 2009. 154 p.

MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, H. G. Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. In: MARKERT, B. A.; BREURE, A. M.; ZECHMEISTER, Harald G. (Ed.). **Bioindicators and Biomonitoring: principles, concepts and applications**. 6. ed. Michigan: Elsevier, 2003. Cap. 1. p. 3-40.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p.83-91. 2004.

MEDEIROS, A. *et al.* **Perspectivas da Mineração na Região do Seridó (RN/PB) e seus impactos ambientais**. Ciências Exatas e da Terra. Resumo da 65ª Reunião Anual da SBPC, 16-17, 21-26 de Julho de 2013. Recife. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/7891.htm>.

MEDEIROS, G. L. D. Desertificação. In: PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. (Org.). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010. Cap. 10. p. 121-132.

MZPAS – Macrozoneamento Bacia Piranhas-Açu Sustentável. **Projeto Macrozoneamento Ecológico-Econômico da Bacia Hidrográfica do Piranhas-Açu/RN**. COBRAPE. Secretaria de Estado do Planejamento e das Finanças – SEPLAN, Rio Grande do Norte. Jardim Paulistano, SP. 2018.

NASCIMENTO, F. R. **Degradação Ambiental e Desertificação no Nordeste Brasileiro: O contexto da Bacia do Rio Acaraú - Ceará**. 2006. 340 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

NASCIMENTO, J. A.; SILVA, E. F. **Diagnóstico socioeconômico e ambiental dos assentamentos de reforma agrária atendidos pelo Projeto Vale Sustentável**. Associação Norte-rio-Grandense de Engenheiros Agrônomos (ANEA). Assú: Gráfica RN Econômico, 2016. 128 p.

NIMER, E. Desertificação: Realidade ou Mito? In: **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1988. p. 07-40.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Environmental Indicators: Development, Measurement and Use**. 2003. Disponível em: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/24993546.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2019.

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

OLIVEIRA, R. R.; BARROS, J. D. S.; SILVA, M. F. P. Desertificação e Degradação Ambiental: Percepção dos Agricultores no Município de Cachoeira dos Índios/PB. **Polêmica**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p.87-97, abr. 2012.

OLIVEIRA, M. A., *et al.* Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **CERES**, Viçosa, v. 61, p.800-807, out. 2014.

OLIVEIRA, A. V. L. C.; CESTARO, L. A. Caracterização dos sistemas ambientais do Rio Grande do Norte: um enfoque na Depressão Sertaneja. **REGNE**, Natal, v. 2, p.221-321, 2016.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 2030 - Objetivo 15**. [201-]. n.p. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods15/>. Acesso em: 19 jun. 2018.

PACHECO, A. P. *et al.* Desertificação: Contextualização e Sensoriamento Remoto. **Estudos Geológicos**, Recife, v. 24, n. 2, p. 109-126, set. 2014.

PAREYN, F. G. C. A importância da produção não-madeireira na Caatinga. In: GARIGLIO, M. A. *et. al.* (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro. 2010. p. 131-144.

PEIXÔTO, M. C. S.; PEREIRA NETO, M. C. Perspectivas e Desafios das Políticas Públicas e Ambientais aplicadas à Desertificação na cidade de Assú /RN. In: SEABRA, Giovanni (org.). **Terra: Políticas Públicas e Cidadania**. Ituiutaba, Mg: Barlavento, 2018. p. 133-143.

PEREIRA FILHO, J. M.; BAKKE, O. A. Produção de Forragem de Espécies Herbáceas da Caatinga. In: GARIGLIO, M. A. *et. al.* (Org.). **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da Caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Serviço Florestal Brasileiro, 2010. Cap. 3. p. 145-159.

- PEREIRA NETO, M. C. **Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB – BRASIL)**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.
- PEREIRA NETO, M. C. **Predisposição à Desertificação no Núcleo Seridó (RN - Brasil):** Geoecologia de Paisagens Semiáridas. 2016. 197 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- PEREIRA NETO, M. C.; FERNANDES, E. **Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB – BRASIL)**. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 6, n. 3, p.399-411, jul-set. 2015.
- PINHEIRO, S. M. G. **Espécies Vegetais do Bioma Caatinga com potencial como Bioindicador da Qualidade Ambiental**. II Workshop Internacional sobre água no semiárido brasileiro. 7 p., nov, 2015.
- PRUDÊNCIO, M. A; CÂNDIDO, D. K. Degradação da vegetação nativa do município de Assú/RN: indicadores e ações mitigadoras. **Sociedade e Território**, Natal, v. 21, n. 1, p.144-156, 2009.
- PFALTZGRAFF, P. A. S. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. In: PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. (ORG.). Recife: CPRM, 2010.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental: Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da teoria Geossistêmica**. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 370 p.
- RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 4. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 222 p.
- RODRIGUES, Z. M. R. **Sistema de Indicadores e Desigualdade Socioambiental Intraurbana de São Luís-MA**. 2010. 209 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Geografia Humana, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- ROSS, J.L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. Editora Contexto. São Paulo. 1990.
- \_\_\_\_\_. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**. FFLCH-USP, n. 06, São Paulo, 1992.
- \_\_\_\_\_. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. FFLCH-USP, n. 08, p. 63-74. 1994.
- \_\_\_\_\_. Análises e sínteses na abordagem Geográfica da Pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da USP**. São Paulo. n. 09, p.65-75, 1995.
- \_\_\_\_\_. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 9ª. ed. São Paulo: Contexto, 2014.
- SÁ, I. B; SILVA, P. C. G. **Semiárido Brasileiro: Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 402 p.: il. color; 22 cm.
- SAUER, C. A morfologia da paisagem. **Publicações em Geografia**, Califórnia, v. 2, n. 2, p.19-54, 1925.
- SALES, M. C. L. Evolução dos estudos de Desertificação no Nordeste Brasileiro. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 14, p.9-19, 2003.

SANTOS, T. C. G.; LUZ, E. L. P.; EL-DEIR, S. G. Avaliação de espécies vegetais como Bioindicadores de Áreas Degradadas na Caatinga. **CONIDIS**, Campina Grande, v. 4, n. 13, p.52-67, ago. 2011.

SEBRAE – SERVIÇO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO RIO GRANDE DO NORTE. **Vamos para o Vale do Açu**. 2017. Disponível em: <http://www.rn.sebrae.com.br/valedoacu/assu-historico#conteudo>. Acesso em: 11 ago. 2019.

SILVA, R. M. A. Entre dois paradigmas: combate à seca e convivência com o semi-árido. **Sociedade e Estado**, Brasília, v. 18, n. 1/2, p. 361-385, jan./dez. 2007.

SILVA, J. N. B. *et al.* Índice de vegetação como subsídio na identificação de áreas com potenciais à desertificação. **Journal Of Environmental Analysis And Progress**. Dsflrstyk, p. 358-367. ago. 2017.

SILVA FILHO, R. I. **A gestão dos resíduos sólidos na microrregião do Vale Do Açu: desafios e perspectivas do consórcio regional de saneamento básico**. 2019. 309 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

SOARES, D. B.; MOTA FILHO, F. O; NÓBREGA, R. S. Sobre o Processo de Desertificação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 1, p.174-188, ago. 2011.

SOUSA, M. L. M. **Susceptibilidade à degradação/desertificação na sub-bacia hidrográfica do riacho Feiticeiro (Ceará/Brasil) e na microbacia da Ribeira Grande (Santiago/Cabo Verde)**. 2016. 215 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SOUSA, W. R. N. **Estimativa de tendência de séries temporais de imagens de sensoriamento remoto para análise de evolução de processos de desertificação**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ciência da Computação, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2012.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C; LIMA, E. R. V. Caatinga e Desertificação. **MERCATOR**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p.131-150, abr. 2015.

SOUZA, M. J. N. Bases Geoambientais e Esboço do Zoneamento Geoambiental do Estado do Ceará. In: LIMA, L. C. (Org.) **Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará**. Fortaleza: FUNECE, 2000.

SOUZA, R. J. **O sistema GTP (Geossistema-Território-Paisagem) aplicado ao estudo sobre as dinâmicas socioambientais em Mirante do Paranapanema-SP**. 2010. 190 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2010.

SOUZA, R. S. **Avaliação Espaço-Temporal do Processo de Desertificação em Sub-Bacias Hidrográficas do Rio Paraíba no Semiárido do Brasil**. 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Acadêmico em Geografia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

SOTCHAVA, V. B. O estudo de geossistemas. **Métodos em Questão**. Instituto de Geografia. USP, São Paulo: Ed. Lunar, 1977. 51 p.

SUDENE – SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE.

**Levantamento exploratório** - reconhecimento de solos do estado do Rio Grande do Norte. Recife, 1971.

SCHIER, R. A. Trajetórias do conceito de Paisagem na Geografia. **RA'EGA**, Curitiba, n. 7, p.79-85. 2003.

SPÖRL, C; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP** – Espaço e Tempo. São Paulo, SP. N. 15. 2004.

THORNTHWAITE, C. W. **Atlas of climatic types in the United States, 1900-1939**. 1941. Disponível em: [https://archive.org/details/atlasofclimatic421thor\\_0/page/n6](https://archive.org/details/atlasofclimatic421thor_0/page/n6). Acesso em: 13 abr. 2018.

TRENTIN, R. **Mapeamento Geomorfológico e Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil**. 2011. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, SUPREN, 1977. 97 p.

UNCSD – UNITED NATIONS CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Declaração Final da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (RIO + 20): O Futuro que queremos**. Rio de Janeiro, 2012. 55 p.

UNCCD – UNITED NATIONS CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION. **What is Desertification?** 2018. Disponível em: <https://www.unccd.int/>. Acesso em: 10 abr. 2018.

USGS – UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Using the USGS Landsat 8 Product**. 2018. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 19 jul. 2019.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para Identificação de Processos de Desertificação**. Recife, SUDENE, 1978.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Processos de desertificação ocorrentes no nordeste do Brasil: sua gênese e sua contenção**. Recife: SUDENE, 1982. 101 p.

ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. UNESP, 2010.

ZANOTTA, D. C. **Processamento de imagens de satélite**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. 320 p.