



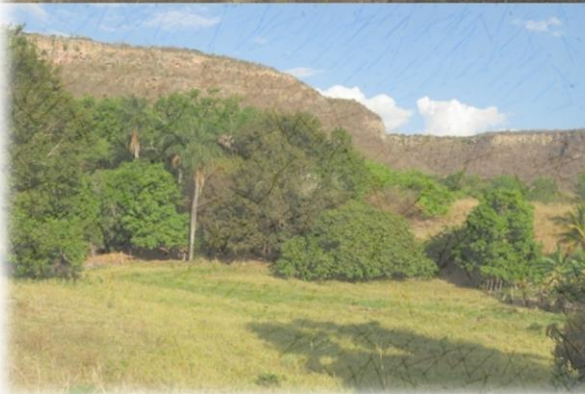
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
MESTRADO EM GEOGRAFIA**



MIRELLE OLIVEIRA SILVA



**IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS EM
CABECEIRAS DE DRENAGEM - CHAPADA DO ARARIPE, NORDESTE DO
BRASIL**



**João Pessoa/PB
Fevereiro/2022**

MIRELLE OLIVEIRA SILVA

IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS EM CABECEIRAS
DE DRENAGEM - CHAPADA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia - Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Trabalho, Território e Ambiente.

Linha de pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza

Coorientadora: Prof^a Dr^a Maria Daniely Freire Guerra

João Pessoa/PB
Fevereiro/2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586i Silva, Mirelle Oliveira.

Identificação e classificação de áreas úmidas em cabeceiras de drenagem - Chapada do Araripe, nordeste do Brasil / Mirelle Oliveira Silva. - João Pessoa, 2022.

120 f. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza.

Coorientação: Maria Daniely Freire Guerra.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Geografia. 2. Semiárido. 3. Parâmetros ambientais. 4. Hidrogemorfologia. 5. Áreas úmidas. I. Souza, Jonas Otaviano Praça de. II. Guerra, Maria Daniely Freire. III. Título.

UFPB/BC

CDU 911(043)

"IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS ÚMIDAS EM CABECEIRAS DE DRENAGEM - CHAPADA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL"

por

Mirelle Oliveira Silva

**Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-graduação
em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito total para obtenção do grau de Mestre
em Geografia.**

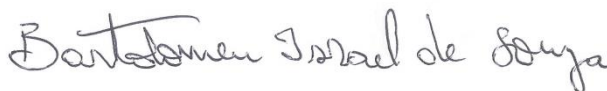
Área de concentração: Território, trabalho e Ambiente.
Aprovado por:



Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza
Orientador



Profª. Drª. Maria Daniely Freire Guerra
Coorientadora



Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza
Examinador interno



Prof. Dr. Antônio Pereira Magalhães Junior
Examinador externo



Profª. Drª. Simone Cardoso Ribeiro
Examinadora externa

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-graduação em Geografia
Cursos de Mestrado e Doutorado em Geografia**

Fevereiro/2022.

À minha mãe e a meu pai, meu porto seguro
com amor, dedico!

AGRADECIMENTOS

É com o coração cheio de gratidão que escrevo de maneira feliz esta página de agradecimento. Destaco que nessa folha, agradeço não somente as pessoas que contribuíram com este trabalho, mas as pessoas que me apoiaram e incentivaram ao longo desses dois anos, assim:

Agradeço primeiramente e especialmente a meu DEUS por ter me permitido concretizar mais esse sonho.

À toda minha família, em especial à minha mãe e meu pai, pela luta incansável e pelas motivações diárias para que eu pudesse conseguir chegar até aqui. Obrigada, vocês são minha fonte de inspiração!

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jonas Souza por toda paciência, dedicação ao trabalho e por ser presente, isso faz toda diferença. Muito obrigada, Jonas!

À minha coorientadora, Prof^a. Dr^a Daniely Guerra por todo incentivo, atenção ao trabalho e paciência durante esses dois anos. Ah, agradeço ainda por ter me apresentado a este universo das AUs, é instigante!

Aos funcionários de modo geral que compõem o PPGG-UFPB por toda ajuda nesses dois anos.

Aos professores (as) da banca: Prof^a. Dr^a. Simone Cardoso Ribeiro, Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza e o Prof. Dr. Antônio Magalhães Junior por aceitarem avaliar e do mesmo modo contribuir com este trabalho.

Ao Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiáridos pelo acolhimento e pelo apoio durante esses dois anos. Gratidão!

À Pedro Wallas pelas palavras de incentivo, apoio e por ter me ajudado a seguir firme até aqui! Obrigada, Pedro!

À Nádson Ricardo por toda dica compartilhada, pelas trocas de conhecimento e pelas palavras de encorajamento, isso fez toda diferença durante estes dois anos!

À Camila Santos, que com toda paciência, me auxiliava sempre que precisava! Obrigada, Camila!

À Wanessa Martins por todo apoio durante os campos da pesquisa e ainda no pós-campo! Gratidão!

À Vinicius Luna e Celiane Januário por sempre me apontar boas dicas para a construção do trabalho. Muito obrigada!

Às pessoas que encontramos durante a realização dos campos, as quais sempre compartilham informações valiosas das áreas estudadas. Gratidão!

À coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos nesses últimos meses do desenvolvimento da pesquisa.

À todos que contribuíram direta ou indiretamente para a construção desse trabalho, muito obrigada!

*Comece fazendo o que é necessário,
depois o que é possível, e de repente
você estará fazendo o impossível.*

São Francisco de Assis

RESUMO

O semiárido brasileiro é marcado pelos baixos índices pluviométricos, associados a longos períodos de estiagem. Todavia, embora apresente estas características, em virtude de sua grande diversidade ambiental, a região abriga pequenas áreas, as quais, em parte, apresentam constante umidade, como solos alagados acompanhados por fitofisionomias adaptadas a essas condições de saturação. Estes espaços são comumente denominados de Áreas Úmidas (AUs). Esses ambientes se distribuem por várias regiões do planeta e possuem os mais variados tamanhos. Entretanto, em regiões de clima seco, essas áreas, grosso modo, apresentam-se pequenas, mas funcionam como pontos de acesso para populações que residem próximo, além de funcionar como abrigo para diversas espécies de animais, especialmente nos períodos de estiagem. Nesse sentido, os estudos relativos à AUs manifestam substancial importância. Por esse motivo buscou-se desenvolver este trabalho com o objetivo de identificar e classificar as Áreas Úmidas associadas a cabeceiras de drenagem na Chapada do Araripe, nordeste do Brasil. Para a efetivação deste estudo, calcado neste objetivo, foram realizadas aquisição de bases cartográficas de origem digital (vetor e raster), assim como produção de mapas temáticos, foi feito o planejamento e a determinação dos pontos a serem visitados no campo, posteriormente foi definido e realizado o reconhecimento das AUs, ainda foram estabelecidos os parâmetros ambientais e os pontos representativos, em seguida houve a definição das AUs representativas e por fim, a caracterização e classificação das AUs. A partir do desenvolvimento destas etapas, obtiveram-se os resultados. Estes apontaram a relação existente entre as condições hidrogeológica e hidrogeomorfológica, especialmente, no desenvolvimento e manutenção das AUs na Chapada do Araripe. Entre os parâmetros aplicados, o TWI, a curvatura do terreno, a declividade e a altitude se mantiveram constantes, mostrando-se oportunos para o estudo relativo à AUs em áreas de cabeceira. Além disso, outro ponto destacado na caracterização das AUs foi o intenso uso da terra, uma vez que são ambientes que dispõe de um maior aporte hídrico, podendo tal fato associar-se com a intermitência, que 4 das 6 Áreas Úmidas apresentaram. Quanto a classificação, salienta-se que as AUs da Chapada do Araripe apresentaram 4 classes: AUs planas com fundo de vale canalizado; AUs planas com fundo de vales não canalizado; AUs côncavas com fundo de vale canalizado; e AUs côncavas com fundo de vale não canalizado. A classificação foi realizada por meio, principalmente, de critérios hidrogeomorfológicos. Nesse sentido, pode-se concluir que as AUs da Chapada do Araripe são mantidas especialmente pelas condições hidrogeomorfológicas e hidrogeológicas, dessa forma, os parâmetros geomorfológicos apresentaram-se imprescindíveis para a caracterização e classificação das AUs. Observou-se ainda a existência de uma relação entre as AUs de regime intermitente com a degradação ambiental da área, e por fim que a classificação utilizando critérios hidrogeomorfológicos mostrou-se eficiente, considerando o contexto escultural e hidrológico exposto pela Chapada do Araripe, de modo geral.

Palavras-Chave: Semiárido; Parâmetros ambientais; Hidrogeomorfologia; Áreas Úmidas.

ABSTRACT

The Brazilian Semi-arid is marked by the low rainfall rates, associated with long periods of drought. Yet, even showing these characteristics, due to its vast environmental diversity, the region has small areas which, in most part, shows constant humidity, like flooded soils accompanied by phytophysiology adapted to these saturation conditions. These spaces are commonly called Wetlands (WLs). These environments are spread over several regions of the planet, and they have the most varied sizes. However, in dry climate regions, these areas, broadly, are small, but work as access points for people who live nearby, in addition to functioning as shelter for many animal species, specially in drought periods. In this sense, the studies about the WLs show substantial importance. For this matter, sought to develop this work with the objective of identify and classify the wetlands associated with the headwaters in Araripe plateau, Brazilian northeast. For this study to be carried out, based on this objective, acquisition of cartographic bases of digital origin (vector and raster) were carried out, as well as were produced thematic maps; the planning and determination of the points to be visited were done, posteriorly was defined and carried out the reconnaissance of the WLs, still were established the environmental parameters and the representative points, then there was the choice of the representative WLs and at last the characterization and classification of the WLs. From the development of these steps, the results were obtained. These pointed to an existing relation between the hydrogeological and hydrogeomorphologic conditions, especially, in the development and maintenance of WLs in Araripe plateau. Among the applied parameters, the TWI, the curvature of the ground, the slope and the altitude remained constant, proving opportune to the study related to WLs in headwaters areas. Beyond that, another highlighted point in the WLs characterization was the intense usage of earth, once they are environments that have a greater water supply, this fact may be associated with the intermittence, that 4 from the 6 wetlands presented. Concerning the classification, stands out that the Araripe plateau WLs show 4 kinds: plain WLs with channeled valley bottom; plain WLs with not channeled valley bottom; concave WLs with channeled valley bottom; and concave WLs with not channeled valley bottom. The classification was carried out through, mainly, the hydrogeomorphological criteria. In this sense, it can be concluded that the Araripe plateau WLs are maintained especially because the hydrogeomorphological and hydrogeological conditions, in this way, the geomorphological parameters are essential for the characterization and classification of the WLs. It was observed the existence of a relation between the intermittent regime WLs and the environmental degradation of the area, and at last that the classification using hydrogeomorphological criteria proved to be efficient, considering the sculptural and hydrological context of the Araripe plateau, broadly.

Keywords: Semi-arid; Environmental Parameters; Hydrogeomorphology; Wetlands.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Chapada do Araripe	21
Figura 2 - Mapa geológico da Chapada do Araripe	25
Figura 3 - Mapa dos compartimentos geomorfológicos da Chapada do Araripe e adjacências	28
Figura 4 - Modelo Digital de Elevação da Chapada do Araripe	29
Figura 5 - Exposição dos contatos litológicos da Chapada do Araripe	30
Figura 6 - Mapa de declividade da Chapada do Araripe	32
Figura 7 - Médias pluviométricas anuais – série 1977-2006.....	35
Figura 8 - Mapa de vegetação e uso da terra da Chapada do Araripe	41
Figura 9 - Palmeira Buriti (<i>mauritia flexuosa</i>)	56
Figura 10 - Distribuição da palmeira <i>Mauritia flexuosa</i>	56
Figura 11 - Mapa dos pontos visitados evidenciando as áreas compostas por AUs e os pontos representativos	71
Figura 12 - Áreas definidas como AUs	72
Figura 13 - Áreas que não se caracterizam como AUs	73
Figura 14 - AUs com vegetação conservada	74
Figura 15 - AUs que apresentam áreas descampadas.....	75
Figura 16 - Trechos correspondentes a AU em Jardim/CE.....	78
Figura 17 - Perfis laterais da AU situada em Jardim/CE.....	79
Figura 18 - Mosaico detalhado da AU em Jardim/CE	80
Figura 19 - Trechos correspondentes a AU em Barbalha/CE	81
Figura 20 - Perfis laterais da AU situada em Barbalha/CE	82
Figura 21 - Mosaico detalhado da AU em Barbalha/CE.....	83
Figura 22 - Perfis laterais da AU em Exu/PE.....	85
Figura 23 - Mosaico detalhado da AU em Exu/PE	85
Figura 24 - Trecho correspondente a AU em Exu/PE. Área descampada, utilizada para agropecuária.....	86
Figura 25 - Trecho correspondente a AU em Bodocó/PE. A imagem mostra parte da área destinada ao plantio de bananeira.	87
Figura 26 - Perfis laterais da AU em Bodocó/PE.....	88
Figura 27 - Mosaico detalhado da AU em Bodocó/PE	89

Figura 28 - Trecho correspondente a AU em Salitre/CE. Área descampada, utilizada para o plantio de capim para alimentação bovina	90
Figura 29 - Perfis laterais da AU em Salitre/CE	91
Figura 30 - Mosaico detalhado da AU em Salitre/CE.....	92
Figura 31 - Trecho correspondente a AU em Santana do Cariri/CE.....	93
Figura 32 - Perfis laterais da AU em Santana do Cariri/CE.....	94
Figura 33 - Mosaico detalhado da AU em Santana do Cariri/CE	95
Figura 34 - Gráficos destacando a disposição dos vales onde se desenvolvem AUs da Chapada do Araripe	102
Figura 35 - Imagem exemplificando a AU plana com fundo de vale não canalizado.....	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 36 - Imagem exemplificando a AU plana com fundo de vale canalizado	111
Figura 37 - Imagem exemplificando a AU côncava com fundo de vale não canalizado	112
Figura 38 - Imagem exemplificando a AU côncava com fundo de vale canalizado.....	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Unidades litoestratigráficas componentes da Chapada do Araripe.....	22
Quadro 2 - Trimestres mais secos e chuvosos dos municípios do Ceará, Pernambuco e Piauí	37
Quadro 3 - Índices pluviométricos agrupados dos trimestres mais secos e chuvosos	37
Quadro 4 - Síntese dos parâmetros e métodos empregados no estudo de Áreas Úmidas	61
Quadro 5 - Parâmetros definidos preliminarmente para diferenciação de AUs e não AUs....	65
Quadro 6 - Parâmetros definidos para análise das AUs na Chapada do Araripe	66
Quadro 7 – Informações detalhadas acerca dos dados utilizados para análise e formas de obtenção de cada parâmetro	66
Quadro 8 - Classes de AUs da Chapada do Araripe	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de parâmetros estabelecidos para as AUs representativas.....	77
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

- APA** – Área de Proteção Ambiental
- AU** – Área Úmida
- CCM** – Complexo Convectivo de Mesoescala
- CPRM** – Serviço Geológico do Brasil
- DNPM** – Departamento Nacional de Produção Mineral
- FLONA** – Floresta Nacional do Araripe
- GPR** – *Ground Penetrating Radar*
- GPS** – *Global Positioning System*
- HGM** – Hidrogeomorfologia
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPA** – Instituto Agrônomo de Pernambuco
- Ka** – Milhares de anos
- LI** – Linhas de Instabilidade
- MDE** – Modelo Digital de Elevação
- NE** – Nordeste
- SIG** – Sistema de Informação Geográfica
- SRTM** – *Shuttle Radar Topography Mission*
- TWI** – *Topographic Wetness Index*
- UC** – Unidade de Conservação
- UFPB** – Universidade Federal da Paraíba
- USGS** - *Geological Survey*
- VANT** – Veículo Aéreo Não Tripulado
- VCAS** – Vórtice Ciclônico de Ar Superior
- W** – *West*
- ZCIT** – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral:	19
2.2 Objetivos Específicos:.....	19
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	20
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	44
4.1 Áreas Úmidas: definições e classificações.....	44
4.2 Wetlands in drylands: controles ambientais para ocorrência de Áreas Úmidas em terras secas	49
4.3 AUs associadas às áreas de cabeceiras: contexto neotropical	54
4.4 Métodos e procedimentos de análise dos condicionantes ambientais das AUs.....	58
5 METODOLOGIA.....	62
5.1 Aquisição de bases cartográficas e produção de mapas temáticos	63
5.2 Determinação dos pontos a serem visitados no campo exploratório	62
5.3 Definição e reconhecimento das AUs	64
5.4 Estabelecimento dos parâmetros ambientais e dos pontos representativos.....	65
5.5 Definição das AUs representativas.....	68
5.6 Caracterização e Classificação das AUs de cabeceira de drenagem na Chapada do Araripe.....	68
5.6.1 Caracterização dos pontos representativos	68
5.6.2 Separação e classificação dos tipos.....	69
6 RESULTADOS	69
6.1 Caracterização inicial das áreas visitadas	69
6.2 AUs representativas: dinâmica e estruturação	76
7 DISCUSSÕES	96

7.1 Análise relativa aos parâmetros destacados no trabalho.....	96
7.2 Apontamentos sobre a implicação da conservação e degradação para manutenção das condições ecológicas nas Áreas Úmidas.	104
7.3 Classificação das AUs da Chapada do Araripe	107
7.3.1 AUs planas.....	108
7.3.2 AUs côncavas.....	108
7.3.3 AUs com fundo de vale canalizado	108
7.3.4 AUs com fundo de vale não canalizado	108
7.4 Classes das AUs.....	109
7.4.1 – AU plana com fundo de vale não canalizado	109
7.4.2 – AU plana com fundo de vale canalizado	110
7.4.3 – AU côncava com fundo de vale não canalizado	111
7.4.4 – AU côncava com fundo de vale canalizado	112
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	114
REFERÊNCIAS	115

1 INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é marcado por sua forte expressão climática, a qual apresenta-se marcada por um longo período de estiagem. No entanto, embora a região apresente essa característica, suas paisagens contemplam, mesmo que de modo pontual, Áreas Úmidas, que em grande parte, apresentam constante umidade, solos alagados acompanhados por fitofisionomias adaptadas a essas condições de saturação.

As Áreas Úmidas – AUs (*wetlands*) – são encontradas em várias regiões do planeta, como em áreas temperadas, subtropicais, e ainda em zonas tropicais, as quais incluem as áreas semiáridas do Brasil. Todavia, nas regiões de clima semiárido esses ambientes apresentam importância substancial, uma vez que constituem sistemas que dispõem de um significativo aporte hídrico advindo de águas subsuperficiais ou superficiais drenadas no ambiente. Ademais, estas áreas atuam como pontos de acesso para populações que residem próximo, além de funcionar como abrigo para diversas espécies de animais, especialmente nos períodos de estiagem.

Estes espaços são definidos por Cunha (2015, p.37) como ambientes “periodicamente ou continuamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica” (CUNHA *et al.*, 2015, p. 37).

Nesse sentido, dentre os espaços onde as Áreas Úmidas podem se desenvolver, destaca-se neste trabalho a disposição de AUs associadas a cabeceiras de drenagem, as quais se desenvolvem no domínio das encostas (COELHO-NETTO, 2003), correspondendo, geralmente, ao local de exsudação do nível freático. Esses ambientes podem abrigar AUs perenes ou intermitentes, a depender do contexto hidrológico/hidrogeológico local, além do cenário de conservação do ambiente. No semiárido nordestino, comumente tem-se nascentes de regime intermitente, condição que acaba afetando a formação e manutenção das AUs.

A associação das Áreas Úmidas a ambientes de cabeceira de drenagem oportuniza o desenvolvimento de estudos com foco em AUs de pequeno porte, como objetiva este trabalho, considerando que grande parte dos estudos relativos a Áreas Úmidas no Brasil voltam-se para análises das AUs de maior extensão espacial. Todavia, é possível e necessário explorar e analisar espaços de pequeno porte e em locais com menor probabilidade de ocorrência, como em áreas de cabeceiras de drenagem (GUIMARÃES *et al.*, 2019) inseridas no contexto do semiárido.

Além disso, os estudos sobre Áreas Úmidas na região nordeste concentram-se em regiões litorâneas (SILVA; COSTA, 2016, SALDANHA; COSTA, 2019). Assim, os trabalhos acerca de AUs no semiárido são escassos. Por esse motivo a dinâmica e a funcionalidade destes ambientes nessa região são pouco conhecidas.

As AUs são mantidas em regiões de clima seco, em virtude da atuação de controladores ambientais, estruturais e esculturais, os quais viabilizam seu funcionamento. Desse modo, este trabalho busca contribuir com a compreensão da dinâmica e funcionamento de AUs inseridas no domínio do semiárido, a partir da análise dos controladores ambientais, como o contexto geológico, geomorfológico, pedológico, hidrogeológico, hidrogeomorfológico e vegetacional, atentando para as diferenciações destas áreas geradas a partir da ação dos parâmetros que controlam a gênese e manutenção das AUs.

Para tanto, elegeu-se ambientes influenciados pela Chapada do Araripe para compor este estudo, uma vez que apresentam diferentes contextos ambientais no seu entorno gerando uma diversidade de AUs. Além disso, a Chapada do Araripe é percebida como espaço singular no contexto do semiárido. Nesse sentido, os estudos relativos a dinâmica das AUs inseridas nesse contexto tornam-se urgentes e necessários.

À vista disso, como hipótese, este estudo enfatiza que as Áreas Úmidas são mantidas em trechos do sopé e encosta da Chapada do Araripe em virtude da atuação dos controladores ambientais, com destaque para a hidrogeomorfologia. Acredita-se que este apresenta-se como elemento essencial, o qual sumariza a ação dos demais controladores, para o desenvolvimento e manutenção de Áreas Úmidas, notadamente em ambientes relativos a cabeceiras de drenagem.

Este trabalho encontra-se estruturado em nove partes. A primeira consiste na introdução, contendo a apresentação da temática, a segunda os objetivos da pesquisa. Posteriormente, é apresentada a caracterização da área de estudo. Como a quarta parte tem-se o referencial teórico. A quinta é composta pelos procedimentos metodológicos. Na sexta parte tem-se os resultados do trabalho, na sétima as discussões. Por fim, a oitava parte corresponde às considerações finais e a nona às referências utilizadas no trabalho.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Identificar e Classificar as Áreas Úmidas associadas a cabeceiras de drenagem na Chapada do Araripe, a partir do reconhecimento dos fatores ambientais controladores de sua gênese e dinâmica.

2.2 Objetivos Específicos:

- Identificar e caracterizar as Áreas Úmidas associadas a cabeceiras de drenagem;
- Reconhecer e analisar os fatores ambientais controladores e as suas diferenças nas Áreas Úmidas identificadas;
- Classificar as Áreas Úmidas, associando aos parâmetros ambientais definidos.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

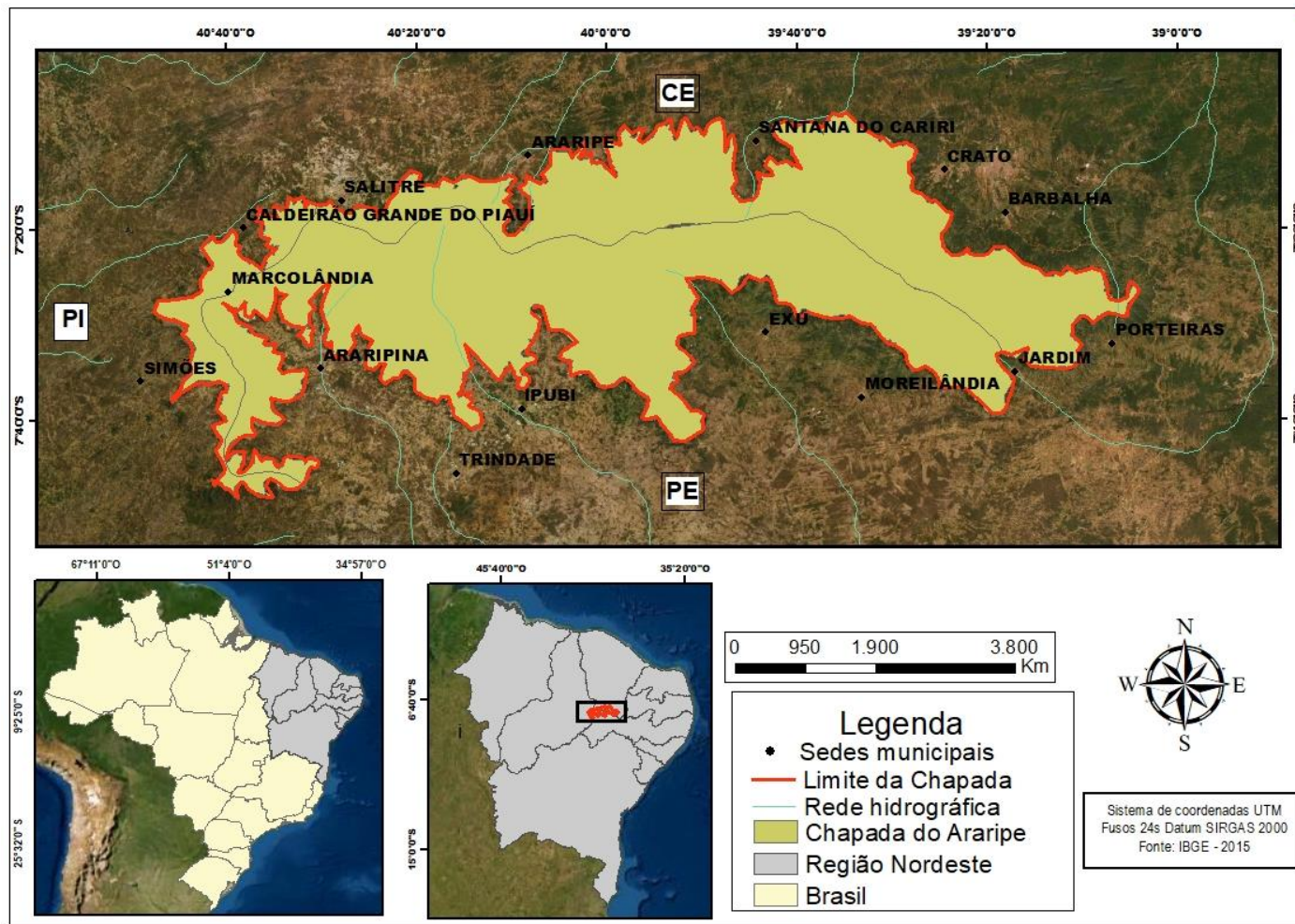
Área úmida (*wetland*) é um termo genérico usado para designar ambientes sujeitos a inundações permanentes ou periódicas, suficiente para formação de solos hidromórficos e acomodação de vegetação hidrófita. Uma imensa variedade de Áreas Úmidas pode ser encontrada em todo o mundo. Essa diversidade associa-se a inúmeras paisagens, e se diferenciam principalmente pelas características geomorfológicas, hidrológicas, bem como hidrogeológicas que estes ambientes apresentam.

Nesse trabalho, serão analisadas Áreas Úmidas encontradas em setores do sopé e encosta da Chapada do Araripe. A figura 1 expõe a localização da Chapada, a qual se integra à formação da Bacia Sedimentar do Araripe. Esta formação estrutural, configura-se como uma bacia intracratônica, situada dentro dos limites da província Borborema (SILVA *et al.* 2003; MORAIS-NETO *et al.* 2005) e entre os lineamentos da Paraíba e Pernambuco. Sua estrutura encontra-se assentada ao Sul do estado do Ceará, fazendo parte ainda dos estados de Pernambuco e Piauí. Ademais, salienta-se ainda que a bacia em destaque “é a mais extensa dentre as bacias interiores do Nordeste do Brasil [...] e, em seu arcabouço estratigráfico [...] cada sequência foi formada num contexto paleogeográfico diferente integrado a outras bacias adjacentes” (ASSINE, 2007, p. 371).

Guerra (2019) ao tratar da evolução da Bacia Sedimentar em questão, expõe que as camadas encontram-se, “dispostas numa sequência de deposição fluvial/lacustre, marinha e fluvial novamente, submetida às condições de subsidência e soerguimentos regionais, dando origem a uma sequência de *horst* e *grabens* entulhados pelos sedimentos da Bacia do Araripe” (GUERRA, 2019, p. 46).

Com base na proposta de Assine (2007), considerando as séries deposicionais, a bacia em epígrafe apresenta as seguintes sequências litoestratigráficas: Formação Cariri de idade paleozoica, formações Brejo Santo e Missão Velha compreendidas no período Jurássico, Formação Abaiara – período Cetáceo, Formações Barbalha e Santana, esta última dividida em membros Crato e Romualdo, Formação Araripina e Formação Exu também de idade Cretácea (quadro 1).

Figura 1 - Localização da Chapada do Araripe



Elaboração: Elaborado pela autora (2021)

Quadro 1 - Unidades litoestratigráficas componentes da Chapada do Araripe

ÉON	ERAS	PERÍODOS	NOME DA UNIDADE	LITOTIPOS	IDADE (MA)
FANEROZOICO	CENOZOICO	NEÓGENO	Superfície colúvio-eluviais	Areia, argila, cascalho e laterita	23 a 2,6
	MESOZOICO	CRETÁCEO	Formação Exu	Arenito, arenito conglomerático, pelito e siltito	145 a 66
			Formação Araripina	Arenitos finos e lamitos	
			Formação Santana	Calcário, calcilito, marga e siltito	
		JURÁSSICO	Formação Missão Velha	Arenitos grossos a finos cm leitos conglomeráticos	201, 3 a 152, 1
	PALEOZOICO	CAMBRIANO	Corpo Granitoide Bodocó	Granodiorito e tonalito,	541 a 485,4
			Granitoide de Quimismo Indiscriminado	Granito, monzonito granodiorito e sienito	
		EDIACARANO	Grupo Ipueirinha	Metabasalto, metacalcário, metapelito e metapiroxenito	635 a 541
			NEOPROTEROZOICO	Corpo Granitoide	
	Suíte Intrusiva Itaporanga			Granito, granodiorito, monzogranito e sienito	
PROTEROZOICO	PALEOPROTEROZOICO	ESTATERIANO	Unidade Orós	Gnaisse aluminoso, milonito, metacalcário e rocha metavulcânica	1800 a 1600
	NEOARQUEANO		Complexo Granjeiro	Gnaisse, gradonidiorito, metacalcário e metabasalto	2800 a 2500

Fonte: Dados coletados na CPRM, 2015/Elaborado pela autora (2020)

A Chapada do Araripe, relevo incorporado a Bacia supramencionada, é constituída substancialmente pelas formações Exu, Araripina e Santana. A Figura 2 apresenta

estas unidades geológicas, com exceção da formação Araripina, tendo em vista que se encontra capeada pela formação Exu, assim como as áreas circundantes, as quais são formadas especialmente por terrenos cristalinos.

O espaço mapeado, corresponde a uma porção de 5 quilômetros a partir da borda da Chapada. Utilizou-se esse parâmetro uma vez que para a construção deste trabalho a área do entorno imediato apresenta-se adequada em razão das Áreas Úmidas se encontrarem refugiadas nas frações que envolvem os vales encaixados, bem como outras áreas das escarpas erosivas. Assim, a porção mapeada contempla a análise da dinâmica e interação da porção sedimentar junto à cristalina. Por esse motivo, as áreas mais afastadas da área de interesse da pesquisa não foram consideradas.

No que se refere às camadas litoestratigráficas componentes da Chapada do Araripe, nota-se a manifestação da formação Exu de modo predominante no platô, bem como nos rebordos do relevo, coadunado as formações Araripina e Santana, sendo esta, a unidade que ganha mais destaque, haja vista sua notória exposição na estrutura apresentada pela Chapada.

O mapa geológico (figura 2) apresenta, portanto, as formações sedimentares componentes da Bacia Sedimentar do Araripe, bem como as camadas correspondentes às áreas cristalinas, de modo geral. Dessa forma, cabe salientar que o embasamento cristalino sotoposto à Chapada do Araripe, evidenciado especialmente na porção oeste da Chapada (figura 2), faz parte dos vários domínios estruturais pertencentes à província Borborema, formados substancialmente por rochas magmáticas e metamórficas. O contato entre a área sedimentar e o conjunto cristalino é notório e do mesmo modo necessário para a compreensão do desenvolvimento e dinâmica das Áreas Úmidas supramencionadas.

No conjunto cristalino, as unidades variam da Era Neoarqueana à Era Paleozoica, período Cambriano. As formações pertencentes ao conjunto sedimentar possuem idade que se apresentam desde a Era Mesozoica, período Jurássico à Era Cenozoica, período Neógeno (quadro 1).

Se tratando do Complexo Granjeiro, nota-se que este constitui a unidade geológica mais antiga, formada durante o Neoarqueano (figura 2). Esta unidade, de acordo com os dados estabelecidos no quadro 1 é composta por Gnaisse, gradonidiorito, metacalcário e metabasalto, e concentra-se a norte e sudoeste da Chapada. Em seguida, tem-se a unidade Orós, formada no período Estateriano, formada, grosso modo, por Gnaisse aluminoso, milonito, metacalcário e rocha metavulcânica, constituindo a segunda unidade mais antiga (figura 2).

As unidades originadas na Era Neoproterozoica, período Ediacarano ganham destaque, uma vez que alcançam o maior número de camadas com a mesma idade geológica. Compõem esse grupo: Grupo Ipueirinha, Corpo Granitóide, Corpo Granitóide e Suite Intrusiva Itaporanga. Essas unidades acomodam-se a oeste e Sudoeste da Chapada (figura 2). Estas referidas camadas são formadas, grosso modo, por metabasalto, metacalcário Granito, granodiorito, monzogranito etc.

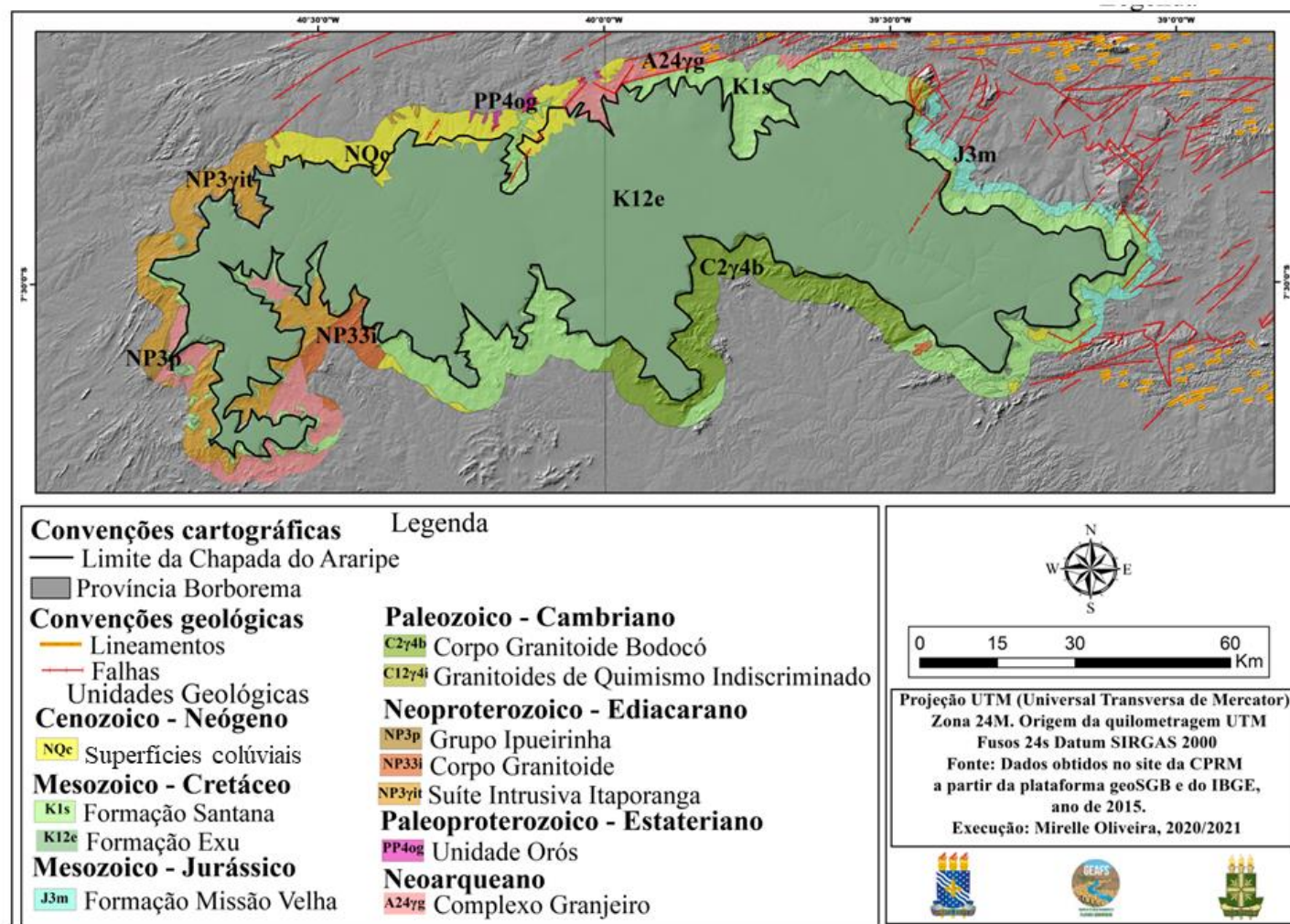
As unidades: Granitoide de Quimismo Indiscriminado e Corpo Granitoide Bodocó correspondem ao conjunto de unidades de origem mais recente, formados no Paleozoico. Estes corpos cristalinos são compostos por granodiorito, tonalito, granito, monzonito e sienito (quadro 1). A primeira unidade emerge na porção nordeste do mapa, distintamente do Corpo Granitoide Bodocó, o qual se assenta a sudeste, apresentando grande expressividade.

Do período Jurássico, tem-se a formação Missão Velha. Esta, de acordo com Assine (2007) “[...] tem espessura máxima de cerca de 200 m. É constituída por arenitos quartzosos, por vezes feldspáticos e/ou caolínicos, localmente conglomeráticos, portadores de abundantes troncos e fragmentos de madeira silicificada [...]” (ASSINE, 2007, p. 374).

As formações Santana e Exu originaram-se durante o período Cretáceo, como expõe a figura 2. Dessa forma, correspondem a unidades de origem mais recente, se comparada com os demais registros, com exceção das superfícies colúviais. As formações Exu, Santana, Araripina, bem como a formação Missão Velha e os depósitos colúvio-eluviais (figura 2) integram-se a Bacia Sedimentar do Araripe.

A formação Santana, por sua vez, encontra-se nos rebordos da Chapada como mostra a figura 2, a mesma divide-se em membro Crato (inferior) e Romualdo (superior). De modo genérico, as camadas componentes da formação Santana são compostas por calcário, calcilutito, marga e siltito (quadro 1). De acordo com Assine (2007), esta formação apresenta ainda folhelhos e evaporitos, sendo este último, “originados em ambientes costeiros (supramaré), sujeitos a variações relativas do nível do mar, em condições de clima árido a semi-árido” (ASSINE, 2007, p. 379).

Figura 2 - Mapa geológico da Chapada do Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A camada correspondente à formação Araripina é “constituída por ritmitos compostos por arenitos finos e lamitos, de colorações avermelhadas, arroxeadas e amareladas, neles ocorrendo intercalação dos corpos lenticulares de arenitos médios a grossos, com espessuras que ultrapassam três metros” (ASSINE, 2007, p. 381).

A formação Exu, corresponde a uma camada permeável, constituída, grosso modo, de arenitos, bem como de arenitos conglomeráticos (quadro 1). Na porção oeste da bacia, esses arenitos encontram-se sobrepostos por camadas de arenitos mais grossos, “com estratificação cruzada planar e acanalada”, já na parte leste “os arenitos são mais grossos e imaturos, com maior frequência de níveis conglomeráticos [...] numa associação de fácies características de sistemas fluviais entrelaçados” (ASSINE, 2007, p. 383).

As superfícies do tipo colúviais apresentam-se na porção noroeste, bem como na fração sudoeste do relevo, embora de forma menos expressiva. Esta concentração de sedimentos é originada em virtude do movimento de massa, gerados a partir do platô e das vertentes íngremes da Chapada. De idade Cenozoica, estes depósitos são constituídos, grosso modo, por areia, argila, cascalho e laterita, como exibe o quadro 1.

A geomorfologia da área, derivada das condições estruturais e esculturais do ambiente, apresenta a Chapada como principal unidade geomórfica, seguida de morro testemunho e depressão periférica, relevos típicos de bacias sedimentares (BASTOS *et al.*, 2016). Entretanto, no mapeamento realizado, buscou-se integrar outras classes de relevo, englobando também a área cristalina. A figura 3 demonstra, de modo geral, as formas identificadas na área da Chapada e adjacências.

Morais Neto *et al* (2005/2006 p. 116) afirmam que “a topografia da Chapada do Araripe é atribuída a um período de soerguimento relacionado (ou imediatamente posterior) ao evento de resfriamento do Neocretáceo, iniciado por volta de 100 - 90 Ma”. Além disso, ainda destaca que as características atuais do relevo derivam do processo de denudação e erosão diferencial, avalia-se “[..] que no mínimo 1.5 km de seção sedimentar foi removida por efeito de denudação” (MORAIS NETO *et al.* 2005/2006, p. 116). Nesse sentido, salienta-se que como consequência do processo denudacional de porções sedimentares, ocorre, de modo geral, em certas áreas a exumação do embasamento cristalino.

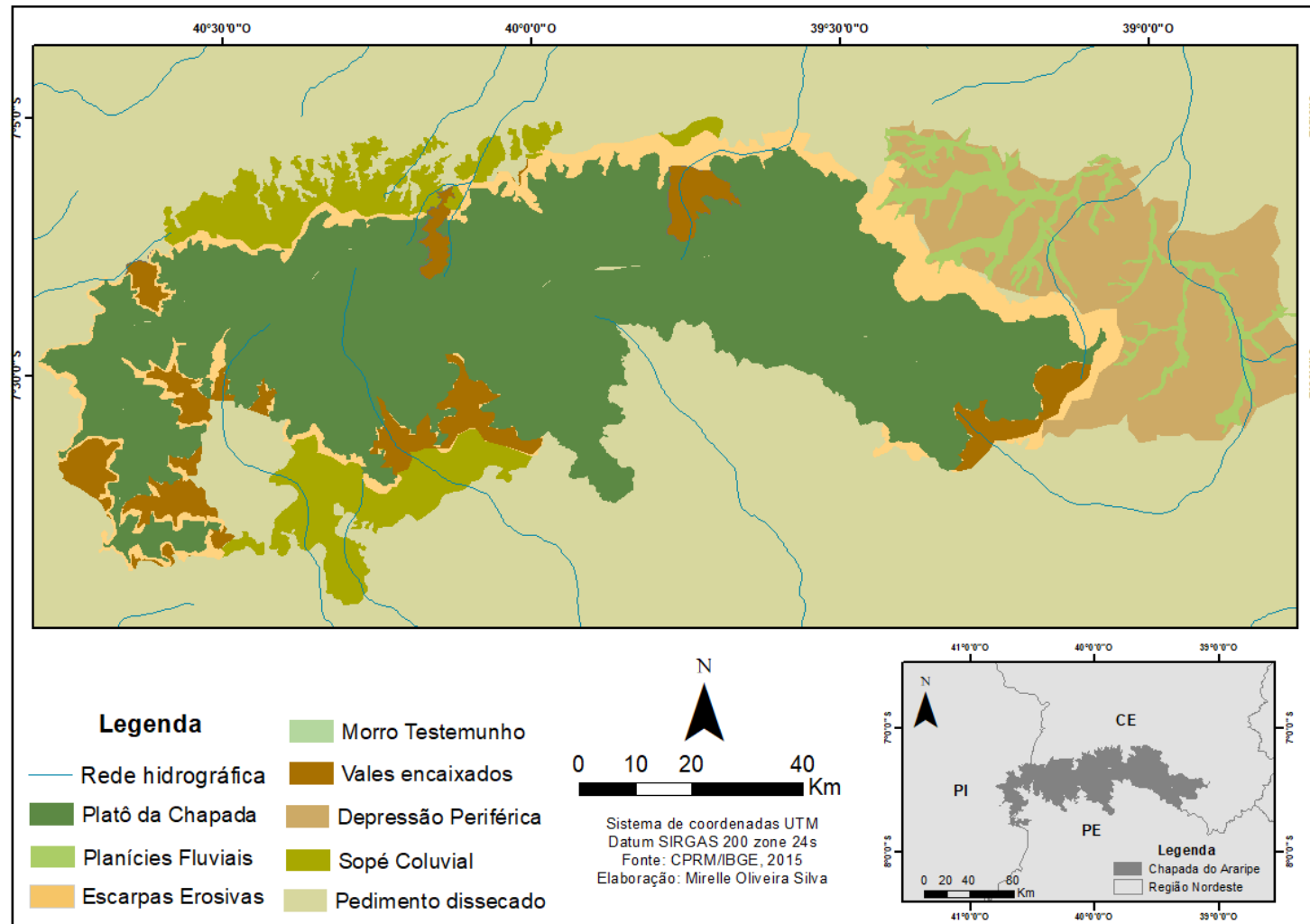
Nesse sentido, a Chapada “apresenta-se como uma meseta, cujo eixo maior se dispõe de leste para oeste, com extensão da ordem de 170 - 180 km. De norte para sul, a largura não ultrapassa 70 km [...]” (SOUZA; OLIVEIRA, 2006, p. 94). O seu platô (figura 3) alcança altitudes que variam de 700 a 1000 m, sentido oeste-leste, como apresenta o Modelo Digital

de Elevação (MDE) expresso na figura 4. No tocante a declividade, nota-se ao analisar o mapa apresentado na figura 6, que o topo expõe relevo plano a suave ondulado, ausente de feições de dissecação, uma vez que a permoporosidade da formação Exu não permite a formação de redes de drenagem no platô (CEARÁ/FUNCEME, 2012).

As escarpas erosivas, as quais interagem com o platô, são encontradas nos rebordos da Chapada e apresentam altitudes que oscilam de 600 a 800 m, aproximadamente (figura 4). Estas feições exibem declividade que variam do forte ondulado ao escarpado (figura 6), sendo formadas por rochas sedimentares da formação Exu, Araripina, Santana, bem como por rochas do estrato cristalino a porção oeste e ainda pelas superfícies colúvio-eluviais no setor noroeste do relevo (figura 2). Essas formas erosionais, constituídas por rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares, executam a comunicação entre o topo da Chapada e a base da mesma, a qual é constituída por áreas cristalinas e sedimentares.

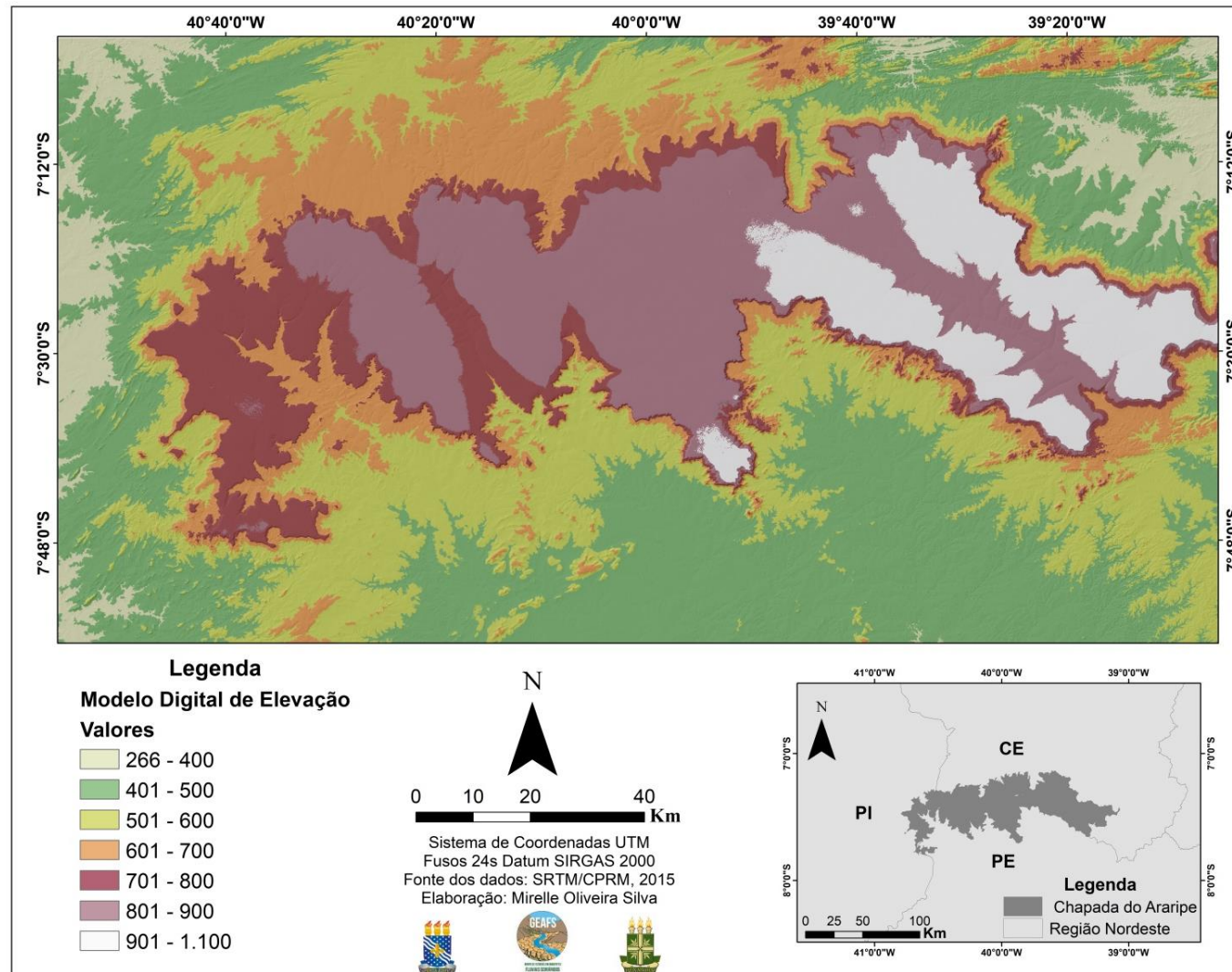
Nesse contexto, cabe salientar que o processo de erosão diferencial atuou e atua no recuo das escarpas erosivas, feições encontradas nos rebordos da Chapada. Peulvast e Bértad (2015) destacam que um nítido contraste morfológico pode ser observado entre o platô e as regiões circundantes a uma faixa de elevação entre 400 e 750 m. Os autores ainda salientam que a altura das escarpas diminui levemente para oeste.

Figura 3 - Mapa dos compartimentos geomorfológicos da Chapada do Araripe e adjacências



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Figura 4 - Modelo Digital de Elevação da Chapada do Araripe

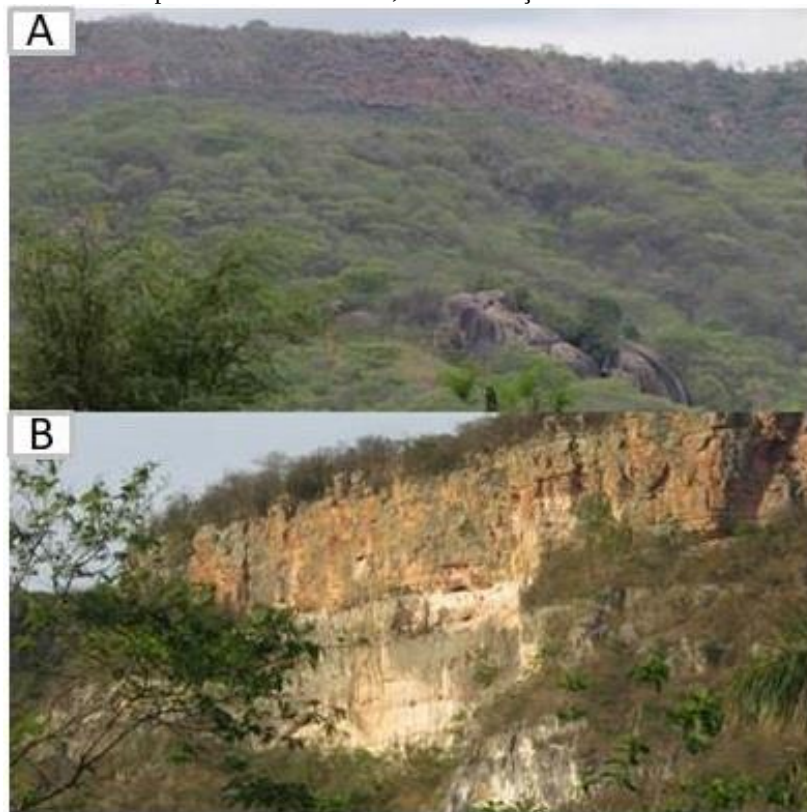


Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Dessa forma, observam-se diferentes contatos, como porções que apresentam a formação Exu com o Corpo Granitoide Bodocó (figura 5A), assim como a formação Exu superior com a fração inferior desta mesma camada (figura 5B), entre outros. O mapa de compartimentos do relevo expresso na figura 3 exibe essa relação de modo mais expressivo

Figura 5 - Exposição dos contatos litológicos da Chapada do Araripe

5A: Corpo Granitoide Bodocó; **5B:** Formação Exu



Fonte: Acervo da autora/ Souza (2020)

Outra feição esculpida pelos agentes exógenos e identificada na geomorfologia da região são os vales encaixados. Essas feições, em consonância com Marques *et al* (2014), assim como as escarpas erosivas, foram esculpidas especialmente pela erosão diferencial, a qual produziu anfiteatros em escala de quilômetros no flanco sul, mas originou também vales menores na porção norte da Chapada. Estes compartimentos encontram-se assentados sobre litologias da formação Exu, Araripina e Santana a norte, nordeste, leste e parte sudoeste do relevo, bem como em rochas cristalinas, especialmente a oeste e sudeste como expõe as figuras 2 e 3.

Os vales encaixados foram considerados nesse trabalho, uma vez que suas formas permitem um maior acúmulo de água e sedimentos, facilitando a acomodação de AUs. Geomorfologicamente, grande parte dessas feições abrigam cabeceiras de drenagem, as quais abrigam nascentes que alimentam canais de 1º ordem. Uma dessas formas observadas na

porção norte, encontra-se abrigada na área que cobre o município de Santana do Cariri, local que acomoda a Vereda do Vale do Buriti, subsistema situado em uma cabeceira com formato em *dale*, a qual se configura como um anfiteatro raso (GUERRA, 2019).

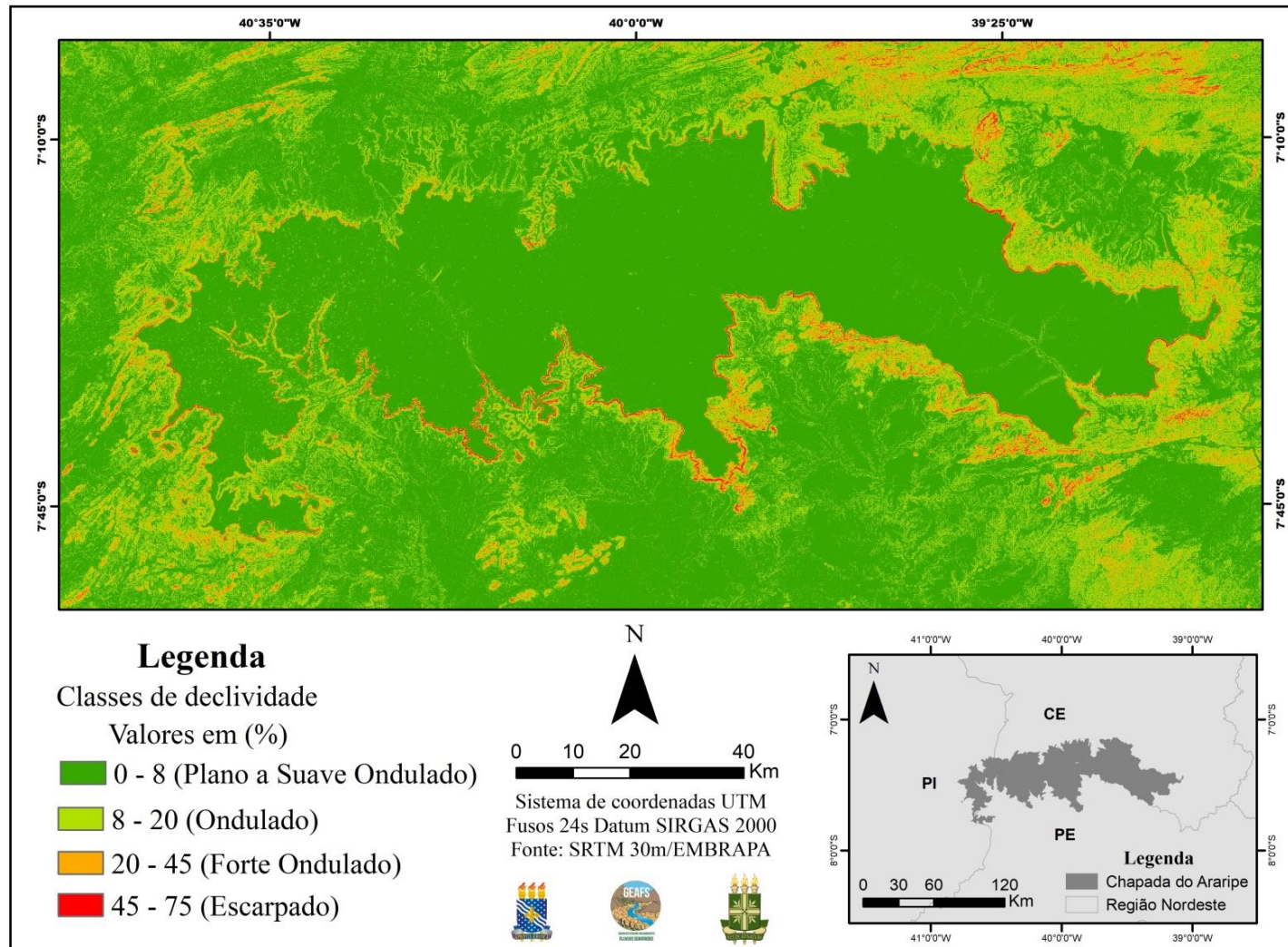
Esses vales encontram-se, especialmente na porção noroeste e sudoeste do relevo, sobrepostos ao sopé coluvial. O sopé, desse modo, exhibe altitudes entre 600 m no setor sudoeste e 700 m a noroeste do relevo. No que se refere à declividade, esta forma exhibe, de acordo com a figura 6, declividade suave ondulada, expondo terrenos mais conservados. Essas feições correspondem geologicamente aos depósitos do tipo colúvio-eluvial, os quais ganham destaque na fração noroeste e sudoeste do relevo (figura 3).

São formas encontradas sobrepostas a frações de rochas sedimentares da formação Santana, especificamente, assim como de rochas cristalinas presentes no pedimento dissecado. Segundo Cavalcanti *et al* (2016) esses depósitos de encostas, como o sopé coluvial, apresentam comumente sedimentos de granulometria mais grosseira, como cascalho, areia e pelitos, ocorrendo na forma de sopé coluvial, quando encontrado na base de encostas, como esta feição em epígrafe derivada do intemperismo e erosão das vertentes e topo da Chapada.

A depressão periférica (figura 3) por sua vez encontra-se a leste e nordeste da Chapada, rodeada pelo embasamento cristalino, a área apresenta um ambiente com características mais homogêneas. No que se refere substrato esta porção, nota-se que o mesmo é composto, de modo geral, por arenitos finos, ortoconglomeráticos, arenitos quartzosos, folhelhos sílticos e síltitos vermelhos (ASSINE, 2007). Essa forma abriga relevo que varia do suave ondulado a moderadamente ondulado (figura 6), e diferentemente do platô, essa feição apresenta formas discretas de dissecção “em morros e colinas baixas e suaves” (GUERRA, 2019, p. 80). A depressão exhibe altitudes mais baixas em virtude de sua posição e acomodação em áreas mais arrasadas. Nesse sentido, este compartimento apresenta cotas altimétricas que variam de 300 a 400 m, como mostra a figura 4.

Desse modo, embasando-se na avaliação realizada por Ab’Saber (1956) sobre as depressões periféricas no nordeste do Brasil, torna-se relevante frisar que essas superfícies foram áreas inicialmente esculpidas em um clima mais úmido durante o Paleógeno, passando, posteriormente para um clima com características notadamente semiáridas no período Quaternário, especificamente no Pleistoceno.

Figura 6 - Mapa de declividade da Chapada do Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Na região a qual abriga a depressão periférica, observa-se ainda a presença do morro testemunho Serra da Mãozinha (figura 3), relevo compreendido nas contas altimétricas que variam de 800 a 900m (figura 4). Essa única forma de relevo residual “parcialmente isolada [...] resultante do recuo de vertentes, é testemunho da atuação de processos de pediplanação” (GUERRA, 2019, p. 79).

Observam-se ainda na depressão periférica, os vales fluviais. A incisão destes, de acordo com Guerra (2019), juntamente com o recuo das escarpas, “condicionaram o desenvolvimento de feições de dissecação em setores de encostas com baixa energia de relevo e pequena declividade local, mesmo em um relevo regional que varia de forte ondulado a escarpado” (GUERRA, 2019, p. 182). Nessa perspectiva, nota-se que são áreas as quais possuem declividade de plano suave ondulado nas áreas da depressão periférica a ondulado, nos ambientes próximos as encostas.

O pedimento dissecado (figura 3) corresponde à faixa derivada de rochas cristalinas. De acordo com Carvalho *et al.* (2012), este compartimento caracteriza-se pela presença, grosso modo, de granitos, gnaisses, migmatitos, quartzitos e outras rochas de baixo grau metamórfico (clorita-xistos, filitos e mármore). Cabe ainda destacar que neste compartimento há subformas, como inselbergs e cristas. Entretanto, por se encontrarem distantes da área de pesquisa não foram mapeados.

Esta feição integra uma área de altitudes mais baixas, variando de 300 a 500 m (figura 4), bem como apresenta declividade que oscila do suave ao forte ondulado (figura 6). Esta forma tem suas características associadas aos processos denudacionais, os quais promoveram um intenso arrasamento nesta porção. Considerando essa área de altitudes menos pronunciada, tem-se segundo Bigarella *et al.* (2016, p.170) extensões dissecadas, onde “as condições climáticas pretéritas sob as quais foram elaborados [...] parecem ter sido extremamente severas ao mesmo tempo em que os processos degradacionais eram bastante ativos”.

Ainda segundo Bigarella *et al.* (2016, p. 170), “acredita-se, de modo geral, que os pedimentos são, na realidade, formas que se desenvolvem pelo recuo das vertentes montanhosas provocado pela meteorização e a remoção dos detritos”. Ao observar a estrutura da Chapada do Araripe, nota-se de modo nítido, que as vertentes (escarpas erosivas) apresentam certo recuo, processo ininterrupto, o qual continua atuando na disposição do relevo. No que concerne à disposição da Chapada do Araripe, percebe-se uma íntima e direta relação desta, considerando a altitude do relevo com o clima local. Wanderley *et al.* (2018)

apontam essa relação entre o relevo e os elementos atmosféricos. “A depender do arranjo espacial desses fatores, eles podem atuar de maneira a aumentar ou reduzir a disponibilidade hídrica ambiental, o que implicará em modificações fisiográficas ao longo de um transecto que perpassasse áreas próximas com patamares distintos de relevo” (WANDERLEY *et al.* 2018, p. 2).

Nesse contexto, a porção norte da Chapada, que se localiza o estado do Ceará, destacando, de modo específico o setor nordeste, é privilegiado no que se refere a esta atuação do relevo, visto que situa-se na vertente de barlavento, a qual atua no barramento da umidade proveniente do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para sul durante o verão e outono (DANTAS *et al.*, 2018).

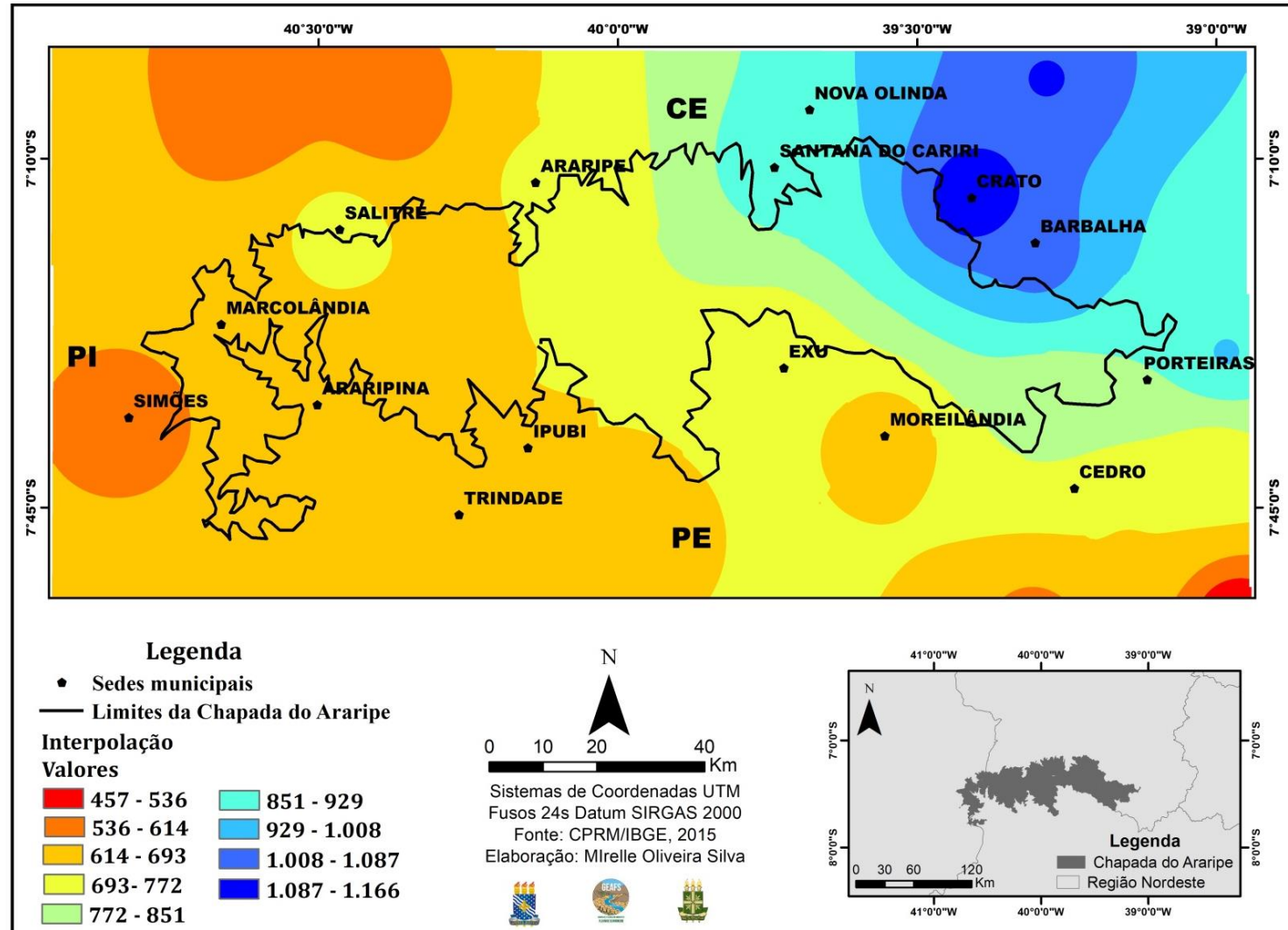
Por outro lado, em virtude do barramento da umidade na porção norte, a porção meridional da Chapada, no estado de Pernambuco é bem mais seca, a posição, em uma região a sotavento não favorece a entrada da umidade trazida pela ZCIT. Desse modo, as áreas que se encontram próximas aos rebordos da Chapada, especificamente no setor nordeste, possuem um maior índice pluviométrico em detrimento dos espaços assentados a sul e a oeste, nos estados de Pernambuco e Piauí, respectivamente (figura 7).

A figura 7 expõe as médias pluviométricas anuais das áreas que integram a Chapada do Araripe, bem como os ambientes adjacentes. Os dados empregados para a espacialização das médias foram disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Assim, obtiveram-se informações da série histórica de 1977 a 2006, espacializadas a partir do processo de interpolação.

Embora a posição topográfica da Chapada propicie uma maior umidade e chuvas mais constantes em virtude do barramento da massa de ar úmida deslocada pela ZCIT na porção norte, por se concentrar em um clima semiárido, considerando a escala regional, os municípios que se localizam próximos a essa área, apresentam uma variabilidade na distribuição intra e interanual da precipitação, bem como a ocorrências de anomalias positivas e negativas.

Galvêncio *et al.* (2010) chama atenção para este fato. Salienta que a região Nordeste do Brasil “tem com uma das principais características, grande variabilidade climática durante todo o ano, tanto sazonal como interanual, proporcionando assim irregularidade na distribuição espaço-temporal”. Corrêa *et al.* (2019) do mesmo modo apontam que no interior do semiárido do Nordeste do Brasil, as chuvas são expressivamente irregulares, com variações significativas de período seco e úmido.

Figura 7 - Médias pluviométricas anuais – série 1977-2006



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

Entre os sistemas atmosféricos causador de chuva nesta região, destaca-se a ZCIT como “sistema meteorológico mais importante na determinação de quão abundante ou deficiente serão as chuvas no setor norte do Nordeste do Brasil” (CEARÁ/FUNCEME, 2014). Além da ZCIT, ressalta-se ainda a Frente Fria, Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS), as Linhas de Instabilidade (LI), os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM's), e as Ondas de Leste como sistemas atmosféricos atuantes na referida região (CEARÁ/FUNCEME, 2014).

Nesse sentido, na porção que cobre o estado do Ceará, tem-se a exposição de médias pluviométricas maiores, especialmente na porção nordeste, destacando os municípios de Crato, Barbalha, os quais exibem médias pluviométricas que ultrapassam os 1000 mm (figura 7). Contrariamente, no setor noroeste as condições climáticas exibem precipitações que variam de 600 a 770 mm, aproximadamente, configurando-se como clima semiárido. Essas diferenças nas médias apresentadas na porção norte, são decorrentes da concentração da umidade trazida pela ZCIT na porção nordeste da Chapada, onde o relevo forma pequenas barreiras orográficas, as quais favorece a precipitação mais elevada nos municípios de Crato e Barbalha, como destacado acima.

Do mesmo modo, no setor que cobre o estado de Pernambuco as médias pluviométricas também se concentram entre 600 e 700 mm. Wanderley *et al* (2018) em seu trabalho sobre a relação entre o relevo e o clima para a caracterização da paisagem neste referido estado, destaca de modo específico, que na fração a qual encontra-se a Chapada, o clima varia de subúmido úmido, restrito a áreas do platô da Chapada, passando por subúmido seco nas escarpas erosivas e por fim, ao semiárido nas áreas com altitudes mais baixas, que permeiam 500 m. Os autores supramencionados ainda destacam a presença de serras secas nesta porção a sotavento da Chapada. Ressalta-se que o mapa apresentando (figura 6) não apresenta estas especificidades climáticas discutidas por Wanderley *et al.* (2018), por se tratar de um mapeamento mais genérico das médias pluviométricas anuais.

No setor que cobre o estado do Piauí, observa-se a exposição de médias pluviométricas menores, se comparadas com as áreas situadas nos estados do Ceará e Pernambuco. Nesta região, os índices pluviométricos oscilam entre 500 e 690 mm aproximadamente. Especificamente, no município de Simões a média não alcança os 650 mm.

Essa exposição das condições climáticas da área da Chapada que cobre os três estados acima descritos, de modo geral, denotam uma distribuição desigual da precipitação e uma irregularidade no tempo e espaço. A distribuição da precipitação oscila de áreas que apresentam entre 500 e 600 mm, a espaços que exibem médias superiores a 1000 mm, e os

eventos de precipitação se concentram nos primeiros meses do ano, com pouca ocorrência nos meses seguintes (quadro 2).

O quadro 2 apresenta os trimestres com baixo índice de precipitação, assim como os semestres mais chuvosos dos estados que abrigam a Chapada. A partir da leitura do quadro, constata-se que os trimestres mais chuvosos se concentram de janeiro a abril, no primeiro semestre do ano, e os mais secos de julho a setembro. Desse modo, nota-se, de fato, uma congruência com as investigações acerca da distribuição pluviométrica no semiárido, como ressalta Marengo *et al.* (2011, p. 386) “o período chuvoso ocorre entre os meses de fevereiro a maio [...] a estação seca ocorre, na maior parte da região, entre os meses de agosto e outubro”.

Quadro 2 - Trimestres mais secos e chuvosos dos municípios do Ceará, Pernambuco e Piauí

Estados	Trimestres mais chuvosos	Trimestres com baixo nível de precipitação
Pernambuco	Janeiro-Fevereiro-Março	Julho-Agosto-Setembro
Piauí	Janeiro-Fevereiro-Março	Julho-Agosto-Setembro
Ceará	Fevereiro-Março-Abril	Julho-Agosto-Setembro

Fonte: Dados coletados da CPRM/Elaborado pela autora (2020)

Nessa perspectiva, o quadro 3 expõe os índices pluviométricos dos trimestres mais secos e chuvosos da série histórica de 1977 a 2006 dos dados disponibilizados pela CPRM. De forma objetiva e genérica, as médias registradas foram agrupadas conforme a distribuição de cada estado, desde as menores às maiores médias verificadas, em ambos os trimestres. Ao observá-lo confrontando-a com a figura 7, percebe-se que o primeiro semestre acumula em termos de porcentagem, uma média que varia de aproximadamente de 60 a 70% do total da precipitação anual. Enquanto no segundo semestre, os trimestres permanecem com médias inferiores a 50 mm. Cabe ressaltar que em anos excepcionais, como o ano de 1985, por exemplo, os meses secos, bem como os chuvosos extrapolam a média, seja mensal, trimestral ou anual.

Quadro 3 - Índices pluviométricos agrupados dos trimestres mais secos e chuvosos

Estados	Médias pluviométricas trimestrais	
	Trimestres mais chuvosos	Trimestres com baixo nível de precipitação
Pernambuco	331 à 419 mm	3,10 à 35,40mm
Piauí	331 à 419mm	3,10 à 11,17mm
Ceará	375 à 682mm	7,13 à 23,29mm

Fonte: Dados coletados na CPRM/Elaborado pela autora (2020)

Em virtude da baixa concentração de chuvas, o período seco no semiárido nordestino torna-se crítico. A falta d'água afeta diretamente as atividades humanas, bem como as atividades naturais percebidas nos sistemas e consequentemente nos subsistemas presentes nessas áreas secas. Todavia, embora nesse período o nível do lençol freático seja rebaixado e as Áreas Úmidas sejam reduzidas, as Veredas identificadas por Guerra (2019) na porção norte da Chapada tendem não sofrer inteiramente com escassez hídrica, uma vez que são mantidas pelas condições hidrogeológicas e geomorfológicas da área, as quais possibilitam a umidade constante nesses ambientes o ano todo.

As condições hidrogeológicas emergem como circunstâncias imprescindíveis para o aparecimento e manutenção das Veredas na Chapada do Araripe (GUERRA, 2019). Essas ressurgências, oriundas das disposições dos aquíferos encontrados na Bacia do Araripe, são responsáveis, em grande parte, pelo abastecimento de água na zona rural e urbana dos municípios que se encontram nos arredores da Chapada. Gomes *et al.* (2018, p. 1833) enfatizam que a “região do Cariri tem nas águas subterrâneas da Bacia Sedimentar do Araripe a principal fonte de recursos hídricos necessário para seu desenvolvimento socioeconômico, com o abastecimento das populações [...]”.

Esses sistemas de água subterrânea são mantidos a partir da configuração geológica, e são esses sistemas que alimentam as Áreas Úmidas encontradas nos rebordos da Chapada. De modo geral, a Bacia Sedimentar do Araripe, divide-se em 3 sistemas de aquíferos, o inferior – formação Cariri, médio - formações Barbalha, Abaiara e Missão Velha e superior – formações Exu e Araripina. A área ainda abriga dois aquíferos nas formações Santana e Brejo Santo (BRASIL/DNPM, 1996). Entretanto, é a partir dos contatos entre as formações Exu-Araripina-Santana que afloram diversas nascentes, as quais mantêm a umidade frequente nas Veredas.

A porção setentrional da Chapada é privilegiada no que se refere à manifestação dessas surgências. Isso ocorre por efeito da suave inclinação que o relevo apresenta para norte, assim como do basculamento de blocos para NE e W, simultaneamente (GUERRA, 2019). Essa condição apresenta-se como essencial para o advento das Veredas na porção norte da Chapada. Dessa forma, a umidade constante nesses espaços favorece o aparecimento de solos hidromórficos, característica apresentada pelas Áreas Úmidas.

A respeito dos solos encontrados na Chapada do Araripe e áreas adjacentes, de modo geral, a partir do mapeamento realizado pela Embrapa Solos UEP Recife (2006), foram identificadas 6 classes de solos predominantes: Latossolos, Argissolos, Nitossolos,

Vertissolos e a classe dos Neossolos: Litólicos e Quartzarênicos. O levantamento realizado identificou poucas classes na área estudada em virtude do nível generalizado do mapeamento executado pela Embrapa Solos UEP Recife (2016), apresentando escalas variando de 1:400.000 a 1:1.000.000. Desse modo, o mapeamento apresenta as classes de solos presentes na região nordeste de modo genérico.

Os Latossolos apresentam grande expressividade geográfica na Chapada do Araripe, concentrando-se especialmente no platô. Desse modo, é desenvolvido substancialmente por arenitos das Formações Exu, bem como por outras rochas sedimentares derivadas da formação Santana. (CEARÁ/FUNCEME, 2012). Do mesmo modo, os Argissolos são constituídos de rochas sedimentares presentes nas formações Exu, Santana e ainda na formação Mauriti. Além disso, desenvolvem-se ainda a partir de rochas cristalinas, como xistos, migmatitos e gnaisses relativos ao Pré-Cambriano. (CEARÁ/FUNCEME, 2012).

Os Nitossolos, por sua vez, apresentam-se mais fortemente nas áreas cristalinas adjacentes à Chapada. Comumente, nesta área, essa classe encontra-se associada a rochas subácidas ou neutras. Essa classe de solo encontra-se atualmente bastante cultivada, observando-se em alguns trechos, sinais de degradação devido ao uso das terras sem práticas conservacionistas (CEARÁ/FUNCEME, 2012).

Os Vertissolos, no mapeamento da Embrapa Solos UEP Recife (2006), foram à classe identificada com menor predominância na área da Chapada e espaços adjacentes. Esta classe caracteriza-se por apresentarem na época da estiagem “grandes fendas na superfície e grandes estruturas extremamente duras [...]. Durante a época chuvosa tornam-se encharcados, muito plásticos e muito pegajosos” (CEARÁ/FUNCEME, 2012, p. 48). Esta classe de solo é utilizada atualmente para produzir milho, feijão, arroz e algodão herbáceo (CEARÁ/FUNCEME, 2012).

No tocante a classe dos Neossolos, os tipos que apresentaram certa constância foram os Neossolos Litólicos e Quartzarênicos. O primeiro é comumente associado a pedregosidade, bem como a rochiosidade. Este foi encontrado apresentando textura arenosa e argilosa, os quais foram desenvolvidos, em grande parte a partir de rochas metamórficas, com predominância dos xistos e gnaisses (CEARÁ/FUNCEME, 2012). Os Neossolos Quartzarênicos na região da Chapada e áreas adjacentes apresenta material de origem relacionado aos sedimentos arenoquatzosos, encontrados em coberturas cenozoicas (CEARÁ/FUNCEME, 2012).

Nas Veredas identificadas por Guerra (2019) foram identificados solos do tipo Gleissolos melânicos, classe não identificada pelo mapeamento do Embrapa Solos UEP Recife (2006) em virtude de sua pequena extensão territorial (GUERRA, 2019). Genericamente, as Veredas apresentam solos hidromórficos, visto que são áreas constantemente alagadas, o que favorece o processo de gleização. Esses solos hidromórficos são ambientes propícios para a acomodação da palmeira Buriti (*Mauritia flexuosa*), sendo uma espécie adaptada a essas condições de hidromorfismo, e consequentemente típica desses ambientes de Veredas.

Além dessas espécies de palmeiras (*Mauritia flexuosa*) encontradas pontualmente em áreas da encosta e sopé da Chapada, a área abriga outros tipos de espécies vegetais, uma verdadeira diversidade fitofisionômica. De acordo com Mendonça *et al.* (2009) as formações florestais apresentadas pela área da Chapada são dos tipos: Mata Úmida, Cerradão, Cerrado e Caatinga. Loiola *et al.* (2015) do mesmo modo aponta a presença do Cerrado, assim como da Mata Úmida, acrescentando ainda a presença do Carrasco. Todavia, em virtude da escala, o mapa (figura 8) não expõe todas as formações.

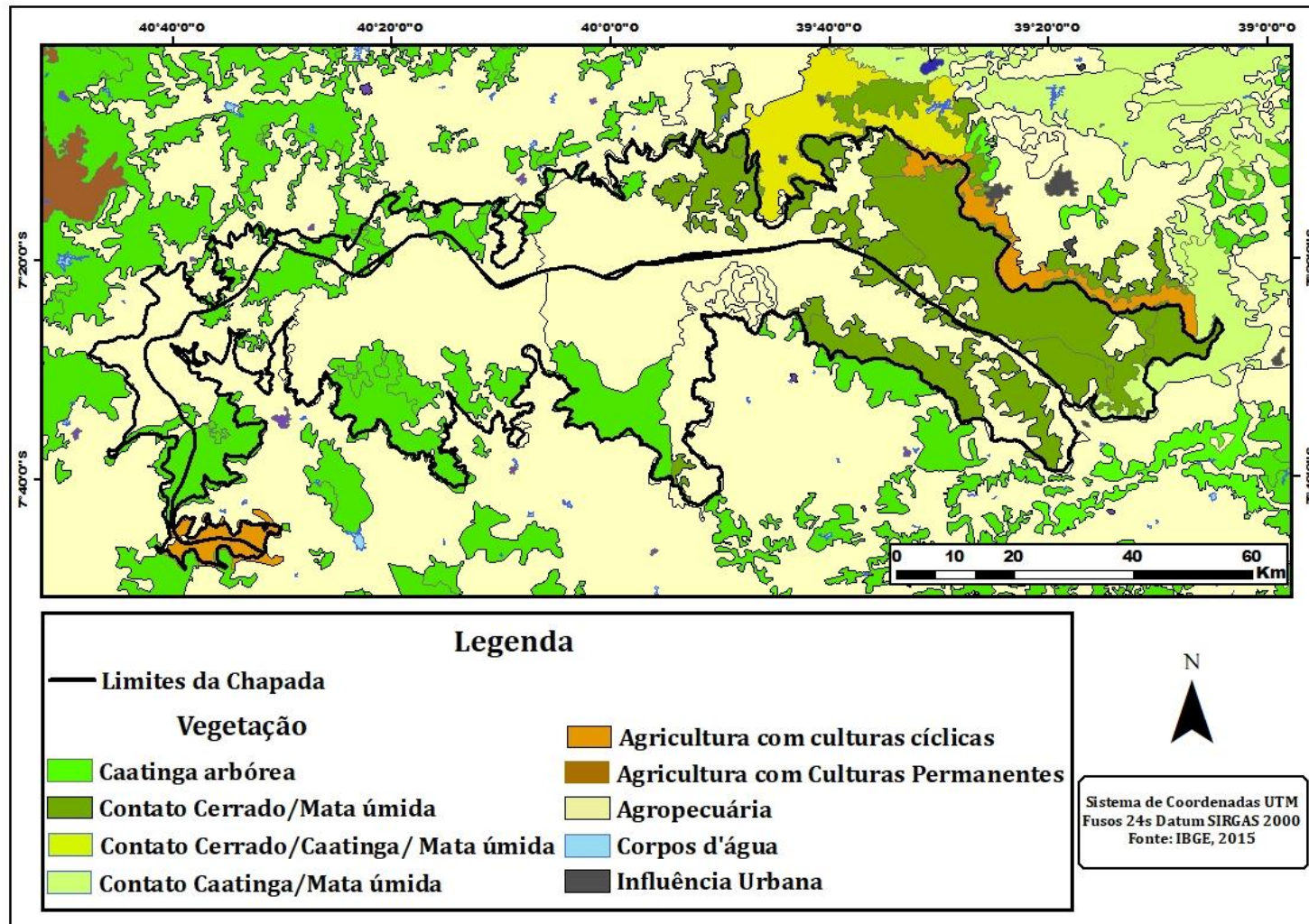
A figura 8 apresenta as formações que recobrem a Chapada e áreas circundantes, bem como exhibe ainda o uso do solo. As nomenclaturas das fitofisionomias presentes no mapa foram adaptadas de acordo com o reconhecimento feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no Manual Técnico de Vegetação Brasileira (2012).

De modo geral, verifica-se a exposição da vegetação de Caatinga em grandes partes da Chapada, especialmente nos setores mais a oeste, noroeste e sudoeste. Nota-se ainda, a presença da Mata Úmida, assentada a nordeste, na porção onde situa-se a área de barlavento. A umidade barrada pelo relevo favorece a instalação e manutenção desta formação vegetal na parcela acima mencionada. Além disso, a manutenção desta vegetação encontra-se ainda associada a maior presença de fontes naturais nesta área (GUERRA, 2019).

Salienta-se ainda que a presença da Mata Úmida de modo mais preservado na área a nordeste da Chapada ocorre ainda pelo fato do local corresponder a uma Unidade de Conservação (UC), criada em 02 de maio de 1946, classificada como Floresta Nacional do Araripe - FLONA. De acordo com Bastos *et al.* (2016) a FLONA destaca-se como uma das UCs do estado do Ceará que obteve maior êxito no que se refere a sua eficiência.

Por outro lado, a sul, a Mata Úmida emerge de modo mais discreto, uma vez que a área possui um índice pluviométrico menor, se comparado ao setor norte, em virtude da

Figura 8 - Mapa de vegetação e uso da terra da Chapada do Araripe



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

localização a sotavento. A parcela desta fitofisionomia observada neste setor encontra-se especificamente a sudeste juntamente com trechos de vegetação da Caatinga.

O Cerrado constitui uma vegetação típica do centro-oeste brasileiro, local onde se localiza sua área core. A presença da fitofisionomia de Cerrado na Bacia Sedimentar do Araripe, em meio ao domínio das Caatingas, é denominada, a partir das considerações de Ab'Saber (2007) de enclave fitogeográfico, isto é, “manchas de ecossistemas típicos de outras províncias, porém, encravadas no interior de um domínio de natureza totalmente diferente”.

Ademais, o mapa (figura 8) apresenta ainda a configuração do uso da terra. Observa-se que em grande parte da extensão da Chapada e das áreas adjacentes a agropecuária é predominante, seguido de agricultura com culturas cíclicas, atividade ainda constante. Todavia, de acordo com Bastos *et al.* (2016) a mineração e a expansão urbana anda destacam-se como uma das principais formas de uso e ocupação da área, embora não estejam apontadas de modo evidente no mapa acima.

O setor nordeste abriga o núcleo urbano adensado, constituído pelas cidades de Crato, Juazeiro e Barbalha. Nesta porção ainda prevalece heranças do Ceará colonial. Todavia, não de modo tão intenso como nas demais áreas, a exemplo de Pernambuco e Piauí, onde há o predomínio de atividades, como a criação de gado, a qual convive paralelamente com a agricultura de subsistência, assim como das atividades frutíferas (BASTOS *et al.*, 2016).

Nos entornos da Chapada, ainda segundo Bastos *et al* (2016) nota-se um aumento no número de residências, condomínios e hotéis. Ademais, estas áreas ainda apresentam um considerável número de balneários em virtude do afloramento de 251 fontes naturais ao longo dos municípios de Crato, Missão Velha, Porteiras, Jardim, Barbalha e Brejo Santo.

Embora a região apresente uma intensa ocupação, a Chapada integra uma Área de Proteção Ambiental (APA). Todavia, ainda que a Chapada integre uma APA definida em 1997, existe ainda uma inquietação quanto a sua preservação, tendo em vista que, segundo Bastos *et al* (2016) as APAs do estado do Ceará apresentam-se de modo ineficiente no que se refere à tentativa de manutenção da qualidade ambiental.

Bastos *et al.* (2016) ainda salientam “que se percebe claramente um completo abandono, onde as paisagens naturais encontram-se significativamente descaracterizadas por atividades agropecuárias, sobretudo nos setores mais secos do topo da Chapada do Araripe, originalmente recobertos por carrasco” (BASTOS *et al.*, 2016, p. 7). Dessa forma, torna-se significativo a busca por bases capazes de subsidiar um planejamento e gestão eficientes que

busquem conservar a riqueza fitofisionômica, pedológica, ecológica etc. da Chapada em destaque.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Áreas Úmidas: definições e classificações

Áreas Úmidas/alagadas (*wetlands*) ou de forma abreviada AUs, são ecossistemas encontrados em todo o mundo. Esses ambientes dispõem de uma vultosa relevância ecológica, hidrológica, geomorfológicas etc. É válido salientar que estas áreas já se encontravam inseridas nos estudos e descrições realizadas por Ab'Saber (1967), o qual nomeava tais ambientes como área de brejos, no que tange a áreas de brejos de pé-de-serra, destacando a posição da paisagem que tais ambientes ocupam.

Todavia, embora se encontrem representados em vários estudos, desde os mais clássicos aos mais atuais, e apresentem ainda grande diversidade e funcionalidade, as AUs ainda sofrem com a negligência por parte dos órgãos superiores, no que se refere a sua gestão e proteção.

O reconhecimento da importância, bem como da sua funcionalidade atrelado às inquietações a respeito de sua classificação, proteção e gestão sustentável começou a se estabelecer na segunda metade do século XX. A convenção ocorrida em 1971, na cidade de Ramsar, no Irã, nomeada de Convenção Internacional sobre Zonas Úmidas, foi considerada o primeiro encontro internacional a tratar da valorização das AUs (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018).

Nesta convenção, delineou-se um conceito referente às Áreas Úmidas, uma definição mais genérica, a qual pudesse resolver a inquietação sobre a classificação dessas áreas. Desse modo, definiram-se as AUs como áreas de pântanos, brejos, turfeiras com presença de água, seja natural ou artificial, permanente ou temporária, estática ou corrente, doce, salobra ou salgada, incluindo áreas marinhas cuja profundidade na maré baixa não ultrapasse 6 metros (RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT, 2013). Cabe destacar que esta convenção tratou das AUs considerando ambientes de grande extensão territorial, envolvendo grandes unidades de relevo.

Entretanto, essa designação ainda é simplista. Ao longo das últimas décadas pesquisadores do mundo todo buscaram compreender a dinâmica das AUs a fim de classificá-las e defini-las. Entretanto, em virtude de suas “diversas condições físicas e biológicas, variando em dimensões, clima, hidrologia e geomorfologia, além de estarem muito sujeitas a influências antrópicas e aos mais diversos interesses” as Áreas Úmidas constituem ecossistemas difíceis de serem definidos (BOZELLI *et al.*, 2018, p. 122).

Do mesmo modo, Cowardin *et al.* (1979), ressalta que não há um único, correto, indiscutível, ecológico conceito para áreas úmidas, em virtude da grande diversidade desses ambientes, e em razão da demarcação entre ambientes secos e úmidos se encontrarem ao longo de um *continuum*.

Além disso, as diferentes formações dos cientistas, bem como do seu campo de atuação podem gerar disparidades no conceito de Áreas Úmidas. Um botânico definiria esses espaços, por exemplo, enfocando nas espécies vegetais predominantes no ambiente, um hidrólogo nas flutuações do nível freático, bem como na duração da inundação, um cientista do solo, por sua vez, centraria sua análise nos diferentes tipos de solos presentes, com ênfase nos solos mal drenados, assim como a definição de um biólogo seria centralizada nas espécies de plantas e animais que habitam essas áreas. Desse modo, uma infinidade de definições de AUs pode ser desenvolvida com base em diferentes áreas de especialização ou interesse (TINER, 2017; GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2017).

Em virtude dessas problemáticas, surgiram em todo o mundo vários sistemas de classificações de Áreas Úmidas com enfoques distintos. Neste contexto, diversos países adotaram e apresentaram legislação específica, bem como uma série de instrumentos que pudessem atuar na identificação e classificação das AUs (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018).

As primeiras classificações tomaram como base, especialmente as condições fisionômicas das AUs, considerando a hidrologia e a vegetação como elementos centrais para tais elaborações. (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018). Nesse contexto, no âmbito internacional, destacam-se o sistema desenvolvida por Cowardin *et al.* (1979), o sistema de Ramsar (SCOTT e JONES, 1995, RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT, 2013), bem como o sistema proposto por Ollis *et al.* (2013), o qual apresenta na classificação, parâmetros hidrogeomorfológicos (HGM), essenciais para delineamentos das AUs.

Nessa perspectiva, Cowardin *et al.*, (1979) definem as Áreas Úmidas, em termos gerais, como terras onde a saturação por água corresponde ao fator dominante, o qual determina a natureza do desenvolvimento do solo, bem como dos tipos de comunidades vegetais e animais que vivem no solo e em sua superfície. A estrutura desta classificação é hierárquica, progredindo a partir de sistemas e subsistemas, dos níveis mais gerais, para as classes, subclasses e tipos dominantes. Os sistemas são divididos em: Marinho, Estuarino, Fluvial, Lacustre e Palustre (COWARDIN *et al.*, 1979).

A classificação de Ramsar, também de caráter hierárquico, adotou um sistema que inclui 42 tipos de AUs, agrupados em três grandes categorias: sistema Marinho e Costeiro, sistema de Áreas Úmidas Interiores e sistemas Artificiais. Esta classificação se destina a fornecer subsídios, a partir do sistema adotado, para auxiliar na identificação dos diferentes tipos de AUs do mundo, incluindo as Áreas Úmidas artificiais (SCOTT e JONES, 1995 e RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT, 2013).

Hodiernamente, Ollis *et al.* (2013) propuseram um sistema de classificação para AUs na África do Sul. Os autores adotaram para as AUs, a definição encontrada na Lei Nacional da Água da África do Sul (Lei nº 36 de 1998), sendo tais áreas definidas como: ambientes de transição entre os sistemas terrestre e aquático, onde o lençol freático está geralmente na ou perto da superfície, ou é periodicamente coberto com água rasa, abrigando vegetação tipicamente adaptada à vida em solo saturado. Esta classificação divide-se em seis níveis hierárquicos: 1º sistemas Marinhos, Estuarino e Interior, o 2º Configuração Regional, 3º Unidades de Paisagem, 4º Classes Hidrogeomorfológicas, 5º Regime Hidrológico e o 6º nível diferencia as classes a partir das características estruturais, químicas e biológicas. Todavia, o foco deste delineamento encontra-se no quarto nível, uma vez que o parâmetro HGM é adotado como fator central nessa classificação (OLLIS *et al.*, 2013).

No Brasil, 20% do território é composto por Áreas Úmidas (CUNHA *et al.*, 2015). Todavia, apesar dessa significativa estatística, as AUs brasileiras ainda são negligenciadas. “Consideramos, todavia, que a maior ameaça para as AUs brasileiras é a falta de uma legislação específica, baseada no conhecimento científico, que regule a proteção dessas áreas” (CUNHA *et al.*, 2015, p. 29).

Assim, a classificação desses ambientes emerge como essencial para estimular a elaboração de políticas que possam atuar na gestão e proteção dessas áreas, amparada no conhecimento científico. Desse modo, citam-se aqui delineamentos propostos para o território brasileiro, desde classificações mais específicas a mais geral, a qual se dispõe a incluir as AUs de todo o país.

Nesse sentido, no que se refere a delineamentos de caráter mais geral, Cunha *et al.* (2015) a partir do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Áreas Úmidas (INAU), propuseram uma classificação para AUs brasileiras em seus Macrohabitats. Foram realizados delineamentos e classificações dos macrohabitats do Patanal Mato-grossense, e das várzeas amazônicas, considerando suas posições na classificação das AUs brasileiras.

De modo específico, Maltchik *et al.* (2004) elaboraram uma classificação de AUs para o Rio Grande do Sul. Esta proposta é hierárquica e divide-se em quatro níveis com base em fatores hidrogeomorfológicos e biológicos (subsistemas, tipos, classes e subclasses), onde o sistema palustre, o maior, é dividido em quatro subsistemas: palustre, lacustre, ribeirinho e várzea.

Do mesmo modo, Junk *et al.* (2011) propuseram um sistema de classificação para os grandes tipos de Áreas Úmidas amazônicas com base em parâmetros climáticos, hidrológicos, hidroquímicos e botânicos. Este delineamento divide as Áreas Úmidas naturais em um grupo com níveis de água bastante estáveis e outro com níveis de água oscilantes. Por fim, esses grupos são subdivididos em 14 tipos principais de AUs.

Essas propostas, de acordo com Cunha *et al.* (2015), contribuíram para a elaboração de uma classificação mais abrangente das Áreas Úmidas brasileiras. O delineamento das AUs encontradas no território brasileiro, proposta por Cunha *et al.* (2015) engloba no 1º nível, divisões análogas ao sistema de Ramsar. Dessa forma, esta classificação dividiu-se em três níveis hierárquicos: (1) sistemas; (2) unidades definidas por fatores hidrológicos; (3) unidades definidas por plantas superiores. Sendo o 1º nível diferenciado em três categorias: (1) AUs costeiras; (2) AUs interiores; (3) AUs antropogênicas.

Dessa forma, com base nesta proposta, visando alcançar uma definição que abrangesse os diversos tipos de AUs brasileiras, Cunha *et al.*, (2015) propuseram o seguinte conceito:

Áreas Úmidas (AUs) são ecossistemas na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, continentais ou costeiros, naturais ou artificiais, permanentemente ou periodicamente inundados por águas rasas ou com solos encharcados, doces, salobras ou salgadas, com comunidades de plantas e animais adaptadas à sua dinâmica hídrica (CUNHA *et al.*, 2015, p. 37).

Além das classificações acima descritas, outras propostas mais recentes e específicas de delineamentos surgiram apoiadas nas classificações anteriores, como a classificação apoiada nos critérios hidrogeomorfológicos proposta por Gomes e Magalhães Junior (2018) e Gomes e Magalhães Junior (2020) para o estado de Minas Gerais. Cabe destacar que o parâmetro (HGM) “tem sido cada vez mais utilizado e reconhecidos na classificação das AUs, pois além de serem determinantes na sua formação, abarcam o quadro morfológico da paisagem, que condicionam diferentes tipos de AUs” (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018, p. 4).

Ademais, destacam-se outras classificações efetivadas a partir de áreas menores, visando identificar os diferentes tipos de AUs no ambiente, como a classificação das Áreas Úmidas hipersalinas da bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu e da Faixa Litorânea norte de Escoamento Difuso (SILVA; COSTA, 2016), a classificação das Áreas Úmidas no

sistema estuarino do Rio Piranhas-Açu, no nordeste do Brasil (SALDANHA; COSTA, 2019), mapeamento e classificação de Áreas Úmidas a partir de modelos digitais de elevação, na bacia hidrográfica do Rio Gravataí, no Rio Grande do Sul (GUASSELLI; SIMIONI; LAURENT, 2020), entre outros.

Outro ponto que merece destaque é a constituição de AUs urbanas. Este tema ainda é bastante desconhecido social e cientificamente, considerando tanto a literatura nacional como internacional. Por esse motivo, em virtude dos poucos estudos realizados sobre este tipo de AU, há a manifestação de várias incongruências na legislação quanto à preservação destes ambientes inseridos nos sistemas urbanos (FERREIRA; MAGALHÃES JUNIOR, 2018; FERREIRA *et al.*, 2019).

A partir dessas classificações novos estudos são efetuados, e dessa forma, a relevância desses ambientes, cada vez mais compreendida, uma vez que são áreas que dispõe de alto valor socioeconômico em virtude de resguardar o recurso indispensável à manutenção da vida: a água.

Em áreas de clima árido ou semiárido, a relevância desses ambientes é ainda maior. Tooth e McCarthy (2007), em um trabalho sobre Áreas Úmidas (*wetlands*) em áreas secas (*drylands*) na África, destacam a importância do conhecimento acerca desses ambientes úmidos em áreas secas, especialmente tratando-se da geomorfologia e sedimentologia.

No que concerne à existência desses ambientes úmidos em regiões secas, Tooth e McCarthy (2007) salientam que a “sobrevivência” das AUs é condicionada pelo balanço hídrico positivo em uma parte ou o durante o ano todo, bem como pela influência de rios perenes ou intermitentes, como é o caso da área estudada pelos autores, no sul da África. Nessa perspectiva, salientam que o emprego do termo *Wetlands in drylands* soa de maneira contraditória, uma vez que regiões áridas ou semiáridas exibem déficits globais de águas superficiais, resultantes das baixas taxas encontradas entre a precipitação e a evaporação potencial.

Assim sendo, a manifestação das AUs em áreas de clima semiárido, em muitos casos, expressa condições pretéritas, como flutuações climáticas, alterações geomorfológicas regionais e locais, movimentação tectônica, entre outros. Essas mudanças, muitas vezes, provocam uma reorganização na superfície, possibilitando o aparecimento de ambientes que abrigam umidade considerável, tornando-se Áreas Úmidas em meio a áreas de clima quente e seco, visto que as condições atuais não favorecem o surgimento destas.

4.2 *Wetlands in drylands*: controles ambientais para ocorrência de Áreas Úmidas em terras secas

As Áreas Úmidas são ambientes que podem se formar em uma variedade de paisagens e configurações climáticas, incluindo terras áridas (TOOTH, *et al.*, 2015A). A ocorrência de Áreas Úmidas em regiões de clima seco, como destacou Tooth e McCarthy (2007), emerge como um cenário contraditório. Nota-se, entretanto, que a configuração desses ambientes presentes em contextos climáticos diferenciados, é forjada substancialmente pela estrutura geológica, geomorfológica, hidrogeológica, hidrogeomorfológica, pedológica e fitoecológica.

Nesse sentido, em virtude do contexto apresentado, bem como dos serviços providos pelas AUs, a manifestação dessas áreas em terras secas revela-se imprescindível, visto que em ambientes de estresse hídrico, as Áreas Úmidas emergem como principais fornecedores de água e alimentos (SCOONES, 1992; TOOTH *et al.*, 2015A). Nesta perspectiva, estudos científicos interdisciplinares são urgentes, e do mesmo modo, necessários para apoiar o planejamento do desenvolvimento sustentável de tais ambientes (TOOTH *et al.*, 2015A).

As Áreas Úmidas correspondem a ambientes presentes na interface entre ambientes terrestres e aquáticos, podendo ainda ocorrer entre sistemas de água subterrâneos e subsuperficiais, variando de pequenas infiltrações em encostas íngremes a grandes áreas aplainadas de baixo gradiente. Dessa forma, a ocorrência das AUs nessas interfaces demonstram que tais áreas são produtos de uma ampla gama de processos, e compreender esses sistemas exige que sejam examinados e entendidos a partir de uma gama igualmente ampla de perspectivas (ELLERY *et al.*, 2009).

Existe, dessa forma, um conjunto associado de fatores que contribuem para a formação desses ambientes. Nesse sentido, a extensão e características estruturais, bem como funcionais de tais áreas dependem das particularidades climáticas, hidrológicas e geomorfológicas regionais (CUNHA *et al.*, 2015). Esses componentes ambientais controladores das AUs apresentam-se diversos, alterando-se conforme o contexto climático inserido. Estas variáveis vão apresentar características, bem como dinâmicas distintas, expondo dessa forma, uma variedade de controladores que são necessários para o desenvolvimento das Áreas Úmidas.

Dessa forma, as generalizações elaboradas sobre suas características são capciosas ou até mesmo sem sentido, tendo em vista que sempre haverá inúmeras exceções. Em uma escala global e considerando um nível de análise de primeira ordem, muitas das características comuns às Áreas Úmidas em áreas secas divergem das características típicas de muitas Áreas Úmidas em ambientes mais úmidos, como a conjuntura hidrológica, formas dos canais de rios, a hidroquímica, ação do fogo e processos eólicos e o tempo de desenvolvimento.

(TOOTH; MCCARTHY, 2007). São detalhados a seguir estes cinco fatores que distinguem tais ambientes, com ênfase nas Áreas Úmidas presentes na África do sul:

➤ Conjuntura hidrológica, tendo em vista que em áreas semiáridas ou áridas, a manutenção das AUs necessita da combinação das vazões dos rios com fatores que promovam localmente equilíbrios positivos de água na superfície, uma vez que nesses ambientes, a precipitação local, assim como a água subterrânea não desempenham papéis importantes na hidrologia da maioria das Áreas Úmidas de porte maior, embora possam ser importantes para AUs menores, como nas AUs mantidas em regiões de condição climática distinta.

No semiárido brasileiro, esta conjuntura também pode ser considerada, tendo em vista que a manutenção das AUs nesse ambiente precisa encontrar-se associada a fatores que possam manter a umidade na área. Destacam-se, nesse contexto, as AUs formadas e mantidas a partir de estruturas geológicas e hidrogeológicas (GUERRA, 2019, 2020), onde a exsudação do lençol freático torna-se fundamental para que as AUs se desenvolvam, sendo, portanto, condição importante na hidrologia dessas áreas no nordeste do Brasil.

➤ Formas e processos dos canais de rios, uma vez que em terras secas, os canais podem diminuir de tamanho, ou ainda desaparecer ao longo do rio. As diminuições no tamanho ocorrem usualmente em virtude de uma combinação de reduções a jusante no gradiente do canal, como perdas de transmissão através dos leitos do canal, vazamento por meio das margens do canal, desvio para canais distributivos menores, etc. As AUs encontradas em ambientes úmidos, onde os segmentos desses ambientes encontram-se associados à atividade de rios, são normalmente permeadas por canais perenes, o qual tende a aumentar de tamanho a jusante.

Este processo também pode ser observado no contexto do semiárido brasileiro, tendo em vista que a maior parte dos rios do semiárido é intermitente ou efêmera (CORRÊA, 2019). Desse modo, as modificações nos canais podem ocorrer, como a própria diminuição do mesmo por meio da perda da transmissão de material ao longo do canal, após o período chuvoso. Nesse sentido, as AUs mantidas por fluxos de rios com esses perfis, tendem a passar por períodos de dessecação, consistindo em AUs sazonais.

➤ Conjuntura hidroquímica, visto que em ambientes áridos ou semiáridos por efeito das taxas mais baixas entre precipitação e evapotranspiração potencial, assim como dos períodos frequentes de dessecação generalizada, há o acúmulo de íons, que em regiões de clima úmidos, são normalmente liberados da superfície, bem como dos sedimentos subterrâneos das AUs. Assim, este acúmulo em níveis altos de íons favorece

consideravelmente a alcalinidade, podendo ainda, a partir desses processos de sedimentação química, levar ao endurecimento dos sedimentos do canal ou ao crescimento e coalescência de ilhas salinizadas ou sódicas.

No semiárido nordestino, de modo genérico, este efeito gerado a partir das condições hidroquímicas apresenta-se de modo menos intenso, uma vez que os níveis de precipitação, ainda que baixos, sendo ultrapassado pelas taxas de evaporação potencial, não favorecem o acúmulo de íons na superfície de maneira acentuada. Nesse sentido, o processo de crostas nos leitos que podem gerar AUs, assim como o desenvolvimento de ilhas salinizadas se manifesta de forma menos frequente, mais comuns em áreas áridas.

➤ Ação do fogo e processos eólicos, visto que em AUs situadas em terras áridas, à custa dos períodos frequentes de dessecação generalizada, onde o potencial de acumulação de depósitos orgânicos espessos ou turfosos é limitado, as taxas de decomposição aumentam e os depósitos tornam-se vulneráveis a incêndios. Dessa forma, a dessecação e a queima levam a uma perda da vegetação estabilizadora, o que aumenta o potencial de erodibilidade dos sedimentos superficiais pelo vento. O que não ocorre, de um modo geral, nas Áreas Úmidas encontradas em outro contexto climático, uma vez que o período de inundação é mais frequente, o que matém o acúmulo de depósitos orgânicos espessos, protegendo a área da ação do fogo e dos processos eólicos, tendo em vista que a vegetação permanece preservada.

O processo de erosão eólica no semiárido brasileiro não se apresenta de modo recorrente como a erosão causada pelo impacto da chuva. As AUs mantidas a partir de fluxos de rios efêmeros ou intermitentes tendem a passar por períodos consideráveis de dessecação, dessa forma, a vegetação estabilizadora pode secar durante esse período, deixando o ambiente suscetível à erosão pluvial. Todavia, a característica referente à ação do fogo de maneira natural, apresenta-se de modo mais comum no domínio do Cerrado (NASCIMENTO, 2001).

➤ A cronologia de desenvolvimento, visto que as AUs em terras áridas possuem histórias mais longas de desenvolvimento, apresentando características como canais abandonados e sucessões sedimentares localmente espessas, as quais expõem registros valiosos de mudanças ambientais. Em contrapartida, em ambientes úmidos, as AUs, possuem histórias relativamente curtas, como exemplo, citam-se as Áreas Úmidas encontradas nas latitudes médias a alta do hemisfério norte, as quais se desenvolveram a 10-15 Ka, a partir da recessão de camadas de gelo.

Considerando a conjuntura do semiárido brasileiro, ressalta-se que a área apresenta um balanço hídrico negativo, onde boa parte de seus canais não dispõe de água o ano todo,

predominando os rios intermitentes e efêmeros. Desse modo, avaliando essa conjuntura, as Áreas Úmidas associadas a estes fluxos, apresentam temporalidades mais longas de evolução (CORRÊA *et al.* 2019).

Estes processos atuam na formação e manutenção das AUs, assim como influenciam ainda no seu desaparecimento, considerando as Áreas Úmidas situadas em uma configuração climática desfavorável ao seu desenvolvimento. Todavia, observa-se ainda que nessas regiões de climas secos, outros componentes ambientais podem ser considerados no arranjo ambiental das AUs, tendo em vista que inseridos nessa condição de estresse hídrico, o volume de água incorporado ao sistema é restrito. Dessa forma, nas áreas inseridas nesse contexto climático, as condições geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, hidrogeomorfológicas e pedológicas manifestam-se como elementos importantes no controle e estruturação das AUs.

O clima atual, embora opere na diferenciação dos cenários ambientais onde se inserem as AUs, em climas secos, não emerge como fator determinante na constituição das mesmas. Ratifica-se esta afirmação considerando que os contextos climáticos áridos e semiáridos abrigam Áreas Úmidas, as quais podem apresentar ambientes com umidade constante.

Nesse contexto, considerando estes fatores controladores das AUs em terras secas, destaca-se a geologia no que diz respeito à composição litológica da área, considerando a permeabilidade ou impermeabilidade do material (TOOTH e MCCARTHY, 2007; MELLY *et al.*, 2017), a geomorfologia no que se refere a superfícies de aplainamento, o processo de deposição de sedimentos, a constituição de planícies de inundação, a declividade apresentada, a configuração em vale e a forma da encosta (TOOTH e MCCARTHY, 2007; TOOTH *et al.*, 2015B; TOOTH, 2017; LIDZHEGU *et al.*, 2019), a hidrogeologia considerando a formação de aquíferos suspensos a partir de contanto de rochas permoporosas sobrepostas a litologias impermeáveis e a exsudação do lençol freático (WINTER; LABAUGH, 2003; GUERRA, 2019; GUERRA *et al.*, 2020), a pedologia, tendo em vista o desenvolvimento de solos hidromórficos em tais ambientes (RAMOS *et al.*, 2006) e a hidrogeomorfologia na formação de zonas infiltração em encostas, Áreas Úmidas planas e elevadas, AUs de fundo de vales etc. (OLLIS *et al.* 2013; GOMES; MAGAHÃES JUNIOR, 2020).

A atuação da geologia, nesse sentido, expõe-se a partir da dinâmica das camadas litológicas, como a presença de afloramentos rochosos, os quais atuam na retenção da água, impendendo a infiltração total da mesma. Assim, a água é preservada no sistema, configurando assim uma Área Úmida, mesmo que passe por períodos de dessecação sazonalmente. Outro

fator geológico que ganha destaque são as falhas tectônicas, uma vez que combinado com fluxos de rios, perenes ou intermitentes, mantém umidade nas AUs encontradas em terras secas (TOOTH; MCCARTHY, 2007).

Tem-se como exemplo, o desenvolvimento de Áreas Úmidas que se formam a partir do desenvolvimento de uma camada rochosa impermeável, encontrada abaixo da superfície, a qual permite a formação de um lençol freático suspenso, sendo este, essencial na formação e manutenção das “wetlands” situadas em regiões de climas áridos ou semiáridos. Nesse sentido, enfatiza-se a ocorrência de AUs no sudeste da África do Sul. Evidencia-se especificamente três AUs com características hidrogeomorfológicas distintas, baseada na classificação proposta por Ollis *et al.*, (2013), são elas: planícies alagadas, zonas de infiltração (*seep*) e Áreas Úmidas em depressão (MELLY *et al.*, 2017).

A compreensão dos processos geomórficos na formação e estruturação das AUs (TOOTH *et al.*, 2015B; TOOTH, 2017; LIDZHEGU *et al.*, 2019) se traduz a partir de ambientes onde a geomorfologia se destaca no desenvolvimento das Áreas Úmidas. Desse modo, destacam-se as Áreas Úmidas condicionadas por dinâmica fluviais, como as mantidas a partir do fluxo da água e sedimentos transportados pelos rios, constituindo áreas de planície de inundação (ELLERY *et al.*, 2009; TOOTH e MCCARTHY, 2007). Nesse contexto, evidenciam as AUs localizadas em terras elevadas na África austral, especificamente a *Wetland Kafue*, situado no País de Zâmbia (LIDZHEGU *et al.*, 2019), assim como, enfatizando de modo específico, a ação dos processos de erosão e sedimentação que atuam na dinâmica dos ambientes em epígrafe (ELLERY *et al.*, 2009).

Como segundo exemplo, têm-se as Áreas Úmidas alimentadas por fluxo perene de rios, destacando o delta do Okavango, na África do Sul. Cabe destacar ainda a atuação dessas variáveis na formação de pequenas AUs, desenvolvidas ao longo de rios efêmeros. Embora estes ambientes apresentem áreas relativamente menores, por efeito do fluxo sazonal dos canais, de modo coletivo, formam Áreas Úmidas significativas em um ambiente sazonalmente seco (TOOTH; MCCARTHY, 2007).

Outro condicionante evidenciado corresponde à conjuntura hidrogeológica. Certos ambientes inseridos em clima seco apresentam condições oportunas para desenvolvimento de AUs a partir da dinâmica exposta pela hidrogeologia, como a estruturação de camadas geológicas que permitem o desenvolvimento de aquíferos, os quais, a partir de ressurgências, alimentam canais que originam e mantêm esses ambientes em contextos áridos ou semiáridos. Aponta-se como exemplo, a conjuntura já indicada, encontrada na Chapada do Araripe, onde

os ambientes úmidos encontrados sob influência da Chapada, denominados de veredas, são condicionados substancialmente pela conjuntura hidrogeológica. (GUERRA, 2019).

Áreas Úmidas isoladas, também se apresentam como ambientes estruturados e mantidos pela conjuntura hidrogeológica. Estas áreas são caracterizadas pela ausência de conexão superficial, mas são definidas como AUs que se encontram interligadas e alimentadas a partir de fluxos subterrâneos (WINTER; LABAUGH, 2003). Em áreas de clima seco, o comportamento dessa variável manifesta-se como determinante na constituição de AUs com pulsos de inundação frequentes.

Por fim, a conjuntura hidrogeomorfológica, cada vez mais estudada e incorporada nas classificações e caracterizações das Áreas Úmidas (OLLIS *et al.*, 2013; GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018; GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2020), apresenta-se como variável primordial para o advento das AUs em terras secas, [...] “pois além de serem determinantes na sua formação, abarcam a diversidade de quadros morfológicos da paisagem, que condicionam diferentes tipos de AUs” (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018).

Embora os estudos realizados incorporando este parâmetro no Brasil tenham se desenvolvido em regiões de climas mais úmidos, como em Minas Gerais (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018; GOMES; MAGALHÃES JUNIOR 2020), verifica-se a relevância da inserção e análise desta variável nas AUs de clima árido ou semiárido, assim como considerou Ollis *et al.*, (2013) na classificação das Áreas Úmidas na África do Sul.

4.3 AUs associadas às áreas de cabeceiras: contexto neotropical

Existem diversos tipos de Áreas Úmidas que se distribuem em todo o mundo. Esses ambientes ocorrem em diferentes pontos de uma bacia hidrográfica, incluindo as áreas de cabeceiras de drenagem. Estas áreas de cabeceiras se caracterizam por exibir topografia côncava, desenvolvendo-se no domínio das encostas (COELHO NETO, 2003), constituindo o local que origina um curso fluvial (GUERRA; GUERRA, 2008). Nesses ambientes, podem ocorrer nascentes do tipo perenes, intermitentes, assim como podem não apresentar tal exfiltração. Além disso, cabe destacar que grande parte das AUs em cabeceiras encontra-se associadas a nascentes difusas (FELIPPE; MAGALHÃES JUNIOR, 2014).

No contexto do semiárido nordestino, comumente tem-se fontes naturais do tipo intermitente, tendo em vista que as condições climáticas da área não facilitam o surgimento de nascentes perenes. Todavia, abre-se exceções para áreas, especialmente os setores sedimentares sobre os quais o efeito das precipitações orográficas resultam em paisagens subúmidas e úmidas (LIMA *et al.* 2020), onde os componentes ambientais, como a

hidrogeologia controlam a dinâmica hídrica, possibilitando o aparecimento e manutenção de nascentes perenes. Como exemplo, tem-se a dinâmica exposta pela Chapada do Araripe, a qual favorece a manutenção de tais fontes.

Dessa forma, estes ambientes que apresentam nascentes perenes, possibilitam o surgimento de Áreas Úmidas também perenes, as quais expõe uma série de componentes ambientais que atuam na dinâmica e manutenção dessas AUs. No Brasil, estudos desenvolvidos no centro-oeste e sudeste (BOAVENTURA, 1981; FERREIRA, 2006, 2008; MELO e ESPINDOLA, 2006; ALENCAR-SILVA e MAILARD, 2012; RAMOS *et al.*, 2014; FAGUNDES e FERREIRA, 2016), assim como no Nordeste (GUERRA, 2019, 2020) acerca dessas AUs, apresentam a relevância, a dinâmica, assim como a estruturação e composição florística das mesmas.

As Áreas Úmidas associadas a cabeceiras de drenagem, tratadas nos estudos supramencionados, corresponde a ambientes onde o nível de sedimentação se sobrepõe ao processo erosivo, considerando a forma apresentada por essas áreas. Esta condição se expõe de modo similar ao que se processa em ambientes de vale, onde ocorre depósitos de preenchimento, conjuntura detalhada no trabalho desenvolvido por Barros *et al.*, (2014). Dessa forma, há o acúmulo de sedimentos, que associado à hidrologia da área, possibilita o desenvolvimento de solos hidromórficos, alagados durante parte do ano, ou de modo constante (SOUZA, 2013).

Em virtude destas condições, a vegetação que se instala possui características adaptadas a essa condição hídrica, como as hidrófitas, por exemplo. Dentre as espécies marcantes encontradas nessas áreas, destaca-se a palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*) (figura 9), de distribuição neotropical (figura 10), manifestando-se como um verdadeiro adorno desses ambientes (GUERRA, 2019).

Figura 9 - Palmeira Buriti (*mauritia flexuosa*)



Fonte: acervo da autora/Souza (2021)

Figura 10 -.

Figura 10 - Distribuição da palmeira *Mauritia flexuosa*

Em virtude da data de publicação do mapa, as áreas no sul do estado do Ceará que exibem a Palmeira Buriti (*Mauritia flexuosa*) ainda não foram apontadas.



Fonte: Sampaio (2012) adaptado de Oliveira Filho & Ratter (2000).

No Brasil, essas Áreas Úmidas que comumente apresentam a palmeira Buriti, são regionalmente conhecidas como Veredas (BOAVENTURA, 1981; RIBEIRO; WALTER, 1998), podendo ainda receber outros nomes de acordo com cada país ou região onde é encontrada (GONZÁLEZ-B; RIAL, 2013) dentro do neotrópico. São denominados de “[...] 'aguajal' no Peru, 'cananguchal' na Colômbia e 'morichal' na Venezuela e em algumas partes da Colômbia, devido aos nomes vernaculares das espécies, 'aguaje', 'canangucha' e 'morighe', respectivamente” (KAHN, 1991, p.135).

Essas áreas são diversas ao mesmo tempo em que são peculiares. Essas diferenças paisagísticas nas Áreas Úmidas que abrigam a *Mauritia flexuosa* derivam das condições estruturais, esculturais e climáticas presente no neotrópico, visto que se trata de uma região biogeográfica com uma grande variedade de ambientes, condicionados pela diversidade de climas e topografias complexas que sustentam a existência de múltiplos biomas etc. (NARVÁEZ-GÓMEZ *et al.*, 2018).

Vereda é definida de acordo com Boaventura (1981), como um termo regional, usado para definir ambientes que apresentam vales rasos, onde são comuns os buritizais. Destaca ainda que as veredas típicas constituem vales rasos, com vertentes côncavas arenosas de caimento pouco pronunciado e fundo plano preenchido por argilas hidromórficas.

Nesse sentido, no que concerne à ocorrência dos ambientes de Veredas, Boaventura (1981) salienta que estes subcompartimentos emergem a partir do afloramento do lençol freático, através da dinâmica entre camadas geológicas, onde há a acomodação de uma camada permeável sobre uma camada impermeável. Além deste condicionante geológico, Boaventura (1981) ainda aponta outros fatores relativos à manutenção das mesmas, tais como: superfície de aplainamento, nível de base local e exorreísmo. Para além desses condicionantes geomorfológicos, ele adiciona ainda outro fator de ordem climática: clima tropical (com duas estações bem marcadas).

A respeito da conjuntura geomorfológica, Boaventura (1981) destaca que “as veredas típicas são vales rasos, com vertentes côncavas arenosas de caimento pouco pronunciado e fundo plano preenchido por argilas hidromórficas [...] o escoamento é geralmente perene, notando-se, entretanto, nítida variação sazonal de vazão” (BOAVENTURA, 1981, p. 26).

No que corresponde a fitofisionomia, as Veredas são ambientes que abrigam uma comunidade/vegetação do tipo hidrófila e higrófila. No geral, são percebidas nesse ambiente “agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas” (RIBEIRO; WALTER, 1998, p. 129), onde a *Mauritia flexuosa* aparece em meio a e esses estratos vegetais, “ocorrendo tanto em alinhamentos, como em formações e associações mais densas, que se destacam no meio dos cerrados adjacentes” (BOAVENTURA, 1981, p. 26).

A composição pedológica dessas AUs, por efeito da influência do lençol freático, é constituída por solos hidromórficos, os quais são constantemente saturados de água, dispondo de grande carga de sedimentos. Estes solos encontrados nesses ambientes se distribuem entre Gleissolos melânicos e háplicos, bem como Organossolos (RAMOS *et al.*, 2006).

Nesse sentido, Guerra (2019) aponta a existência desses subsistemas no extremo sul do estado do Ceará, destacando a ocorrência de Veredas em áreas do sopé e encosta da Chapada do Araripe, decorrentes da influência direta das condições hidrogeológicas, do contexto geomorfológico regional e local, da ocorrência de solos hidromórficos e da comunidade hidrófila.

Em seu trabalho, Guerra (2019) aponta as disposições hidrogeológicas como condição principal para a ocorrência de Veredas em áreas equivalente ao sopé e encosta da Chapada. Dessa forma, afirma que o contato do aquífero superior com o aquítarde resulta no acúmulo de água no aquífero suspenso, o qual originam as surgências que seguem a direção do mergulho das camadas litoestratigráficas em função dos basculamentos de blocos para NE e W (GUERRA, 2019).

Todavia, embora enfatize a hidrogeologia, Guerra (2019) ressalta ainda a relevância de outros condicionantes ambientais que atuam no surgimento e manutenção dessas AUs situadas no semiárido nordestino, tais como: a geomorfologia, a geologia, a pedologia, os aspectos fisionômicos, entre outros. Guerra (2019) apresenta a atuação desses condicionantes nos ambientes identificados na porção cearense. “O respaldo científico é dado pelo contexto geológico, geomorfológico – tanto os aspectos relativos ao relevo regional e local –, hidrogeológico, pedológico e fitogeográfico” (GUERRA, 2019, p. 137).

De modo geral, nota-se uma série de condicionantes que caracterizam e mantêm os subsistemas de Veredas. A identificação dessas variáveis constitui-se como indispensável para a compreensão dos processos atuantes, assim como da dinâmica que o ambiente apresenta. Ademais, o reconhecimento destes controles ambientais auxilia na caracterização e identificação de outros ambientes úmidos análogos presentes em contextos paisagísticos distintos.

4.4 Métodos e procedimentos de análise dos condicionantes ambientais das AUs

Os condicionantes ambientais configuram-se como elementos controladores da composição e dinâmica de paisagens naturais. Destacam-se por atuar no desenvolvimento destes ambientes de modo complexo, a partir de interações com o espaço onde se processam. Nesse sentido, a identificação e o registro da atuação desses controladores tornam-se essenciais para o entendimento da dinâmica dos ambientes naturais.

Neste trabalho, estes condicionantes são evidenciados na estruturação e controle de Áreas Úmidas, especialmente os ambientes localizados em regiões de clima seco. Desse modo, a análise de estudos que indicam e caracterizam a atuação desses componentes em AUs

inseridas em contextos climáticos desfavoráveis a sua formação, auxilia em seu reconhecimento, assim como nas formas de identificação dos controladores.

Como mencionado anteriormente, os controladores observados na estruturação das AUs em terras áridas e/ou semiáridas, são de ordem geológica, hidrogeológica, geomorfológica, hidrogeomorfológica, pedológica e antrópica. Nesse contexto, os parâmetros identificados e utilizados nos estudos desenvolvidos sobre Áreas Úmidas, são incorporados na análise destes controladores.

Em trabalhos desenvolvidos sobre *wetlands in drylands* no sul do continente africano, são destacados parâmetros de ordem geológica, hidrogeológica e geomorfológica (TOOTH e MCCARTHY, 2007; TOOTH, 2017; MELLY, *et al.*, 2017; LIDZHEGU *et al.*, 2019), na estruturação de ambientes úmidos. Para a identificação e averiguação do comportamento dos componentes geológicos, Lidzhegu *et al.* (2019) sobrepuseram os limites das Áreas Úmidas ao Mapa Geológico de 2009 dos Países da Comunidade de Desenvolvimento da África austral. Para delineamento das características geomórficas componentes das AUs, os autores utilizaram informações topográficas, obtidas a partir do MDE por meio do *Shuttle Radar Topography Mission SRTM*, resolução espacial de 30 m. Além disso, os autores destacam a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e sensoriamento remoto como ferramentas úteis para aquisição de informações sobre sistemas de AUs que são difíceis acessar.

Melly *et al.*, (2017), consideraram os parâmetros: camadas de rochas e solos com características impermeáveis na implicação do desenvolvimento de AUs na África austral. Nesse sentido, realizaram coletas de solos, atendendo a uma profundidade de 1,3 m ou até alcançarem a rocha, bem como analisaram os minerais predominantes através da difração de raios X, identificando a montmorilonita, a ilita e a haloisita. Dessa forma, durante as coletas, camadas impenetráveis de solo, constituídas de calcrete, rochas e / ou argila, foram alcançadas dentro de 1 m de superfície, acima do aquífero regional. Essas formações impermeáveis conseguem acomodar a água durante um período, e dessa forma, constituem-se como AUs.

Tooth e McCarthy (2007) usaram parâmetros geomorfológicos e sedimentológicos para caracterizar Áreas Úmidas na África do Sul. Consideram que as AUs se desenvolvem em terras secas em virtude de afluições dos rios que se combinam com outros fatores os quais servem para impedir a drenagem ou reduzir a infiltração, que inclui falhas, afloramentos rochosos, solos dilatados e formações de lagoas por sedimentos tributários ou eólicos.

Do mesmo modo, Tooth (2017), considerou a geomorfologia como parâmetro para caracterizar AUs que apresentavam maior resiliência, também na África do Sul. Para tanto, desenvolveu este estudo com base em imagens de satélites e aéreas, dados de campo e geocronologia, com base em um conjunto de dados, o qual foi utilizado para fornecer a estrutura espacial (até 50 km²) e temporal (final do Quaternário) para uma avaliação da resiliência. Destacaram, portanto, que nas Áreas Úmidas em terras secas, a ambiguidade na definição de resiliência é composta pela ampla variedade de características de zonas úmidas resultantes de diversas combinações de controles hidroclimáticos, geológicos, geomorfológicos, edáficos, vegetativos e antropogênicos.

Augustin, *et al.* (2009) destacam a relevância de se analisar os aspectos geomorfológicos de Áreas Úmidas, classificadas como Veredas no domínio do Cerrado. Neste trabalho, considerando a análise desse parâmetro, foram realizados transectos ao longo do ambiente úmido, coletas de solos e radargramas por todo o percurso dos transectos. Os radargramas foram executados com o auxílio do Georadar (*Ground Penetrating Radar-GPR*).

Os autores ressaltam a presença de argila-orgânica, que aparentemente funciona como uma camada tampão, criando condições para a retenção da água na superfície por um período mais prolongado. Sugerem, portanto a presença de nível freático suspenso (*perched water-table*), assim como, do mesmo modo, Lidzhegu *et al.*, (2019) apontam também a presença de níveis freáticos suspensos, acima do aquífero regional, mas em áreas da África do Sul.

Para a identificação dos parâmetros hidrogeomorfológicos, atualmente bastante discutido e incorporado nas análises e classificações de Áreas Úmidas (OLLIS, 2013; GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2018; GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2020), em seu trabalho sobre AUs no estado de Minas Gerais, Gomes e Magalhães Junior (2020) analisaram critérios geomorfológicos, como a forma (plana, deprimida ou côncava), a posição na paisagem (topos de morro, vertentes e fundos de vale) e contexto geomorfológico de ocorrência, os processos (perda ou acumulação de materiais), assim como o tipo de materiais associados. Consideraram ainda os processos hidrológicos, tendo em vista os dados de origem/entrada da água predominante (superficial ou subsuperficial), a dinâmica da água prevalente (tipo de movimento e saída da água) e o regime hidrológico (permanente ou temporário).

Em um estudo realizado na porção leste do Canadá, Tiné *et al.*, (2019) destacam a importância da modelagem para averiguação das mudanças espaço-temporais ocorridas em Áreas Úmidas. Para tanto, consideraram a saturação do solo acompanhado de uma fraca

drenagem do mesmo como parâmetros usados para caracterizar as AUs. Neste estudo analisaram-se as Áreas Úmidas abertas, ambientes onde a cobertura vegetal é menos que 25% (LEMELIN *et al.*, 2010). Uma reclassificação de imagens LANDSAT de 1985, 1995 e 2005, a elaboração de mapas de transição potencial da cobertura de terra, assim como a elaboração de uma abordagem de modelagem híbrida, foram os procedimentos usados a fim de simular mudanças das Áreas Úmidas abertas, no Canadá.

As Áreas Úmidas, constituindo ambientes de grande complexidade (TINÉ *et al.*, 2019), apresentam uma gama de controladores, os quais são condicionados a partir da configuração climática, bem como do contexto geomorfológico e geológico da região onde encontram-se inseridos. O quadro 4 apresenta de forma sintetizada os parâmetros, os procedimentos, assim como as ferramentas usadas para analisar os parâmetros ambientais controladores das AUs considerando os estudos dos Autores supramencionados.

Quadro 4 - Síntese dos parâmetros e métodos empregados no estudo de Áreas Úmidas

Autores (as)	Controladores e parâmetros considerados	Métodos (procedimentos e ferramentas) utilizados
Lidzhegu <i>et al.</i> (2019)	Geologia, hidrogeologia e geomorfologia.	Mapa geológico da área, SIGs, informações topográficas (SRTM, 30 m).
Melly <i>et al.</i> , (2017)	Geologia - camadas de rochas e pedologia - solos impermeáveis.	Coletas de solos, difração de raios X.
Tooth e McCarthy (2007) Tooth (2017)	Geomorfologia; Geomorfologia sedimentologia.	Imagens de satélites e aéreas, dados de campo e geocronologia,
Augustin, Melo e Aranha (2009)	Geomorfologia.	Transectos, coletas de solos e radargramas, executados com o auxílio do Georadar (Ground Penetrating Radar-GPR).
Gomes e Magalhães-Junior (2020)	Hidrogeomorfologia, geomorfologia e hidrologia.	Levantamento dos aspectos Físicos de Minas Gerais, análise de mapas temáticos e análise integrada das Classes hidrogeomorfológicas.
Tiné <i>et al.</i> , (2019)	Pedologia e hidrologia - saturação do solo e fraca drenagem do mesmo.	Reclassificação de imagens LANDSAT, elaboração de mapas de transição potencial da cobertura de terra e criação de modelo híbrido.

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A partir desta discussão e da análise do quadro 4, nota-se que a geomorfologia apresenta-se como parâmetro recorrente nos estudos relativos às AUs, tendo em vista o debate acerca dos controladores ambientais, seguidos dos métodos empregados para o reconhecimento dos mesmos. Com base nessa informação, inicia-se, de modo preliminar, a percepção da influência notável do relevo no desenvolvimento e conservação dos ambientes em destaque nesse trabalho.

Do mesmo modo, destaca-se que o sensoriamento remoto, assim como o uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), incorporado ao Geoprocessamento manifestaram-se como as técnicas mais usadas para o delineamento dos estudos voltados para

o entendimento dos processos, assim como do funcionamento das Áreas Úmidas, considerando as análises realizadas nos trabalhos acima citados. Estas técnicas, portanto, emergem como promissoras para o desenvolvimento de estudos que busquem investigar de modo mais acurado as AUs, notadamente as áreas de pequena extensão espacial, as quais se encontram em locais de difícil acesso.

Entretanto, não se descarta a relevância que apresenta o trabalho de campo, uma vez que associado às técnicas de geoprocessamento potencializam os resultados das investigações. Todavia, quando a atividade de campo é inviabilizada, o geoprocessamento assume a elaboração do trabalho, alcançando bons resultados.

Além dessas facilidades, cabe destacar as limitações percebidas e encontradas nos estudos que permeiam as AUs, especialmente no que tange os métodos e técnicas envolvidos nas análises. Um dos pontos que merece destaque quando se trata da AUs é o monitoramento hidrológico, especialmente no que tange ao monitoramento dos níveis do lençol freático. Este acompanhamento, especialmente em regiões de clima seco manifesta-se como mecanismo fundamental para o entendimento da dinâmica apresentada pelas Áreas Úmidas ao longo do ano, tendo em vista que a posição do lençol freático altera-se com o tempo e espaço sob efeitos climáticos regionais (BASTOS *et al.*, 2019). No semiárido esta condição pode ser notada mais facilmente, em virtude da apresentação das duas estações definidas, sendo maior a da estiagem, onde o nível freático tende a baixar.

Entretanto, embora este método seja relevante, o mesmo exibe certas limitações, tendo em vista que para este monitoramento, de modo específico, é necessária a instalação de equipamentos que registrem estas alterações, como um poço piezométrico (ANDRADE; RODRIGUES, 2016). Dessa forma, esta instalação pode apresentar adversidades, como local de difícil acesso e conseqüentemente de difícil estabelecimento dos aparelhos, a disponibilidade de tempo para a coleta dos dados de modo constante e ainda dispor de um montante financeiro suficiente para a compra dos materiais necessários.

Assim, quando essas questões impedem esse monitoramento a partir de equipamentos instalados na área estudada, o sensoriamento remoto mostra-se como uma ferramenta que pode auxiliar nos estudos de forma satisfatória, como mencionado em vários trabalhos descritos no quadro 4.

5 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos nesse trabalho, o mesmo foi dividido em 5 etapas, a saber: (I) aquisição de bases cartográficas de origem digital (vetor e *raster*) e produção de

mapas temáticos; (II) determinação dos pontos a serem visitados no campo; (III) definição e reconhecimento das AUs; (IV) estabelecimento dos parâmetros ambientais e dos pontos representativos (V) definição das AUs representativas; (VI) caracterização e classificação das AUs de cabeceira de drenagem na Chapada do Araripe.

5.1 Aquisição de bases cartográficas e produção de mapas temáticos

A aquisição das bases cartográficas necessárias para a produção dos mapas efetuou-se em bancos de dados de produtos especializados disponibilizados de forma gratuita, como o *United States Geological Survey* (USGS), o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) entre outros.

De modo específico, as informações referentes ao mapa geológico, bem como os mapas das médias pluviométricas anuais e dos trimestres mais secos e chuvosos foram obtidas no banco de dados da CPRM. As bases para a elaboração do mapa de compartimentação geomorfológica também foram adquiridas no site da CPRM em conjunto com informações adquiridas no site do IBGE. O mapa de uso e ocupação foi elaborado mediante dados obtidos no IBGE e o MDE, assim como o mapa de declividade foram elaborados a partir das imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) o qual apresenta resolução espacial de 30 m, resolução que permite uma análise mais detalhada, comparado a de 90 m (ARAÚJO, 2018).

Os produtos cartográficos deste trabalho foram produzidos a partir do *Software ArcGIS (ArcMap)* versão 10.5, com a licença do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba. Os mapas temáticos apresentados na caracterização da área foram elaborados com o intuito de caracterizar os aspectos físicos e ambientais da Chapada em epígrafe, de modo geral, para que possam auxiliar na definição de parâmetros, bem como identificação das AUs.

Para o desenvolvimento desta caracterização e avaliação, além da utilização dos mapas, procurou-se dialogar com trabalhos que apresentam e discutem os elementos naturais, bem como os processos que atuam na área que cobre a Chapada do Araripe, a fim de fomentar a discussão, a qual exprime significativa relevância para análise dos resultados.

5.2 Determinação dos pontos a serem visitados no campo exploratório

As áreas visitadas no campo realizado em novembro do ano de 2020 foram selecionadas a partir de imagens de satélites, bem como a partir de dados secundários, como leituras de trabalhos que indicassem a presença de AUs na Chapada do Araripe e que apontassem possíveis indicadores para origem e manutenção destas no referido ambiente (e.g. GUERRA, 2019; GUERRA *et al.*, 2020).

Assim, elegeram-se pontos que apresentavam potencial para serem AUs. Considerou-se nessa perspectiva, os seguintes aspectos: se encontrar em áreas de sopé e/ou encosta da Chapada do Araripe, considerando os espaços acomodados em trechos de vales encaixados, definido por Guerra e Guerra (2008) como vale cujo aprofundamento do talvegue ocorreu de modo acentuado, originando margens pouco largas e vertentes de fortes declives.

Além disso, essas áreas apresentam maior acumulação de sedimentos (BARROS *et al.*, 2014), uma vez que tratam-se de áreas cercadas por formas de relevo que distribuem sedimentos para as partes mais baixas, como esses ambientes de vale. Nessa perspectiva, ela se apresenta como uma condição atuante na manutenção das AUs, pois o preenchimento de espaços com sedimentos mais finos promove uma melhor retenção da umidade no solo.

Frente ao exposto, selecionaram-se pontos dispostos nas referidas áreas, uma vez que as cabeceiras de drenagem, as quais abrigam as nascentes, se desenvolvem em trechos das encostas (COELHO-NETTO, 2003), bem como em virtude das Áreas Úmidas identificadas por Guerra (2019) se encontrar assentadas em porções do sopé e encosta da Chapada em destaque. Além disso, consideraram-se as áreas de vales encaixados, tendo em vista que são ambientes propensos ao maior acúmulo de água e sedimentos.

O campo foi realizado entre os dias 20 e 24 de novembro de 2020, percorrendo pontos distribuídos entre as áreas da Chapada que cobrem os estados do Ceará, Pernambuco e Piauí. Cabe destacar que neste mês, o semiárido, de modo geral, ainda se encontra no período de estiagem, onde o nível de precipitação é reduzido ou nulo. Todavia, nos dias antecedentes e durante o campo ocorreu precipitação, a qual variou de 1,4 a 84,1 mm em alguns dos pontos visitados.

A proposta de execução desta atividade pautou-se especialmente no reconhecimento exploratório da área. Nesse sentido, para coleta e análise dos pontos utilizou-se um aparelho de Global Positioning System (GPS), câmera fotográfica e cadernetas para anotações. Dessa forma, em cada ponto visitado eram coletadas as coordenadas geográficas por meio do GPS, assim como eram feitas imagens do ambiente, seguidas de análises registradas, para que posteriormente, a partir da análise dos ambientes fossem definidos quais pontos se comportariam como AUs e quais não.

5.3 Definição e reconhecimento das AUs

Esta etapa consistiu na definição dos pontos que apresentaram AUs e dos que não se enquadraram nesta categoria. Esta identificação ocorreu a partir das observações e análises realizadas durante o campo exploratório. Para tanto, definiram-se de modo preliminar

parâmetros com base ainda em dados secundários, para que pudessem fundamentar esta diferenciação (quadro 5).

Quadro 5 - Parâmetros definidos preliminarmente para diferenciação de AUs e não AUs

Parâmetros
Fundo de vale com baixa declividade
Área preenchida por sedimento
Solos com características hidromórficas
Presença de poço amazonas (poço raso)
Lâmina d'água superficial
Vale estreito

Fonte: elaborado pela autora (2021)

Foram visitados 36 pontos, no total. Dentre estes pontos, a partir da análise dos parâmetros destacados no quadro 5 foram identificados 11 ambientes que abrigam AUs. É válido salientar que locais como os visitados em Missão Velha e Santana do Cariri, contabilizam juntos 13 pontos, 4 visitados no primeiro e 9 no segundo local, respectivamente. Todavia, estes pontos correspondem a locais que constituem uma AU. Dessa forma, todos estes foram considerados como apenas um ponto dentro desta diferenciação.

Além disso, entre os 36, existem pontos que correspondem a locais como escarpas erosivas, imagens panorâmicas de vales estreitos etc. como os pontos 3 em Missão Velha, 12 e 13, em Santana do Cariri, 21 em Ipubi, 23 em Bodocó e 32 em Exu. Assim, são áreas que não se inserem no cômputo das AUs.

A identificação destas áreas possibilitou uma investigação mais precisa acerca das características e parâmetros que originam e mantém estes ambientes. Com base nesses 11 pontos, associados a dados secundários, foi possível apontar outros parâmetros, estes mais específicos a fim de selecionar pontos representativos que pudessem servir de base para gerar uma classificação das AUs de cabeceira de drenagem na Chapada do Araripe.

5.4 Estabelecimento dos parâmetros ambientais e dos pontos representativos

Os parâmetros ambientais a serem considerados neste trabalho enquadram-se no conjunto de controladores naturais que influenciam no surgimento das Áreas Úmidas. Ressalta-se que estes parâmetros foram delineados a partir de leituras feitas sobre o tema, bem como a partir das análises realizadas em campo.

Foram destacadas uma série de parâmetros naturais e antrópicos a fim de analisar no decorrer desta investigação, quais se enquadrariam de forma efetiva na estruturação e

dinâmicas da AUs em cabeceiras de drenagem e quais não, considerando as áreas da Chapada do Araripe. Para tanto, estes foram distribuídos seguindo a seguinte divisão: parâmetros geradores e mantenedores das AUs; Fatores resultantes da presença das AUs; Aspectos que integram ambas as dimensões. O quadro 6 apresenta esta divisão.

Quadro 6 - Parâmetros definidos para análise das AUs na Chapada do Araripe

Controladores	Parâmetros originadores e mantenedores das AUs	Fatores resultantes da presença das AUs	Aspectos que integram ambas as dimensões
Geológicos	Tipo de litologia Camadas impermeáveis sotopostas a áreas permoporosas		
Hidrogeológicos	Potencial hidrogeológico local Presença de nascentes		
Geomorfológicos	Vale estreito Amplitude altimétrica Declividade moderada a baixa Forma da encosta Área de deposição de sedimentos		
Hidrogeomorfológicos	Potencial para acumulação de água (TWI) Área de Captação da AU		
Antrópicos	Formas de uso do solo Captação da água		
Pedológicos		Solos hidromórficos	
Vegetacionais		Vegetação hidrófila e higrófila	
Hidrográficos			Regime hidrográfico (presença ou ausência de lâmina d'água superficial); Fonte de alimentação hídrica (pluvial e/ou subterrânea)

Fonte: elaborado pela autora (2021)

Dentre estes, há os que foram obtidos através de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento e os que foram reconhecidos e observados durante o primeiro campo. O quadro 7 apresenta os parâmetros, detalhando-os acerca das informações usadas e de como foram obtidos.

Quadro 7 – Informações detalhadas acerca dos dados utilizados para análise e formas de obtenção de cada parâmetro

PARÂMETROS		
Geológicos	Informações usadas	Forma de obtenção
Tipos de litologia	Dados secundários (ASSINE, 1992; BRASIL, 1996; ASSINE, 2007; ASSINE <i>et al.</i> , 2014), mapas e dados digitais (IBGE e CPRM), trabalho de campo.	Análise das exposições litológicas em campo; sobreposição dos pontos visitados no mapa geológico.

Camadas impermeáveis sotopostas a camadas permoporosas	Dados secundários (Guerra, 2019; Guerra <i>et al.</i> , 2020, Assine, 1992; 2007, Assine <i>et al.</i> , 2014, Brasil, 1996; 2005.	Realização de leituras para obter informações a interação entre camadas impermeáveis e permoporosas na Chapada do Araripe; análise do mapa geológico da Bacia do Araripe: folha SB.24-Y-C-VI-4 Monte Santo.
Hidrogeológicos		
Potencial hidrogeológico e presença ou ausência de nascentes	Dados secundários: Brasil (1996), Kimura e Loureiro (2004), Ceará (2009), entre outros; trabalho de campo	Análise destes trabalhos técnicos sobre os recursos hídricos subterrâneos da Bacia Sedimentar do Araripe; Identificação de nascentes, por meio do trabalho de campo, considerando a indicação da população local.
Hidrogeomorfológicos		
Potencial para acumulação de água a partir do TWI	MDE (SRTM, 30m)	A partir do uso do software ArcMap 10.5, utilizando a seguinte fórmula: $TWI = \ln \left(\frac{\alpha}{\tan \beta} \right)$ $\alpha = \text{área de contribuição}$ $\beta = \text{declividade da região (LOTTE, 2015)}.$
Área de Captação da AU	MDE (SRTM, 30m)	Software ArcMap 10. 5, através das ferramentas: <i>flow direction</i> e <i>flow accumulation</i> .
Antrópicos		
Formas de uso do solo e captação de água nas AUs	Trabalho de campo; Imagens de drone.	Observações realizadas em campo, análise das imagens de drone a fim de identificar as áreas usadas para agricultura e agropecuária de modo geral.
Pedológicos		
Presença ou ausência de solos hidromórficos	Dados secundários (GUERRA, 2019; GUERRA <i>et al.</i> , 2020);Trabalho de campo.	Leituras a partir destes trabalhos que apontam a distribuição de solos hidromórficos em parte das áreas estudadas; em campo foi feita análise da cor, textura, concentração orgânica, localização na paisagem etc.
Vegetacionais		
Presença ou ausência de vegetação do tipo higrófila e hidrófila	Dados secundários (GUERRA, 2019; GUERRA <i>et al.</i> , 2020);Trabalho de campo.	A identificação das espécies ocorreu a partir de observações em campo e do registro fotográfico destas, além da obtenção de informações a partir destes trabalhos mencionados, os quais apontam a existência de várias espécies hidrófilas e higrófilas em parte das áreas estudadas.
Hidrográficos		
Presença ou ausência de lâmina d'água superficial	Trabalho de campo	Observação de áreas que possuíam umidade constante, por meio da presença da água superficial; análise de ambiente com presença de água subsuperficial, identificada a partir da instalação de poços artesianos.
Fonte de alimentação hídrica (pluvial e/ou subterrânea)	Dados obtidos a partir da análise dos parâmetros hidrogeológicos; trabalho de campo.	Reconhecimento preliminarmente da fonte de alimentação hídrica, validando as informações a partir do trabalho de campo.
Geomorfológicos		
Vale estreito (largura do vale)	MDE (SRTM, 30m)	ArcMap 10.5, com o uso das ferramentas <i>Interpolate line</i> e <i>profile graph</i> , as quais permitem traçar uma linha na área desejada, seguida de um esboço em um gráfico mostrando a largura e profundidade do ambiente delineado.
Amplitude altimétrica	MDE (SRTM, 30m)	Delineamento de linhas entre o topo da Chapada (na área do vale onde encontra-se a AU) e a área mais baixa desta, verificando a altitude a partir da ferramenta <i>histograma</i> .
Declividade e forma da encosta	MDE (SRTM, 30m)	ArcMap 10. 5, através da ferramenta <i>Slope</i> e <i>Curve</i> disponíveis no <i>ArcToolbox</i> , obtido através do <i>3D Analyst Tools</i> . As AUs identificadas serão sobrepostas a imagem e a

		área será recortada. Este procedimento ocorrerá a partir da ferramenta <i>Extract by mask</i> , disponível também no <i>ArcToolbox</i> , por meio do <i>Spatial Analyst Tools</i> . Assim, cada área identificada terá a declividade e curvatura vertical média calculada.
--	--	--

Fonte: elaborado pela autora (2022)

5.5 Definição das AUs representativas

A definição das AUs representativas corresponde à primeira etapa da classificação. Para tanto, foram classificados pontos selecionados que representam os demais ambientes. Para a definição dos AUs representativas utilizou-se as áreas com diferentes características, mas que conseguissem representar os demais pontos visitados a fim de gerar uma classificação abrangente. Para tanto, seguiu-se os parâmetros ambientais considerados adequados e que apresentaram um padrão, sendo estes delineados a partir das discussões acompanhadas de análises relativas a cada parâmetro.

Dessa forma, considerou-se o tipo de regime hídrico: perene ou intermitente, áreas com geologia distinta, assim como formas também distintas, vegetação, uso do solo etc. com o intuito de associar essas condições ao desenvolvimento de AUs e classificar os diferentes tipos destes ambientes encontrados na Chapada do Araripe.

Foram selecionados 6 Áreas Úmidas, extraídas dos 11 pontos selecionados. Tais ambientes encontram-se nos municípios de Jardim, Salitre, Santana do Cariri e Barbalha, no estado do Ceará, e em Exu e Bodocó, no estado de Pernambuco.

5.6 Caracterização e Classificação das AUs de cabeceira de drenagem na Chapada do Araripe

5.6.1 Caracterização dos pontos representativos

Esta etapa foi realizada a partir da definição dos pontos representativos, tendo em vista foram caracterizados e posteriormente classificados os ambientes selecionados. Para a caracterização das áreas elegidas foram obtidas informações detalhadas, com ênfase na hidrogeomorfologia. Nesse contexto, foi aplicado o TWI, calculado a declividade média, a área de captação, amplitude altimétrica, a largura do vale, a curvatura vertical e a altitude. Ademais, gerou-se um MDE a partir das imagens de drone, bem como um mosaico que apresenta características específicas dos ambientes, especificando ainda sua posição na paisagem (GOMES; MAGALHÃES-JUNIOR, 2020), para auxiliar na classificação. Os perfis que acompanham os MDE's foram feitos no programa *Microsoft Excel* e organizados no *Power Point*, assim como os mosaicos.

Posteriormente, após o mapeamento detalhado e obtenção das informações supramencionadas, foi desenvolvido o texto explicativo acerca dos dados trabalhados em ambas as atividades. O texto discute as informações obtidas com o mapeamento, analisando as semelhanças e diferenças encontradas em cada ponto representativo. Trata ainda do cruzamento de informações, fazendo análise dos dados que serão considerados na classificação.

5.6.2 Separação e classificação dos tipos

A classificação das Áreas Úmidas ocorreu a partir dos controladores ambientais e seus respectivos parâmetros (quadro 6). No entanto, os critérios hidrogeomorfológicos foram enfatizados nesta classificação. Dessa forma, esta terá como suporte os trabalhos desenvolvidos por Ollis (2013) e Gomes e Magalhães-Junior (2020), os quais classificaram AUs com base na hidrogeomorfologia.

Assim, os parâmetros destacados dentro da geomorfologia e hidrologia foram a inclinação e forma da encosta, o nível de declividade e a altitude, largura do vale e superfície de aplainamento, e ainda o regime hidrológico, permanente ou temporário, presença de água superficial ou subsuperficial, parada ou corrente.

Por fim, as nomenclaturas utilizadas para nomear todas as áreas incluídas nesta classificação foram delineadas a partir da observação e estudos dos critérios, para que se adequem a conjuntura exposta pela AUs, tal qual foi feito nos trabalhos supramencionados. Além disso, foram geradas imagens em 3D para representar cada classe de AU identificada. Estas imagens foram desenvolvidas conforme os modelos propostos no trabalho de Ollis *et al.* (2013) e Gomes e Magalhães Junior (2020), utilizando o *software Paint 3D* da plataforma *Microsoft Windows*.

6 RESULTADOS

6.1 Caracterização inicial das áreas visitadas

Visando compreender a diversidade ambiental no entorno da Chapada do Araripe, foram visitados 36 pontos durante o trabalho de campo. A figura 11 apresenta a localização e a disposição dos pontos em cada município visitado. A realização do campo foi imprescindível para o delineamento e caracterização dos parâmetros associados às Áreas Úmidas presentes em trechos da Chapada.

Foram percorridos ambientes com regime hídrico intermitente, assim como perene, áreas com corpo litológico sedimentar e cristalino, áreas que exibiram vegetações hidrófilas e ambientes que mostraram vegetação higrófila etc. Com base nestas características,

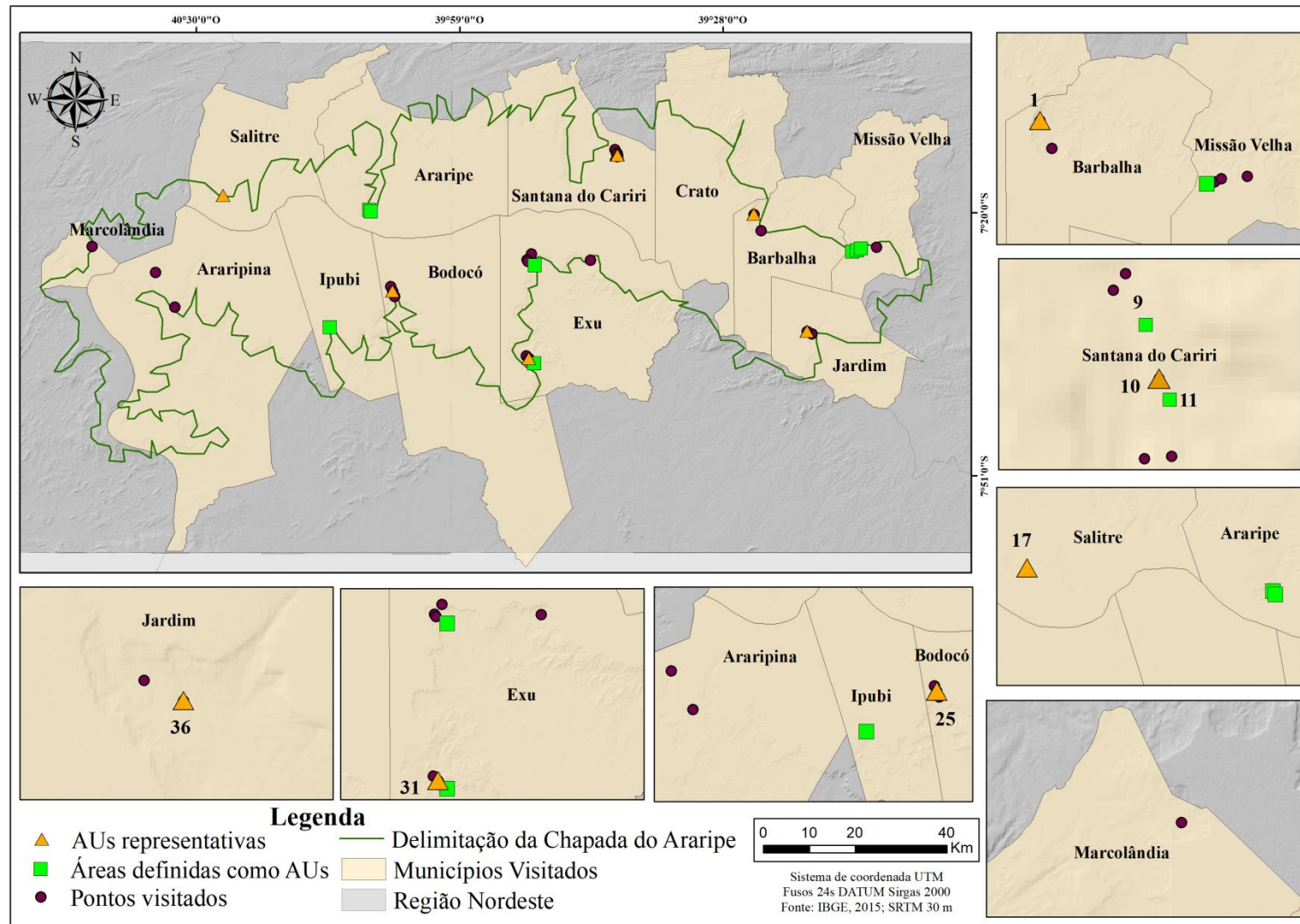
relacionando com os parâmetros expostos no quadro 6 foi possível verificar quais pontos constituíam AUs e quais não.

O campo foi realizado durante o período seco, em novembro. Por esse motivo, grande parte das áreas visitadas não apresentou lâmina d'água superficial, tendo em vista que grande parte das áreas visitadas possui regime hídrico intermitente. A diferenciação preliminar ocorreu a partir da verificação dos parâmetros de ordem geomorfológica, pedológica e hidrológica, destacados no quadro 5.

Dos 36 pontos visitados, 11 foram considerados como AUs. Todos os pontos compostos por AUs apresentaram fundo de vale com baixa declividade e área de deposição de sedimento, sendo estes, parâmetros basilares na composição de Áreas Úmidas. Nesse contexto, nota-se que os demais parâmetros identificados de modo preliminar foram os que conseguiram definir melhor e diferenciar os ambientes que constituíam AUs.

Ao analisar a figura 11, percebem-se quais ambientes, entre os visitados, caracterizam-se como AUs. De modo inicial, os ambientes foram separados entre AUs e não AUs com o intuito de compreender as especificidades que estruturavam este primeiro ambiente, e posteriormente identificar as características que diferenciavam tais espaços. Esta distinção possibilitou uma análise mais acurada acerca das particularidades das AUs, e conseqüentemente o reconhecimento de outros parâmetros que as mantêm.

Figura 11 - Mapa dos pontos visitados evidenciando as áreas compostas por AUs e os pontos representativos

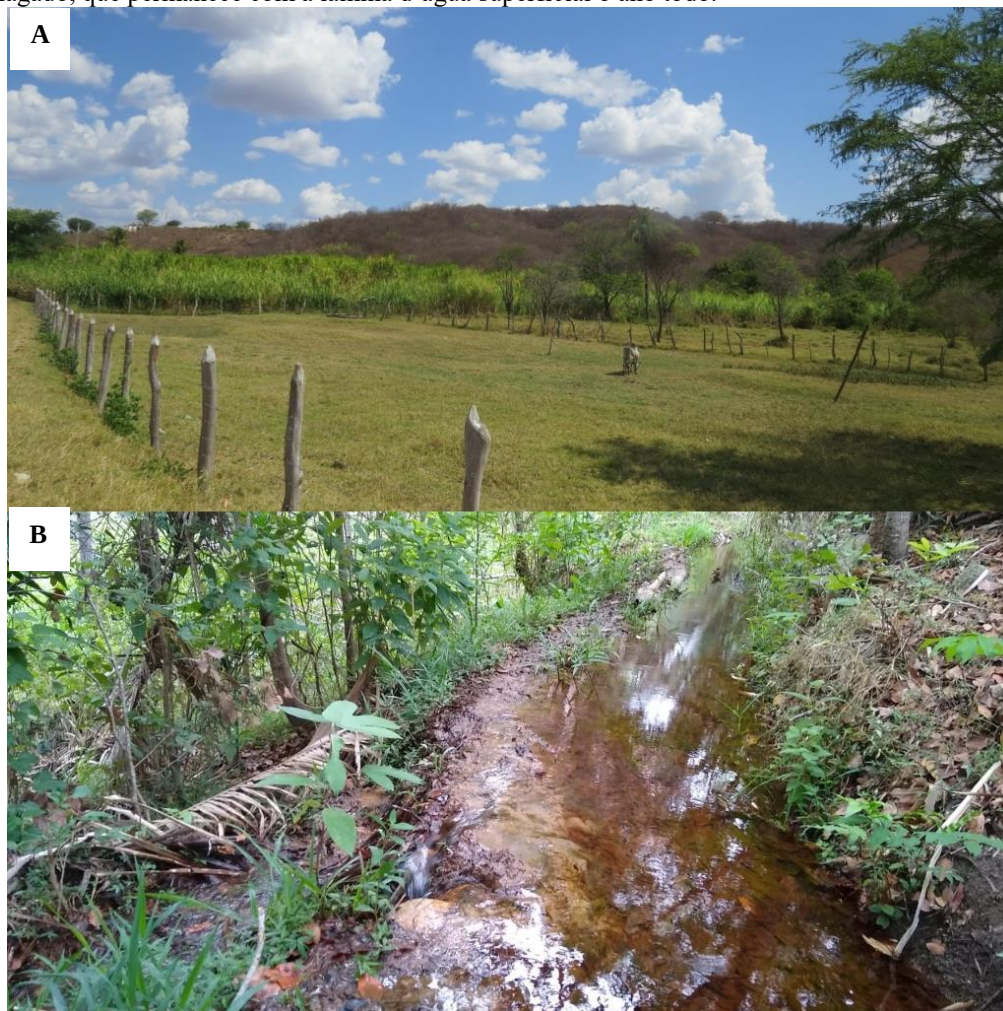


Fonte: elaborado pela autora (2021)

Considerando que as AUs foram definidas com base nos parâmetros preliminares destaca-se, como mencionado anteriormente, que 11 pontos foram considerados AUs. As demais áreas, portanto, não entraram nesta contagem. A título de exemplo, têm-se as AUs encontradas nos municípios de Santana do Cariri, no Ceará, de regime hídrico perene (figura 12B), e em Exu, ponto 28, em Pernambuco (figura 12A), com regime intermitente. Ambas situam-se em áreas de vales estreitos e apresentam solo com características hidromórficas. A diferença reside na constituição do regime hidrológico, que condiciona, neste caso, a presença da lâmina d'água superficial, encontrada neste período somente na AU de Santana do Cariri.

Figura 12 - Áreas definidas como AUs

Figura 12 –. **A:** Trecho correspondente a AU situada em Exu/PE. O local encontra-se desmatado e usado na agricultura e pecuária. **B:** Trecho correspondente a AU situada em Santana do Cariri/CE. A imagem exhibe o espaço alagado, que permanece com a lâmina d'água superficial o ano todo.



Fonte: acervo da autora/Souza (2020/2021)

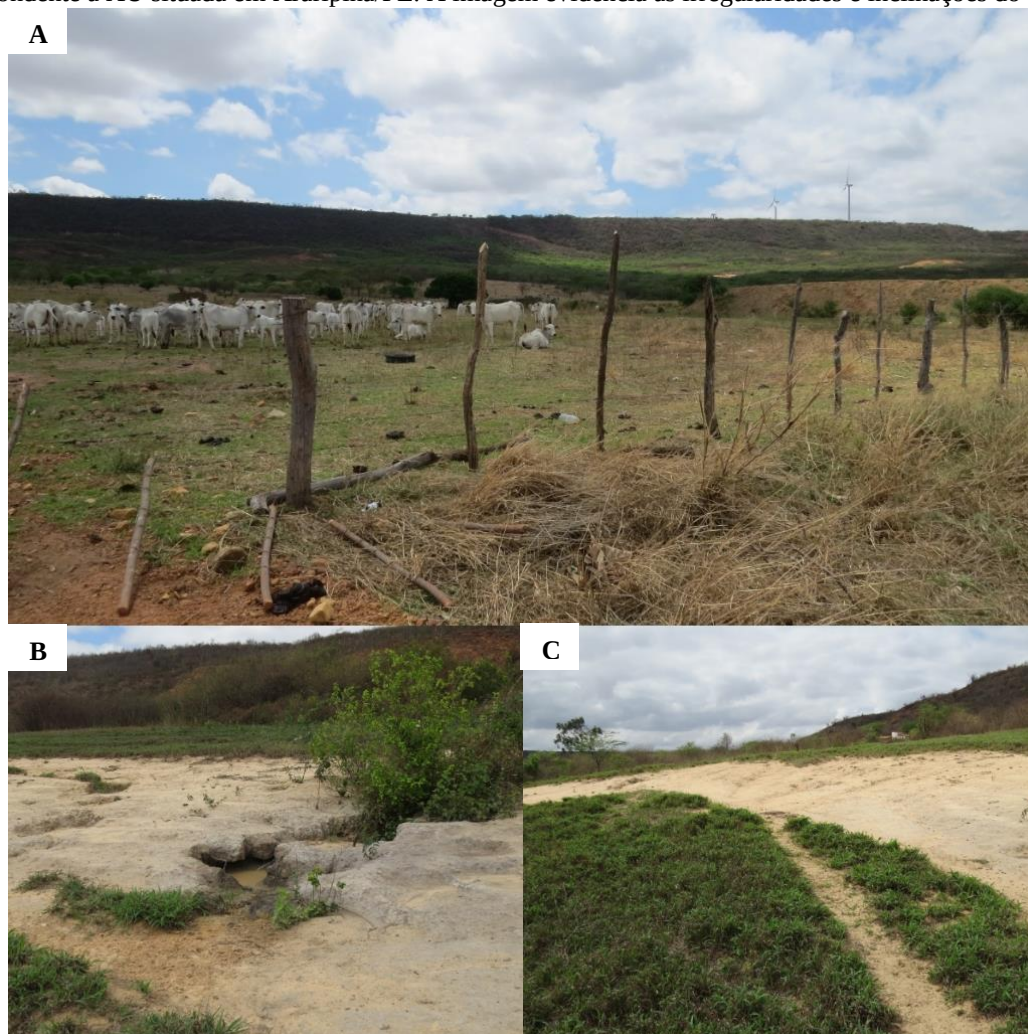
Destacam-se, com o propósito de diferenciar as AUs das áreas que não são úmidas, dois pontos visitados, o ponto percorrido em Marcolândia no Piauí e o ponto 19, em Araripina, Pernambuco. Estas áreas não conseguem reter umidade, mesmo que de forma temporária. O ponto em Marcolândia (figura 13A) situa-se em vale mais alargado, não

apresenta indícios de água superficial, assim como não foi encontrado evidências de solos com características hidromórficas.

Do mesmo modo, o ponto em Araripina (figura 13B-C), embora se encontre em área de vale estreito, não consegue acomodar uma AU, em virtude de características específicas da área, como declives mais acentuados, que provocam o escoamento da água advinda da chuva causando erosões e dificultando o acúmulo desta. Além disso, não há presença de poços artesianos, o qual emerge, nesse contexto, como indicador da existência de água subsuperficial próximo a superfície. Além disso, não foram encontradas na área características de solos hidromórficos, com exceção de um pequeno sulco, o qual tende a acumular água de maneira pontual e efêmera.

Figura 13 - Áreas que não se caracterizam como AUs

A: Trecho correspondente a AU situada em Marcolândia/PI. A imagem evidencia a localização em vale alargado e mostra a degradação da área e seu uso para a agropecuária. **B:** Trecho correspondente a AU situada em Araripina/PE. Esta expõe a formação de pequenos sulcos e o acúmulo de água nestas formas erosivas. **C:** Trecho correspondente a AU situada em Araripina/PE. A imagem evidencia as irregularidades e inclinações do terreno.



Fonte: acervo da autora/Souza (2020)

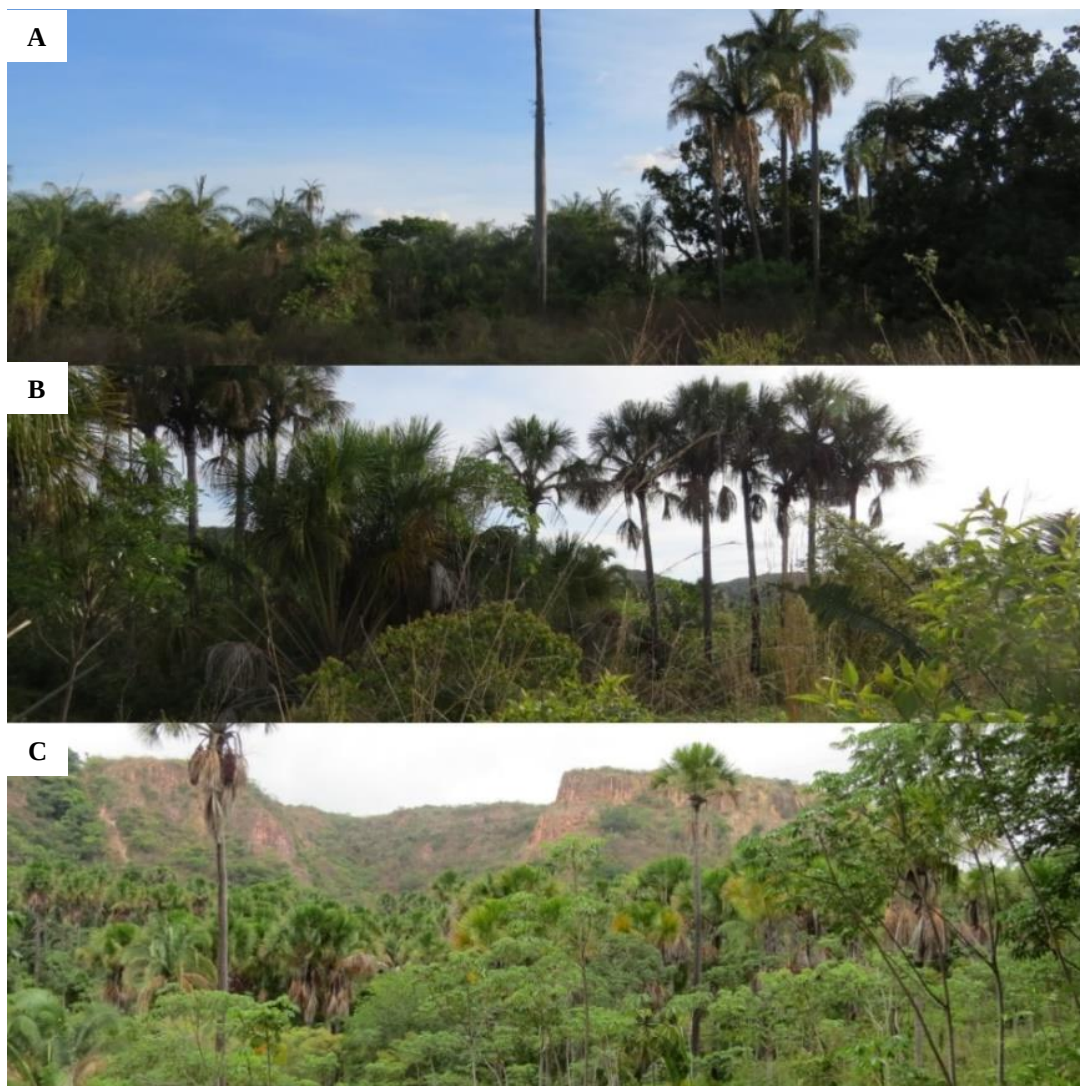
Esta apresenta-se como uma identificação preliminar para Áreas Úmidas encontradas na Chapada do Araripe. Além destas diferenciações entre AUs e não AUs torna-se necessário avaliar os aspectos expostos por estas áreas de modo específico, diferenciando-os conforme suas particularidades.

As AUs são espaços que expõe grande diversidade ambiental, sendo moldadas a partir das condições estruturais e funcionais do ambiente. Nesse contexto, cabe destacar as diferenciações e semelhanças observadas nas AUs visitadas. De modo geral, verificou-se que estas áreas são bastante usadas para agricultura e pecuária, uma vez que se trata de ambientes com uma maior disponibilidade hídrica, contrastando com a dinâmica semiárida, de modo geral.

Este aspecto apresenta-se dentro das características em comum percebidas entre as AUs estudadas. Por esse motivo, outro ponto em comum que estes ambientes apresentam são áreas descampadas parcialmente ou totalmente, com manchas de solo exposto. Entre as 11 AUs, apenas três exibem vegetação parcialmente conservada, estas situadas em Ipubi, no Pernambuco, Missão Velha e Santana do Cariri, no Ceará (figura 14 A, B e C respectivamente). Nos demais ambientes, a vegetação nativa apresenta-se intensamente degradada, a exemplo da AU em Exu/PE, em Salitre e Barbalha/CE (figura 15 A, B e C respectivamente).

Figura 14 - AUs com vegetação conservada

A: Trecho correspondente a AU situada em Ipubi/PE. A área apresenta vegetação higrófila, como a palmeira babaçu (*Attalea speciosa*). **B:** Trecho correspondente a AU situada em Missão Velha/CE. A área, além de vegetação arbustiva e higrófila, apresenta ainda vegetação hidrófila, representada pela palmeira buriti (*auritia flexuosa*). **C:** Trecho correspondente a AU situada em Santana do Cariri/CE. A AU, assim como em Missão Velha, exibe vegetação arbustiva, higrófila (*Attalea speciosa*) e hidrófila (*auritia flexuosa*).



Fonte: acervo da autora/Souza (2020)

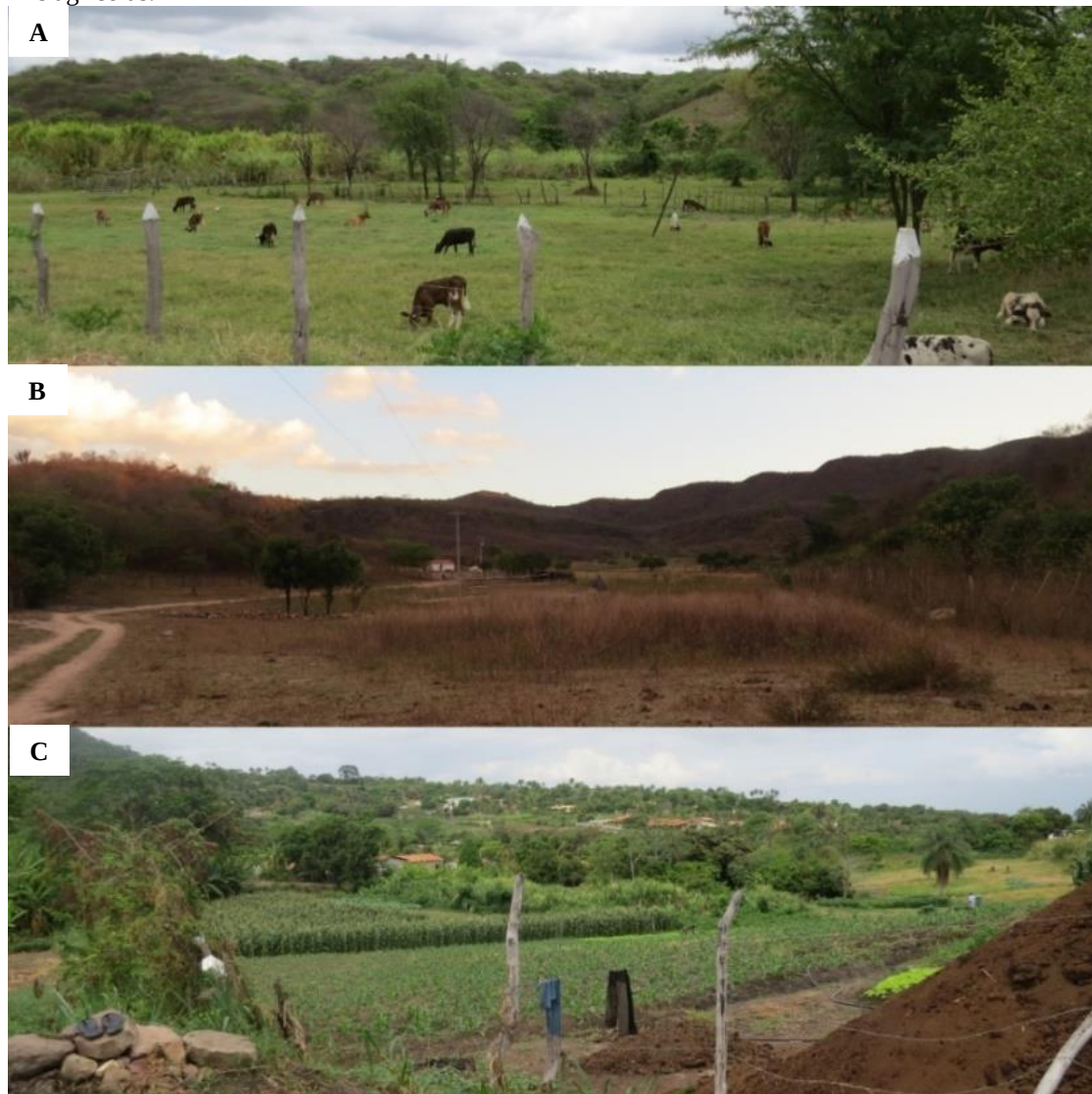
Outro ponto que merece destaque dentre as AUs identificadas, reside no tipo de regime hídrico apresentado. A maioria das AUs apresenta regime intermitente. Apenas três, dos 11 pontos analisados, possuem regime perene. Estes se encontram acomodados em Santana do Cariri e Missão Velha, no Ceará e em Bodocó, Pernambuco. Essas AUs são alimentadas por nascentes perenes, advindas do sistema de aquífero superior. É imprescindível pontuar que a AU em Barbalha/CE é alimentada por fontes perenes, todavia, em virtude do uso e ocupação do espaço em que se encontra não consegue manter a umidade durante todo o ano.

As demais áreas são mantidas a partir do fluxo de nascentes intermitentes, que se manifestam durante o período chuvoso, quando o nível freático é alimentado pela precipitação, possibilitando a presença de água superficial durante um período do ano.

Figura 15 - AUs que apresentam áreas descampadas.

A: Trecho correspondente a AU situada em Exu/PE, evidenciando a utilização do solo para a agricultura e agropecuária. **B:** Trecho correspondente a AU situada em Salitre/CE. A área encontra-se descampada,

constituída apenas por pequenos fragmentos de vegetação arbustiva. C: A imagem destaca o uso do solo para fins agrícolas.



Fonte: acervo da autora/Souza (2020)

De modo geral, as AUs visitadas, embora apresentem ambientes com estes aspectos convergentes, os espaços que as acomodam, do ponto de vista geomorfológico e hidrogeomorfológico, grosso modo, são distintos. Enquanto alguns ambientes situam-se em trechos do sopé, outros encontram-se distribuídos em segmentos da encosta. Por essa razão, a estruturação e dinâmica também são diferentes e específicas em cada AU.

6.2 AUs representativas: dinâmica e estruturação

Visando compreender de modo acurado a dinâmica e estruturação das AUs da Chapada do Araripe, selecionou-se a partir de observações realizadas no primeiro campo, AUs representativas, as quais serão analisadas com maior detalhamento. Para tanto, foram escolhidos espaços que agrupassem características ambientais, com o intuito de representar as demais áreas, destacando a presença de outros parâmetros identificados na segunda atividade

de campo. As áreas selecionadas foram: AU situada em Jardim, Santana do Cariri, Barbalha e Salitre no estado do Ceará; Exu e Bodocó, em Pernambuco.

Para um maior detalhamento, foi calculada a média do TWI, declividade, altitude, área de captação, curvatura do relevo e amplitude altimétrica (tabela 1). Além disso, perfis laterais foram construídos a fim de identificar a dimensão da área - dentro da AU - que concentra o fluxo de água. Do mesmo modo, mosaicos formados a partir de ortofotos e imagens mais precisas foram montados, uma vez que mostram de forma precisa o arranjo de cada AU.

Tabela 1 - Valores médios de parâmetros estabelecidos para as AUs representativas

	Jardim	Barbalha	Exu	Bodocó	Salitre	Santana do Cariri
Média TWI	6,70	7,12	7,49	6,84	7,71	7,23
Média declividade	2,89%	7,41%	9,07%	4,69%	6,57%	13, 17%
Curvatura do relevo	0,06	0,03	0,10	0,07	0,13	0,19
Área de captação	1, 073 km	0, 224 km	23, 261 km	36, 955 km	3, 563 km	94, 312 km
Altitude	631,18m	684,7m	557,26m	605,8m	695,23m	703, 45m
Amplitude altimétrica	160m	200m	250m	140m	100m	250m

Fonte: elaborada pela autora (2021)

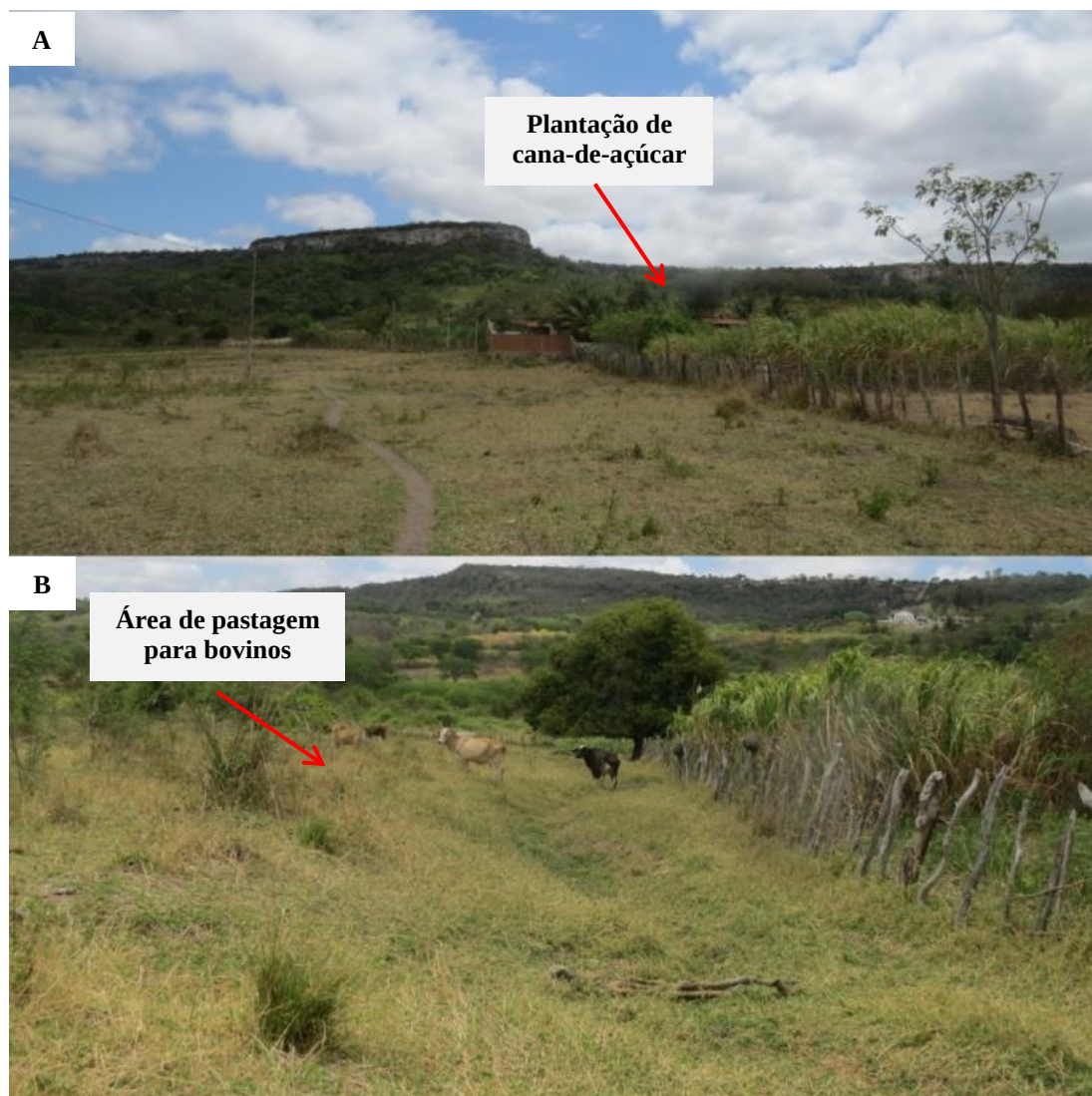
O ponto visitado em Jardim/CE corresponde a uma AU com regime hídrico intermitente. Esta área localiza-se em vale estreito, na porção leste da Chapada do Araripe. A AU permeia uma altitude que ultrapassa os 600 m, e apresenta declividade baixa. O ambiente situa-se no sopé da Chapada, com litologias predominantes referentes à Formação Santana. Por se concentrar em uma área mais baixa em meio ao vale encaixado, esta consegue concentrar fluxos maiores de água, expondo média relativa à área de captação de 1,073 km (tabela 1).

A média do TWI foi a menor, evidenciando que embora a área consiga concentrar fluxos de água e sedimentos, a mesma não consegue manter por longos períodos. Esta AU, além da precipitação, é alimentada ainda a partir de fluxos advindos de nascentes intermitentes, situadas na encosta.

Todavia, o ambiente encontra-se degradado, com grande parte da área desmatada para fins agrícolas (figura 16A) e agropecuários (figura 16B). Esta interferência humana afeta a disposição de água na AU por mais tempo, considerando que a área encontra-se descampada e o efeito tampão, assim como a retenção de água feita pelas raízes apresentam-se comprometidos.

Figura 16 - Trechos correspondentes a AU em Jardim/CE.

A: Área destinada ao plantio da cana-de-açúcar e capim; **B:** Área de pastagem destinada a alimentação de bovinos.



Fonte: acervo da autora/Silva (2021)

A AU em Jardim/CE, geomorfologicamente, apresentou a amplitude altimétrica com valor de 160 m, expondo a média relativa entre o topo e a parte mais baixa da AU. O valor obtido apresentou-se baixo, em relação aos demais, com exceção do valor obtido em Bodocó/PE, em virtude das escarpas erosivas nesse trecho exibir altitudes menores.

No que se refere a curvatura vertical, de modo geral, cabe destacar que os resultados expostos dos valores médios apresentam caráter local, em função das áreas estudadas constituírem pontos específicos (VALERIANO, 2003). As médias exibiram valores positivos, que de acordo com Valeriano (2003) expõem, grosso modo, relevo côncavo, embora seja relevante realçar as “distribuições de frequência distintas entre as diferentes condições de relevo” (VALERIANO, 2003, p. 543).

De modo específico, o valor obtido na AU em Jardim/CE foi o segundo menor, demonstrando que a AU apresenta disposições maiores entre os relevos convexo e retilíneo, uma vez que este valor 0,06 aproxima-se de 0,0, que caracteriza um relevo com estas características. Todavia, destaca-se ainda que a área apresente feições convexas, mesmo que com menor expressividade.

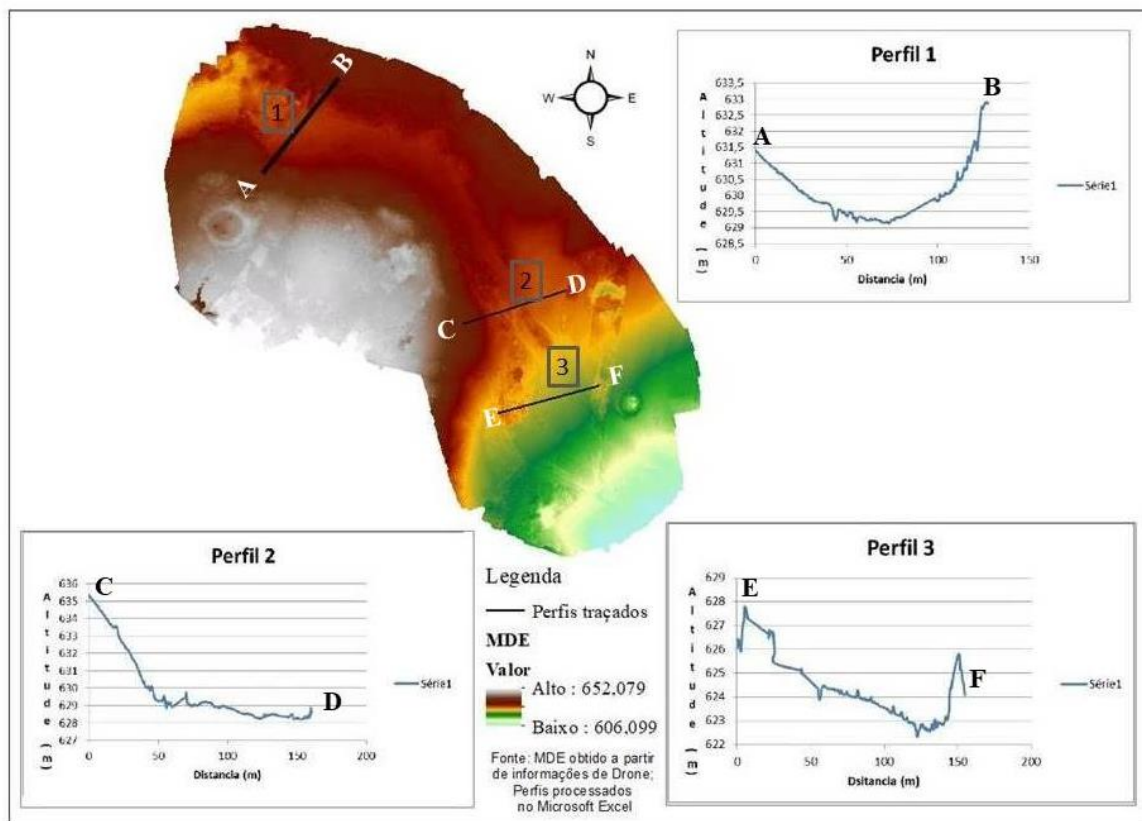
Na AU, as diferenças altimétricas, assim como declives também se mostraram suaves. Estas diferenças influenciam na distribuição e disposição de água e sedimentos no ambiente, tendo em vista que, como mostra o MDE (figura 17), às áreas circundantes exibem, de modo geral, altitudes que alcançam os 652 m, enquanto os pontos mais baixos permanecem em 606 m aproximadamente.

Por esse motivo, o fluxo concentra-se e do mesmo modo é distribuído entre estas porções mais planas e rebaixadas. Os perfis (figura 17) apontam essa condição. Estes foram traçados entre os espaços que exibem maiores altitudes dentro das AU. Nota-se, ao observá-los que existe uma variação, entre os pontos mais altos e mais baixos traçados no perfil, que de modo geral alcançam em média 6 m de altitude em uma distância de 105 m, aproximadamente.

Ao confrontar a figura 17 com o mosaico montado a partir da ortofoto (figura 18), pode-se verificar a área de distribuição e concentração de água e sedimentos. Assim, observa-se que a AU se distribui e se concentra nesses trechos, onde há um maior acúmulo de sedimentos, e conseqüentemente maior retenção da água por certo período.

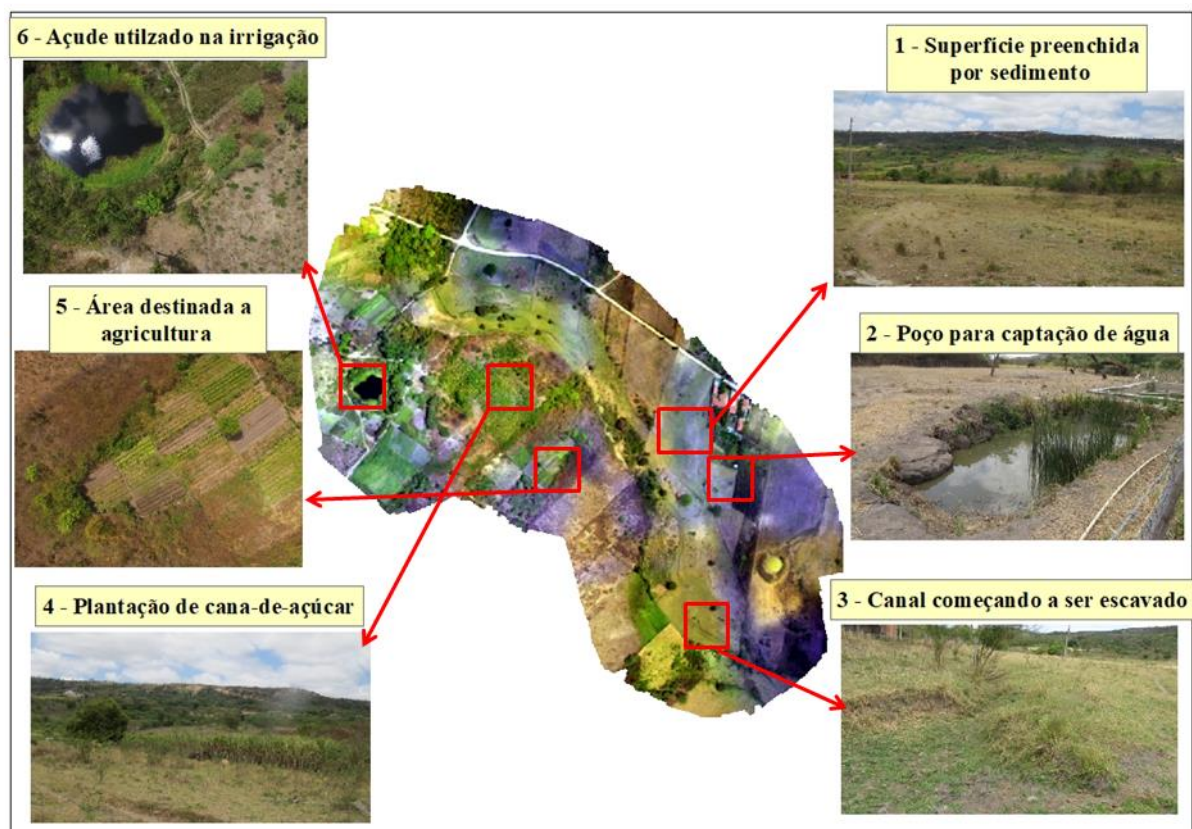
O mosaico (figura 18) apresenta de modo detalhado a composição da AU, apontando os elementos de ordem natural, como a superfície preenchida por sedimentos, o canal incipiente, e antrópico, evidenciando as formas de uso do solo. A área apresenta poço artesiano com água próximo à superfície. Este poço é utilizado na agropecuária, para dessedentação de bovinos.

Figura 17 - Perfis laterais da AU situada em Jardim/CE



Fonte: Dados obtidos a partir de levantamentos com o VANT/elaborado pela autora (2021)

Figura 18 - Mosaico detalhado da AU em Jardim/CE

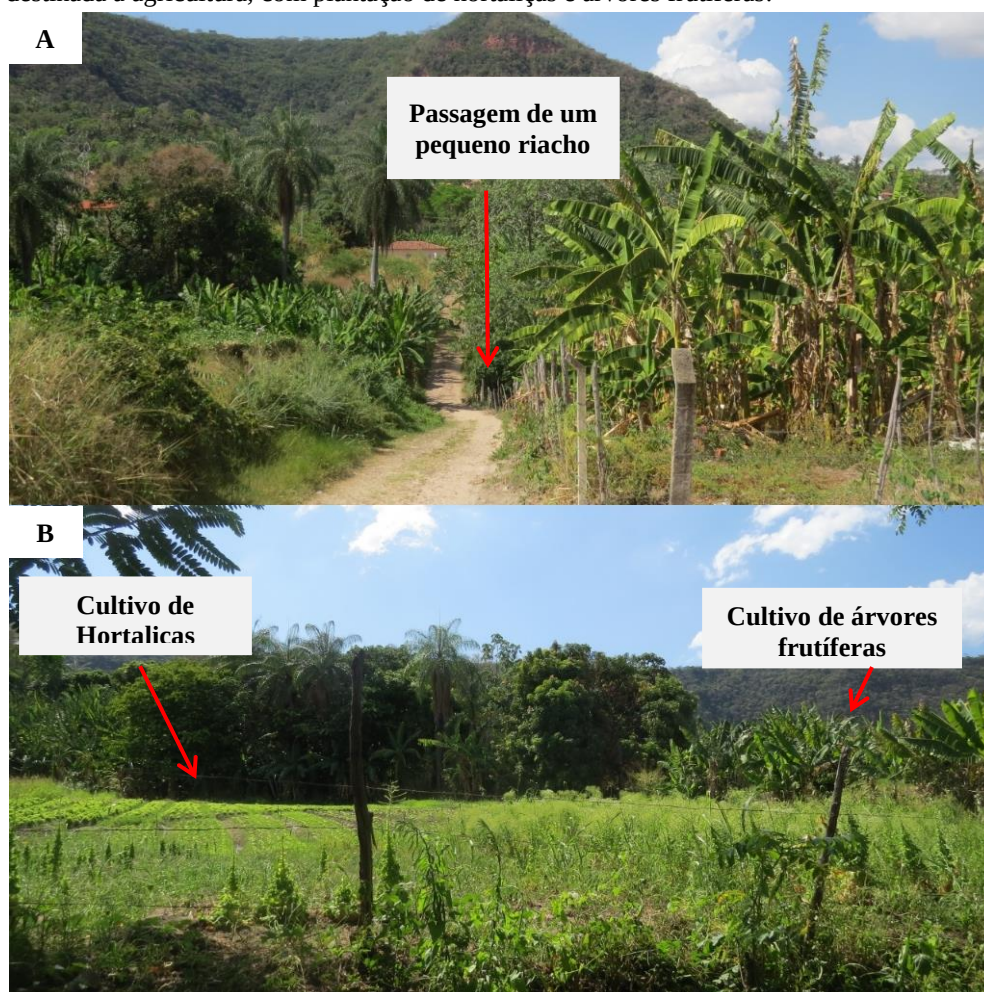


Fonte: elaborado pela autora (2021)

A AU em Barbalha/CE situa-se em uma área com escarpas mais íngremes e expressivas. O valor da declividade apresentou-se maior que o observado em Jardim, em virtude da presença de declives mais acentuados (figura 19A), embora a maior parte apresente relevo mais suave. A altitude permaneceu em 684,7 m, sendo a área com o terceiro maior valor. Esta área corresponde ao setor a barlavento da Chapada do Araripe, por esse motivo, ocorre a distribuição de chuvas orográficas. Assim como em Jardim/CE, a área é formada, substancialmente por rochas da Formação Santana, constituindo um ambiente de caráter sedimentar.

Neste setor, em trechos do platô e escarpas há a presença da mata úmida, mantida a partir da Unidade de Conservação Floresta Nacional do Araripe-Apodi (FLONA). Por outro lado, a área é utilizada de modo expressivo para construção de parques aquáticos, plantação de diversos tipos de culturas (figura 19B) etc. A AU em especial apresenta área com extensas plantações, a qual utiliza a água proveniente do ambiente para irrigação.

Figura 19 - Trechos correspondentes a AU em Barbalha. **A:** Segmento expondo a declividade apresentada pela área. **B:** Área destinada a agricultura, com plantação de hortaliças e árvores frutíferas.



Fonte: acervo da autora/Silva (2021)

Esta AU é alimentada por nascentes perenes que surgem em trechos mais elevados e que tem suas águas drenadas para a AU por meio do curso d'água de um pequeno riacho que corta o ambiente. Devido a retirada da vegetação para fins agrícolas, assim como para construção de parques aquáticos ou chácaras, a umidade do ambiente, no que se refere aos trechos alagados não consegue se sustentar durante todo o ano. A lâmina d'água em grande parte do ano se restringe ao curso do riacho, que se mantém estreito, entre 1 e 2 m.

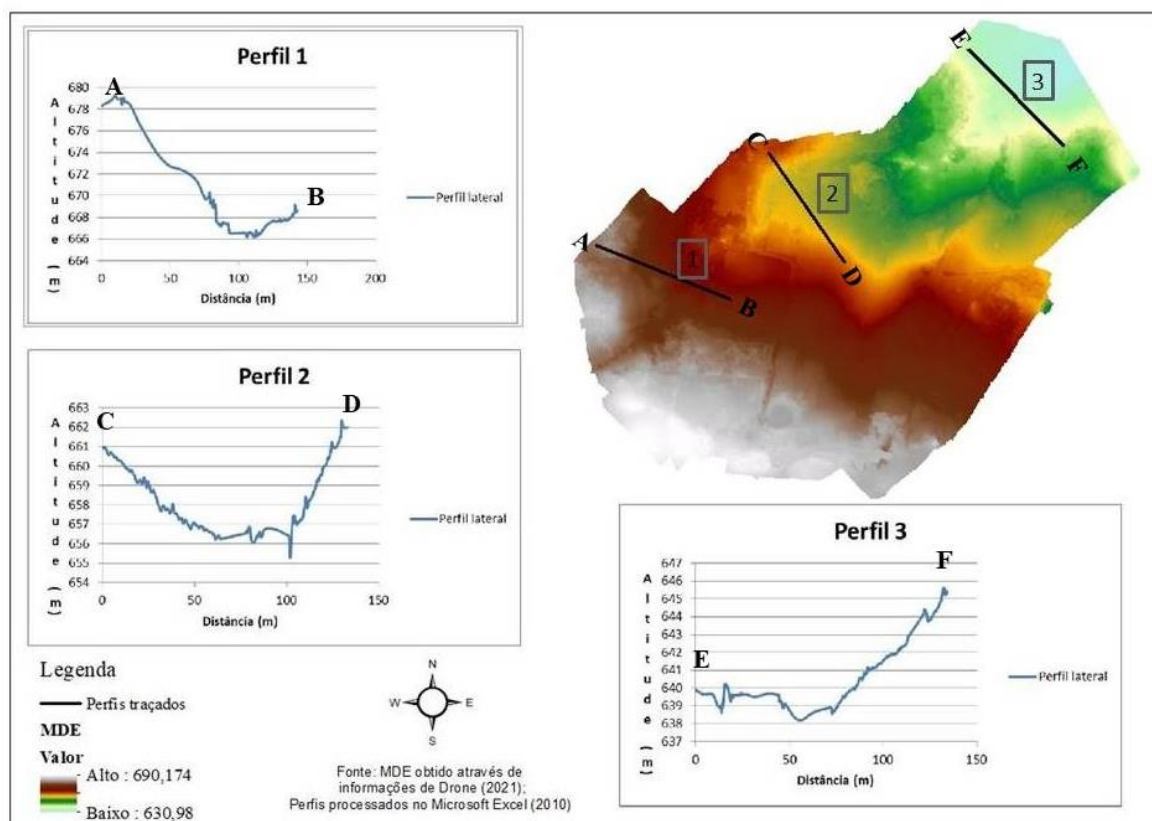
A amplitude altimétrica apresentou uma média de 200 m, corroborando a informação da expressividade das escarpas erosivas. Este setor da Chapada também apresenta as maiores altitudes, que alcançam os 1000 m. Em virtude da concentração em área com altitude considerável, considerando as demais e devido a presença dos declives acentuados, o valor da área de captação obtido foi baixo, sendo 0,224 km.

O valor numérico da curvatura vertical, 0,03, aponta, assim como em Jardim/CE, para relevos de caráter côncavo, porém com características retilíneas mais pronunciadas. Já o TWI alcançou o valor de 7,12, evidenciando a capacidade de reter umidade que o ambiente apresenta, embora não sustente o ano todo.

A AU em Barbalha apresenta-se estreita, condicionada pelo curso d'água do riacho. Os perfis mostram quebras mais abruptas entre os patamares de entorno e a área que abriga a AU (figura 20). Estas quebras variam cerca de 8 m, considerando a diferença entre a parte mais alta e mais baixa da área, em uma distância de aproximadamente 80 m.

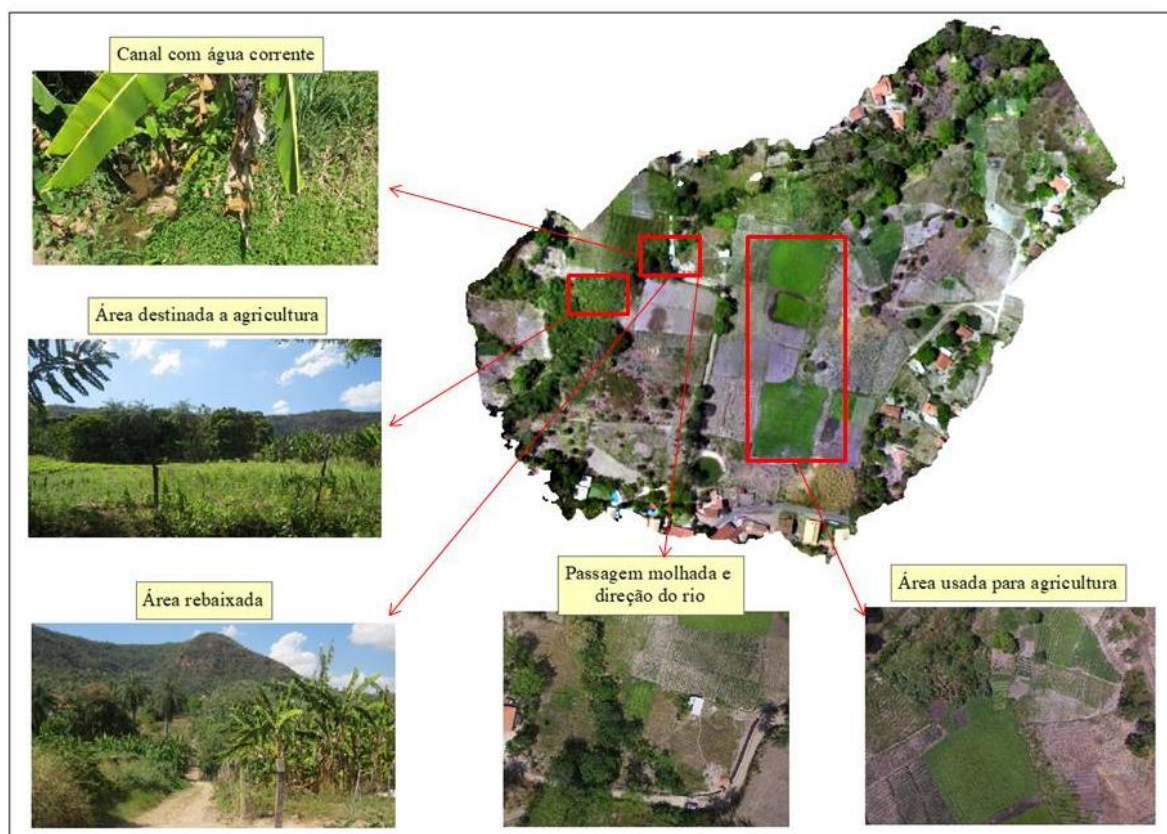
O mosaico (figura 21) expõe de modo detalhado a composição da AU em Barbalha, manifestando os aspectos naturais como os antrópicos. O local apresenta passagem molhada, situada sobre o canal com água corrente. As áreas destinadas à agricultura localizam-se próximas ao canal, devido ao processo de irrigação. Dessa forma, a vegetação nativa foi retirada, permanecendo trechos somente nas bordas do riacho.

Figura 20 - Perfis laterais da AU situada em Barbalha/CE



Fonte: Dados obtidos a partir de levantamentos aéreos com o VANT/elaborado pela autora (2021)

Figura 21 - Mosaico detalhado da AU em Barbalha/CE



Fonte: elaborado pela autora (2021)

Em Exu/PE, a AU também apresenta regime hídrico intermitente, assim como a AU situada em Barbalha e Jardim/CE. Todavia, é uma área que apresenta altitude mais baixa, com média que não ultrapassa os 557 m (tabela 1). A declividade obtida foi de 9,07% em virtude de a área apresentar trechos com declividade mais acentuada. Por se concentrar em uma área onde o topo da Chapada alcança os 1000 m e por apresentar valores mais baixos no espaço que cobre a AU, esta apresentou amplitude altimétrica de 250 m.

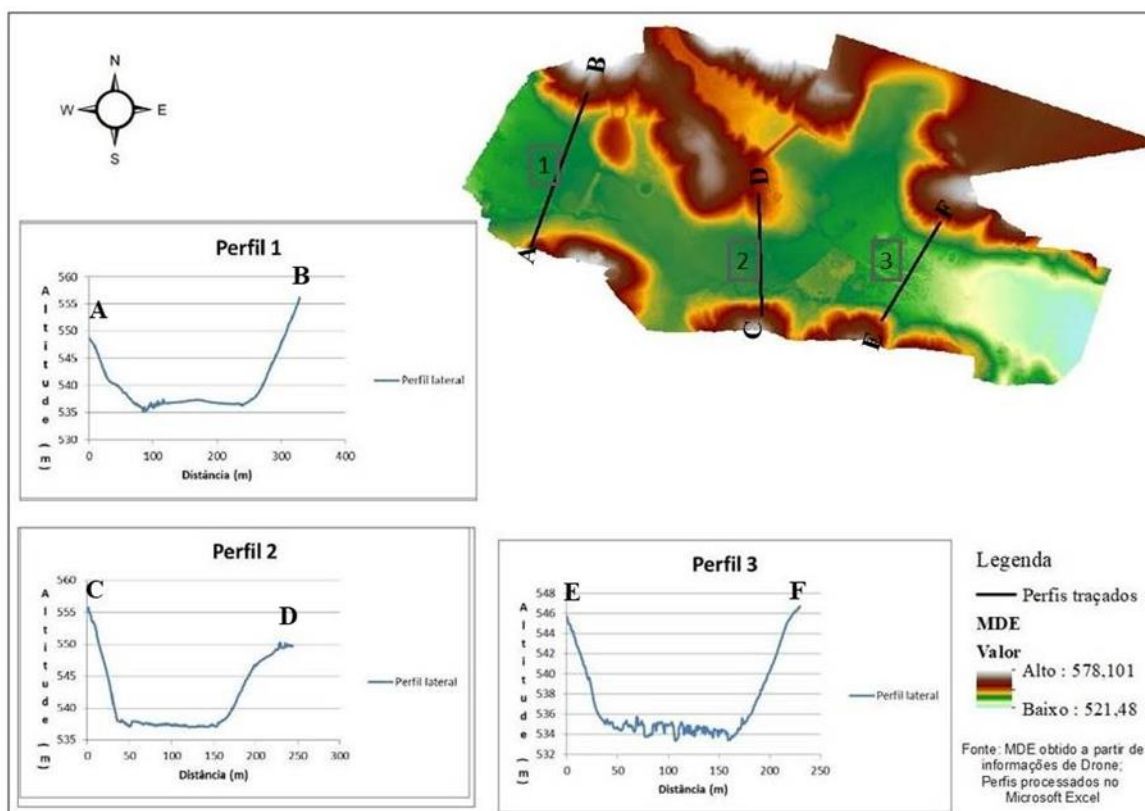
O valor médio da curvatura vertical obtido em Exu/PE encontra-se entre os três maiores. Este valor indica a presença de aspecto mais expressivo de relevo côncavo, tendo feições retilíneas e convexas com pouca manifestação, se comparado com os valores obtidos nas AUs em Jardim e Barbalha/CE. Sobre as condições geológicas, destaca-se que diferentemente das AUs supracitadas, esta é constituída por rochas do embasamento cristalino, especificamente do Corpo Granitoide Bodocó. Assim, tem-se uma área que em virtude também do tipo litológico consegue reter a umidade no ambiente por um determinado período.

Outro ponto que merece destaque refere-se a estruturação e disposição da AU. Os perfis laterais (figura 22) mostram a localização desta, seguindo os trechos mais baixos e planos. A área, diferentemente das citadas anteriormente, apresenta terreno plano, isento de irregularidades as quais pudessem ser mapeadas. A instabilidade apresentada no perfil 3 refere-se a trechos de uma plantação de cana-de-açúcar. A vegetação, neste caso, impediu a regularidade do perfil na porção destacada.

Por ser uma área que possui altitude menor, considerando as demais, esta consegue também captar e concentrar mais os fluxos de água. O valor, nesse sentido, da área de captação da AU foi de 23, 261 km, em média. Nesta mesma perspectiva, destaca-se que o TWI apresentou valor de 7,49, em virtude de a AU possuir trechos com declividade plana, conseguindo sustentar a umidade durante um período, como ocorre com a água que se encontra parada em um canal incipiente, identificado a partir da ortofoto (figura 23).

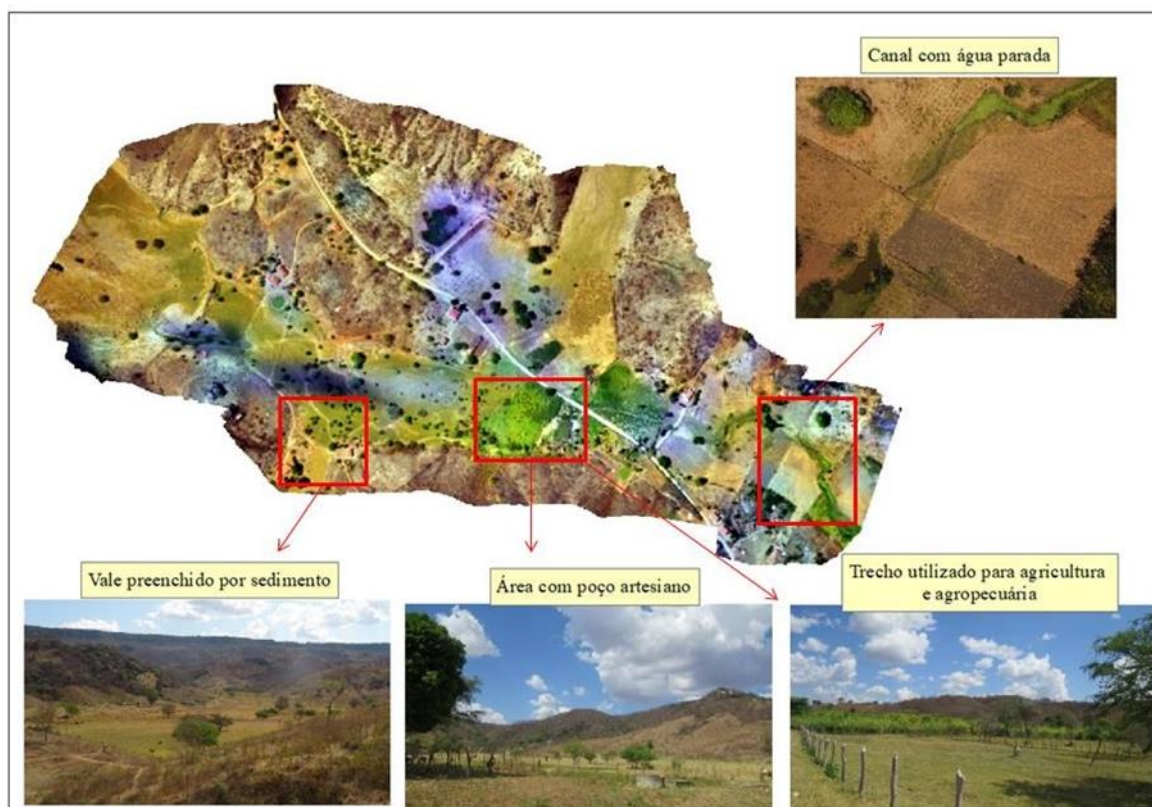
Esta AU é alimentada a partir de fontes naturais intermitentes, as quais são mantidas pela precipitação, fator que também atua na disposição de água superficial, conseguindo reter umidade e concentrar fluxos de forma direta durante o período chuvoso. Devido esta disponibilidade hídrica, a área é intensamente usada para fins agrícolas e agropecuários. Nota-se no espaço plantações de cana-de-açúcar e capim para bovinos. A área ainda apresenta poços artesianos, usados na irrigação.

Figura 22 - Perfis laterais da AU em Exu/PE



Fonte: Dados obtidos a partir de levantamentos aéreos com o VANT/elaborado pela autora (2021)

Figura 23 - Mosaico detalhado da AU em Exu/PE



Fonte: elaborado pela autora (2021)

Por efeito do uso da terra, a área encontra-se descampada, com poucos exemplares de árvores nativas restantes (figura 24,). Assim, a AU perde o efeito tampão possibilitada pela vegetação, além da retenção de água no solo realizada pelas raízes. O mosaico expõe de modo explícito esta condição encontrada na referida AU. Além da ortofoto, as imagens ao lado exibem as áreas completamente descampadas.

Figura 24 - Trecho correspondente a AU em Exu/PE. Área descampada, utilizada para agropecuária. A imagem mostra poucos exemplares de vegetação nativa.



Fonte: acervo da autora/Silva (2021)

Ao confrontar informações do MDE (figura 22) com o mosaico (figura 23), verifica-se o espaço onde se desenvolve e se estrutura a AU. A cor verde predominante denuncia as áreas de manutenção hídrica. São essas áreas que possuem disposição plana, preenchidas por sedimentos, com evidências do lençol freático próximo a superfície.

A AU em Bodocó/PE, de modo distinto das áreas supracitadas, apresenta regime hídrico perene. Esta é alimentada por meio de nascentes que apresentam fluxo constante, as quais se originam em trechos das escarpas e se direcionam até o local. No período seco, o fluxo da água diminui tendo em vista que não há alimentação pelo regime pluvial. Todavia, a área permanece alagada, com o recurso disponível, mesmo que em menor proporção.

O TWI da área corrobora esta informação, uma vez que apresentou o valor de 6,84, permanecendo entre os três maiores valores. Além do regime perene, a AU situa-se em uma área plana, onde o valor obtido da declividade foi de 4,49%, expondo a regularidade do terreno. A área situa-se em trecho do sopé da Chapada, com altitudes que não ultrapassam os

605 m, em média. Neste trecho, as escarpas apresentam uma leve diminuição na altitude, por esse motivo, a amplitude altimétrica expôs o valor de 140 m.

Estes números supracitados explicam o resultado obtido da área de captação desta AU, sendo 36,955 km aproximadamente, uma vez que se trata de uma área concentrada em trechos mais baixos e por essa razão consegue drenar e concentrar mais os fluxos de água que chegam ao ambiente. Além disso, o valor da curvatura vertical aponta para a disposição de relevo côncava, com estruturas, de modo geral, pronunciadas de feições retilíneas, mesmo que em menor proporção.

A área é bastante utilizada para agricultura (figura 25), além de ter a água usada para abastecimento de comunidades próximas. Por esse motivo, nota-se na AU a disposição de poços artesianos, os quais são usados para facilitar a irrigação e a distribuição da água. Ademais, a água que chega e permanece na AU é drenada em valas com o intuito de inibir o alagamento total do ambiente, para que este apresente-se adequado ao plantio.

A vegetação nativa, nesse sentido, foi retirada, permanecendo pequenos trechos vegetados, especialmente nas áreas que seguem o curso d'água. A AU exibe ainda espaços com vegetação arbustiva, a qual concentra-se na porção mais úmida do ambiente, o mosaico (figura 27) apresenta de modo evidente as áreas vegetadas, expondo os trechos com vegetação arbustiva. A área, assim como na AU em Jardim e Barbalha/CE é constituída, grosso modo, por rochas da Formação Santana, sendo esta mais expressiva no local.

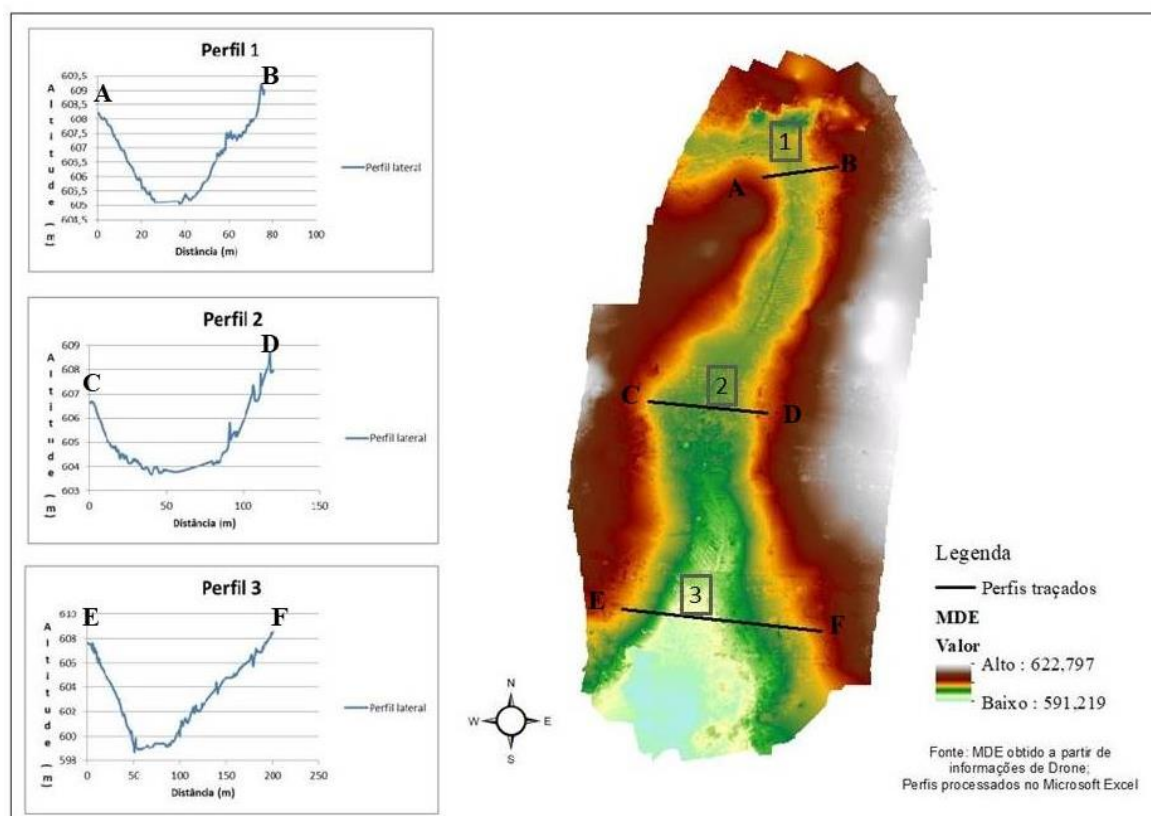
Os perfis (figura 26) apontam a área que concentra a AU, a partir do fluxo e retenção de água e sedimento. Esta situa-se na porção mais baixa do terreno, a qual atinge, de acordo com o MDE, 591 m. As diferenças altimétricas entre a porção mais baixa e mais alta da área em epígrafe, varia aproximadamente de 4 a 8 m, em uma distância que permanece entre 80 e 200 m.

Figura 25 - Trecho correspondente a AU em Bodocó/PE. A imagem mostra parte da área destinada ao plantio de bananeira.



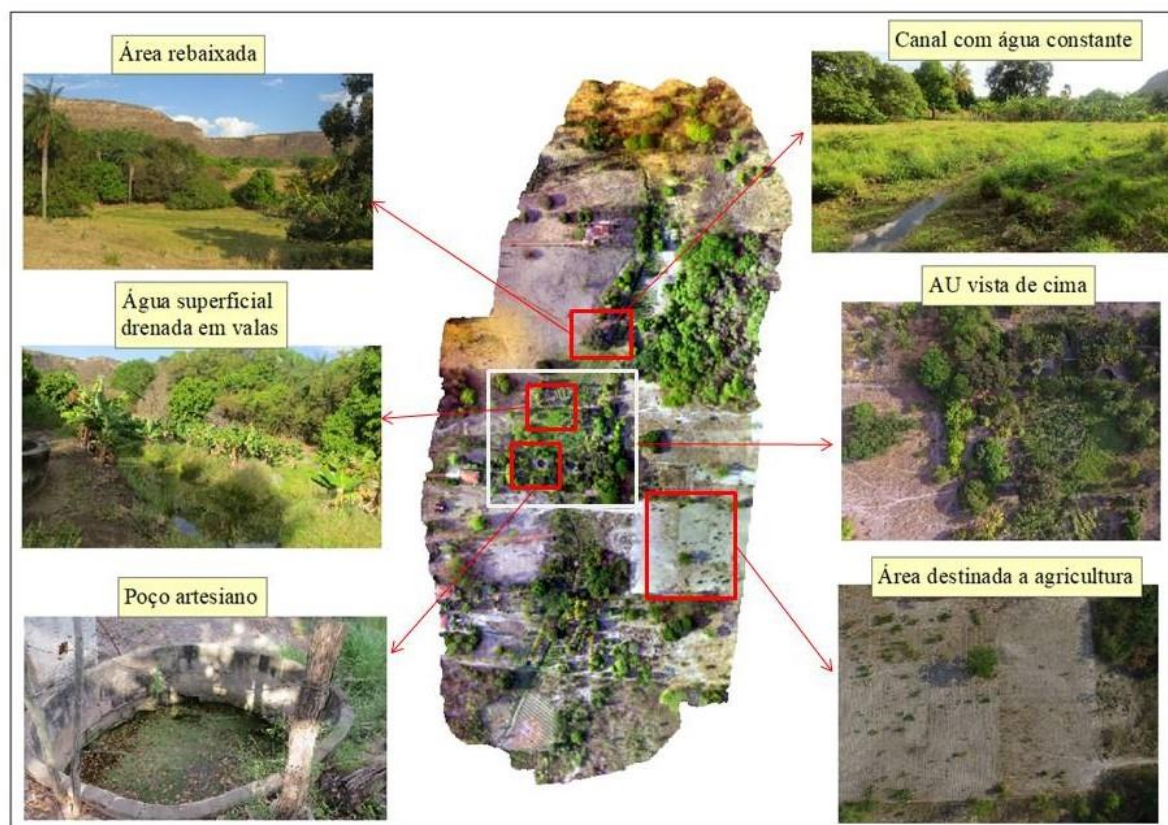
Fonte: acervo da autora/Silva (2021)

Figura 26 - Perfis laterais da AU em Bodocó/PE



Fonte: Dados obtidos a partir de levantamentos aéreos com o VANT/elaborado pela autora (2021)

Figura 27 - Mosaico detalhado da AU em Bodocó/PE



Fonte: elaborado pela autora (2021)

Em Salitre/CE, a AU apresenta regime hídrico intermitente, mantido por meio da distribuição da precipitação, bem como por nascentes que alimentam o ambiente durante o período chuvoso. Além disso, a área sendo preenchida por sedimentos, formados por material mais fino consegue reter umidade durante uma parte do ano. Nesse sentido, cabe destacar que esta AU se insere na porção composta por superfícies colúviais, situado no setor noroeste da Chapada.

Todavia, cabe destacar que os índices pluviométricos do município de Salitre não ultrapassam os 800 mm. Assim, nota-se, nessa perspectiva, que são as condições geomorfológicas e hidrogeomorfológica que atuam de modo determinante no desenvolvimento desta AU.

A área, em média apresenta altitude de 695,23 m, situando-se no sopé da Chapada do Araripe. A área de captação expõe valor aproximado 3, 563 km, e a declividade exhibe valor mediano de 6,57%, considerando os números obtidos nas demais AUs. Outro valor que apresentou-se baixo em relação aos demais ambientes foi o exposto pela amplitude altimétrica. Em virtude do leve decaimento na altitude das escarpas a Oeste, a AU em Salitre apresentou 100 m de diferença entre o topo e a base da área.

Por outro lado, o índice da curvatura vertical apresentou-se como o segundo maior, com valor de 0,13. A média sugere que a AU é composta por feições de relevo côncavo de maneira significativa, mas considerando a presença das outras formas, especialmente a retilínea.

Além destes aspectos estruturais, ao observar o mosaico (figura 30), verifica-se que a área encontra-se inteiramente descampada. Por ser utilizada para fins agropecuários, a AU perdeu a vegetação nativa para o plantio de espécies de capim para alimentação de bovinos (figura 28). Na imagem, nota-se que o capim encontra-se desgastado e seco, pois a área já havia sido utilizada para alimentação dos animais. Devido a esta utilização da terra, o efeito tampão provocado pela vegetação, assim como a retenção de água no solo pelas raízes encontra-se comprometido.

Figura 28 - Trecho correspondente a AU em Salitre/CE. Área descampada, utilizada para o plantio de capim para alimentação bovina



Fonte: acervo da autora/Silva (2021)

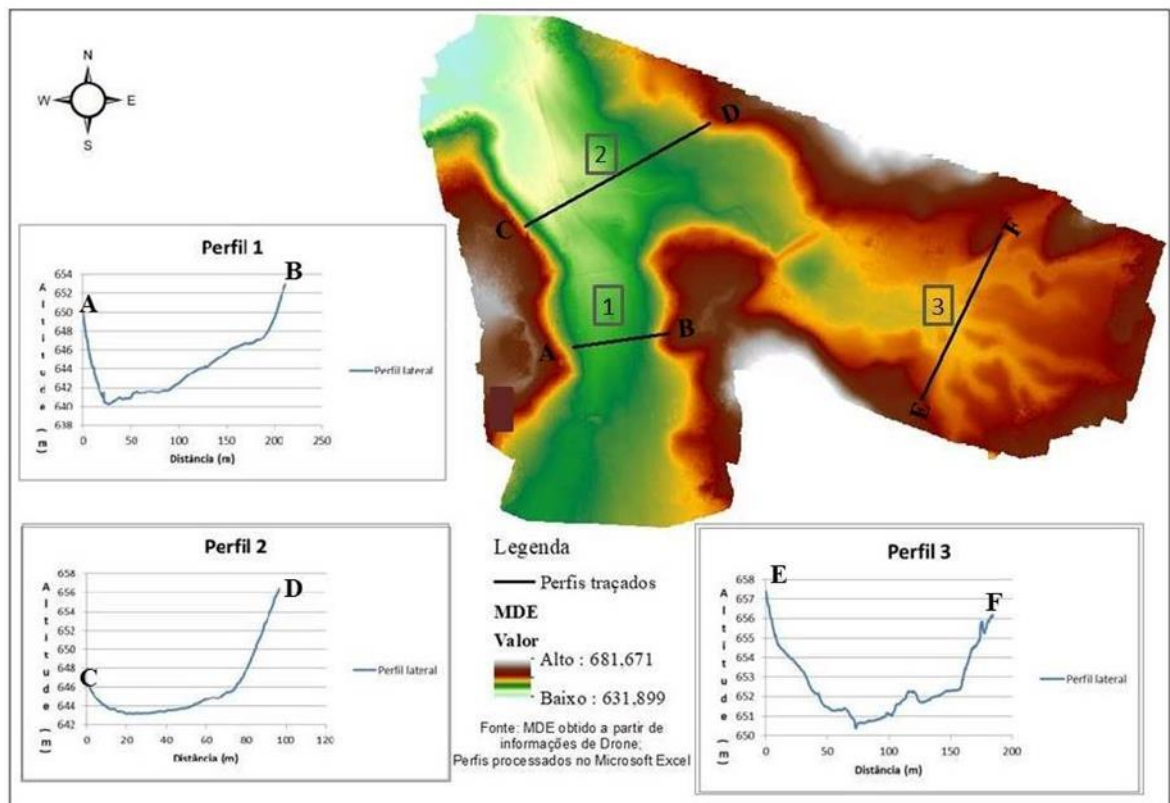
Na área encontra-se ainda poço artesiano, área para captação de água, realizada por meio de um pequeno barramento (figura 29) e utilização de açude para dessedentação de animais. Desse modo, as águas que se direcionam a AU pela precipitação são barradas e destinadas para tais fins. Assim, a área não consegue sustentar a umidade representada pela lâmina d'água superficial por um longo período.

Os perfis laterais (figura 29) mostram os espaços que compõem as AUs, bem como as diferenças altimétricas entre os trechos mais baixos e mais altos do ambiente. Estas diferenças, em média permanecem entre 7 e 12 m, em uma distância que varia de 60 a 200 m.

O MDE ainda aponta a direção do fluxo pluvial e a sua distribuição no ambiente, condicionado pela topografia, possibilitando o aparecimento e manutenção da AU.

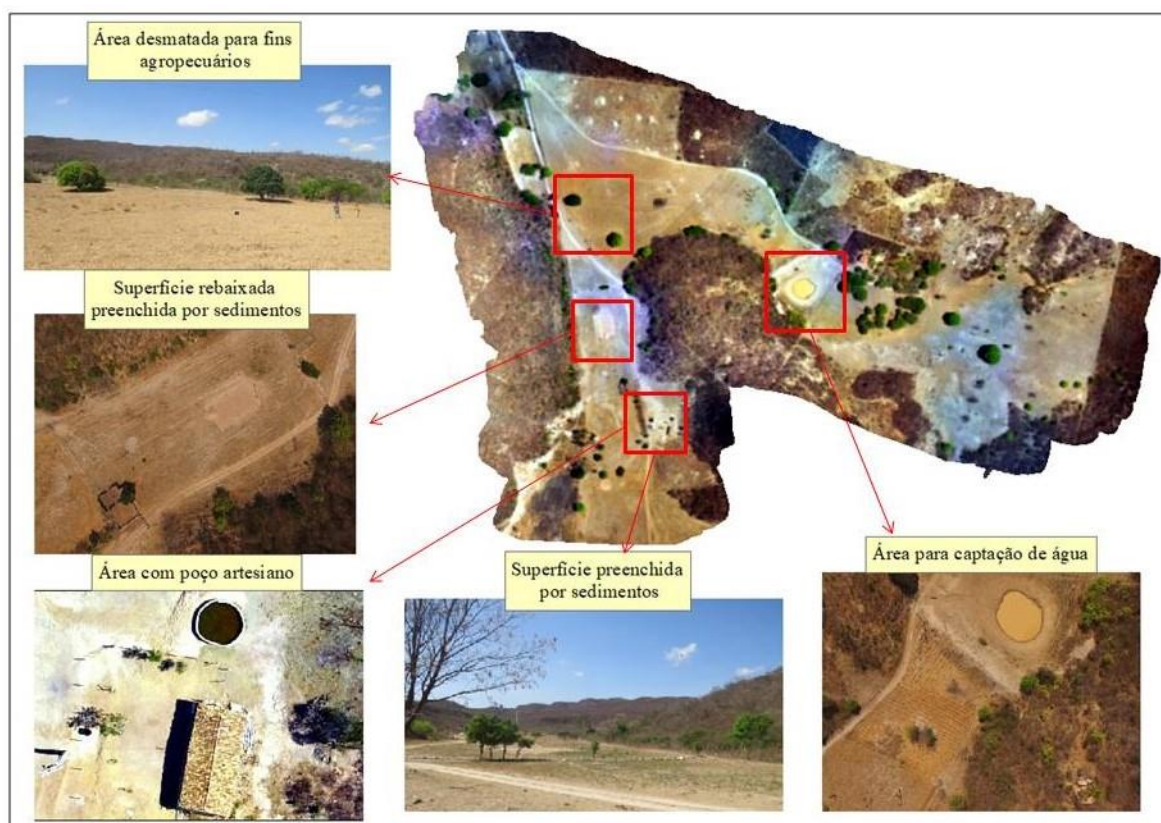
Nesse sentido, é válido destacar o valor obtido no TWI, que embora seja uma AU de regime intermitente, o valor do índice foi de 7,71, evidenciando a capacidade da área de reter e manter umidade, aspecto comprometido em virtude da intensa utilização da terra, que acarretou na retirada da vegetação nativa para inserção bovina.

Figura 29 - Perfis laterais da AU em Salitre/CE



Fonte: Dados obtidos a partir de levantamentos aéreos com o VANT/elaborado pela autora (2021)

Figura 30 - Mosaico detalhado da AU em Salitre/CE



Fonte: elaborado pela autora (2021)

A AU localizada em Santana do Cariri/CE, assim como a de Bodocó apresenta regime hídrico perene. Esta é mantida especialmente por meio do fluxo advindo de nascentes situadas na área. De modo geral, as fontes naturais destacadas na constituição das AUs são mantidas em virtude das condições hidrogeológicas apresentadas pela estruturação da Chapada do Araripe. Ademais, sobre a composição geológica, cabe destacar que esta se encontra situada sobre rochas sedimentares da formação Santana, no setor norte da Chapada.

Esta AU, entre as demais, foi a que apresentou a maior altitude, alcançando os 703 m, e o maior nível de declividade com 13,17%, em média. Assim como a AU em Exu/PE, esta também exibiu amplitude altimétrica de 250 m, com área de captação que expôs o valor de 94, 312 km, evidenciando que embora a área se concentre em trechos mais elevados, a composição e disposição dos elementos geomorfológicos permitem uma considerável captação e concentração de fluxos.

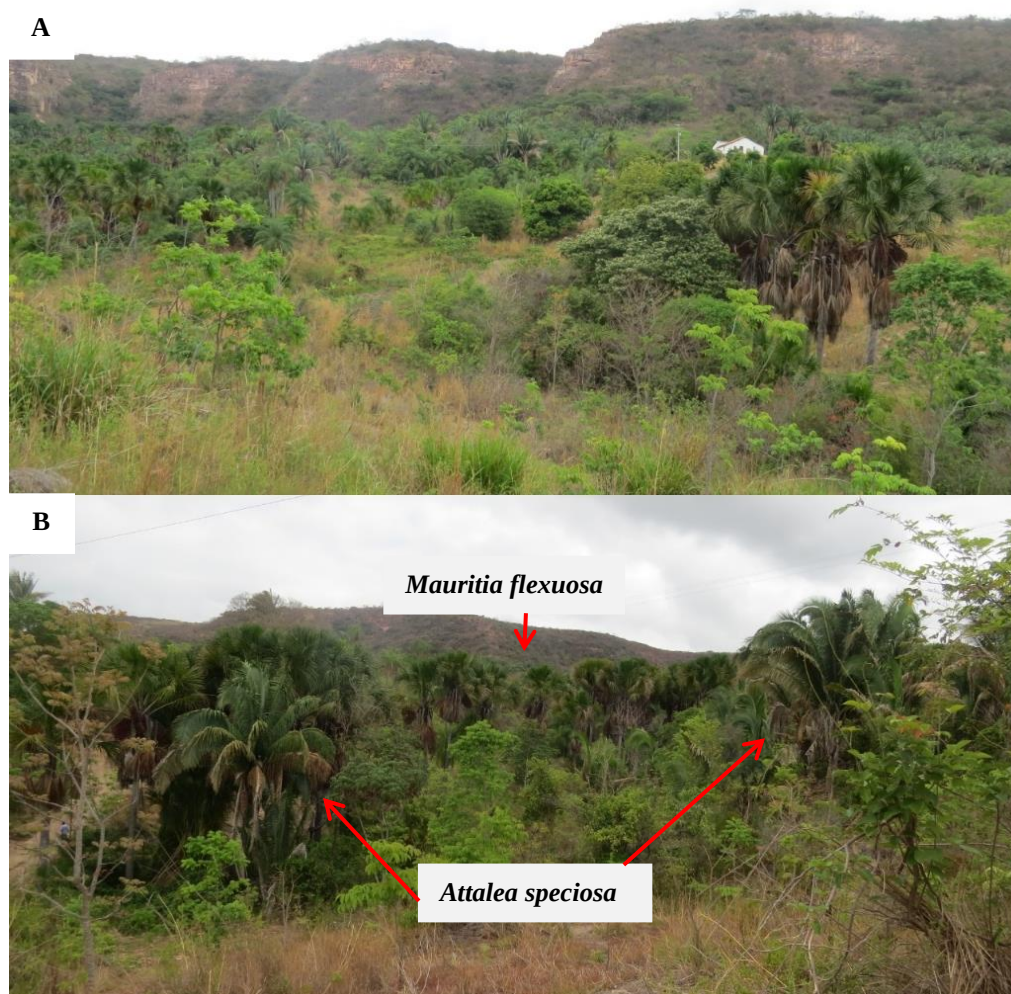
Por esse motivo a média do TWI foi de 7,23, tendo em vista que a AU possui regime perene, permanecendo durante todo ano com a presença da lâmina d'água superficial. Todavia, em virtude da altitude em que a área se encontra o valor do índice, mesmo com a umidade constante, não foi o mais elevado, sendo, entre as médias obtidas nas outras AU, o quarto mais alto.

No que diz respeito a média da curvatura vertical, cabe salientar que o valor obtido nesta AU foi o maior, chegando a 0,19. Neste sentido, o número evidencia a distribuição de formas côncavas na área, com trechos pouco nítidos de feições retilineas e convexas, constituindo o ambiente que apresenta menores manifestações destas últimas formas.

Entre as AUs destacadas neste trabalho, esta foi a que apresentou maiores áreas com vegetação nativa conservada (figura 31A). Esta conservação da vegetação ocorre em virtude da área constituir uma unidade de conservação no que se refere a Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN). Por esse motivo, o ambiente expõe apenas pequenos trechos utilizados na agricultura, como mostra a ortofoto (figura 33). O plantio realizado na área é destinado à agricultura de subsistências, produzido por moradores da comunidade local.

Figura 31 - Trecho correspondente a AU em Santana do Cariri/CE.

A: A área exibe vegetação arbustiva e arbórea, de modo geral, conservada. **B:** Exemplos da *Mauritia flexuosa* e *Attalea speciosa*.



Fonte: acervo da autora/Silva (2021)

Na área foram identificadas vegetação do tipo hidrófila, ou seja, adaptada as condições de hidromorfismo, como a palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*), e higrófila, presente em ambientes úmidos bem drenados, como a palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) (figura 31B).

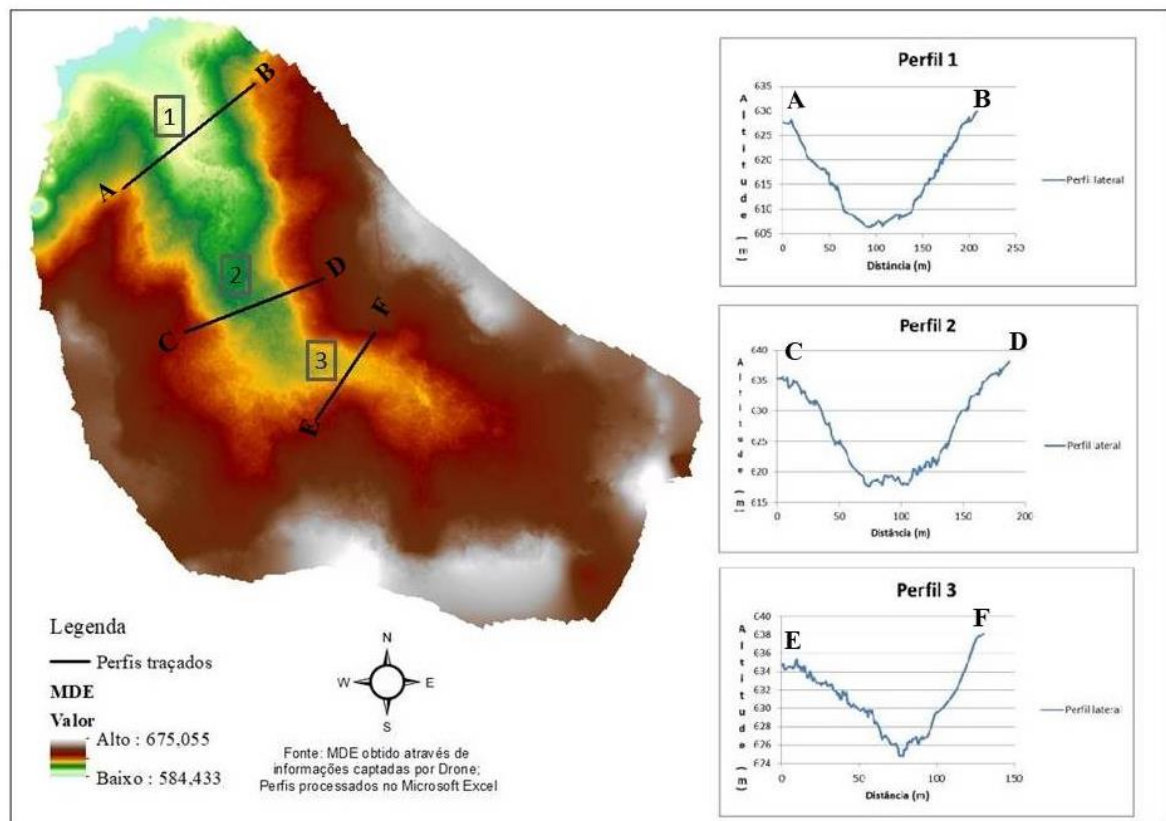
Guerra (2020) destaca que nesses ambientes o buritizal forma renques, os quais encontram-se associados ao fluxo superficial da água. Estes, por conseguinte, encontram-se cercados pelo babaçal, o qual situa-se nas bordas das áreas mais alagadas, tendo em vista a adaptação desta espécie a ambientes bem drenados.

Foram identificados ainda solos hidromórficos, em virtude da presença constante de água superficial. Guerra (2020) salienta a presença de Gleissolos melânicos nessas AUs, tendo em vista que a existência de nascentes perenes, associadas às feições de dissecção pouco pronunciadas, e baixa declividade local, condicionam a formação de solos acidificados e gleizados.

Esta AU foi reconhecida e caracterizada por Guerra (2019), a partir de suas características naturais e estruturais, como vereda, ambientes típicos do domínio do cerrado. Além destes, outras áreas de veredas foram reconhecidas por Guerra (2019), todavia, estas não serão apresentadas neste trabalho.

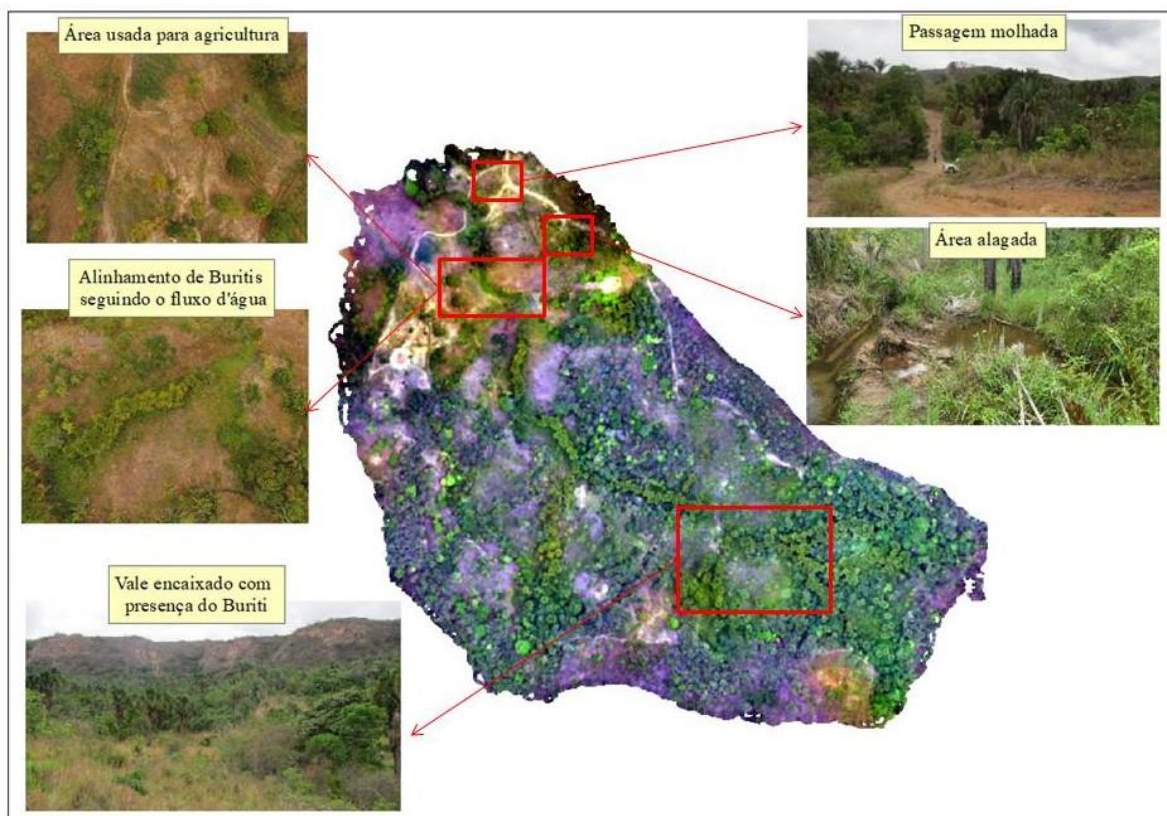
Ao observar os perfis laterais na figura 32, nota-se que a AU concentra-se em trechos de vales mais estreitos, tendo em vista que são nessas áreas mais baixas, inseridos na AU que se distribuem e ainda acumulam os fluxos d'água advindo das nascentes. Além disso, apresenta-se como a área que possui os maiores valores entre os trechos mais altos e mais baixos dos perfis, com uma média de 20 m, em uma distância de aproximadamente 90 m, aproximadamente.

Figura 32 - Perfis laterais da AU em Santana do Cariri/CE



Fonte: Dados obtidos a partir de levantamentos aéreos com o VANT/elaborado pela autora (2021)

Figura 33 - Mosaico detalhado da AU em Santana do Cariri/CE



Fonte: elaborado pela autora (2021)

7 DISCUSSÕES

As Áreas Úmidas apresentadas embora exponham características convergentes, como a localização em vales encaixados, a declividade, de modo geral, assim como a retenção de água e sedimentos, estas, de modo específico, exibem diferenças que as tornam singulares. Destaca-se que é com base nessas particularidades que elas serão classificadas, conforme sua estrutura e funcionamento.

As distinções entre as AUs residem no tipo de regime hídrico, ainda que a grande maioria apresente apenas um tipo, na altitude, mesmo que de forma sutil, na distribuição da vegetação, nas condições geológicas, na distribuição pluviométrica e ainda nas formas de uso e ocupação, mesmo sendo de ordem antrópica, etc.

Estas diferenças apontam para um quadro diversificado de AUs da Chapada do Araripe, considerando as destacadas neste trabalho. Estes ambientes, embora se encontrem em um mesmo contexto geomorfológico, grosso modo, as características geológicas, hidrogeológicas, hidrogeomorfológicas e climáticas locais forjam cenários pontuais com estruturas e funcionalidades distintas.

Nestes cenários distintos que continuam a evoluir, tem-se a disposição de formas e funções as quais moldam e caracterizam o ambiente. Assim, nota-se a presença de ambientes com vales mais fechados, assim como AU que expõem outros mais alargados, quebra de patamares dentro da área, maiores e menores, vertentes com altitudes distintas, algumas vegetadas, outras não, áreas que exibem canal inciso, outras possuem canal alargado entre outros.

Verifica-se, dessa forma, as inúmeras especificidades apresentadas por estas áreas. Tratam-se de aspectos geomorfológicos, os quais são moldados a partir da ação conjunta dos condicionantes supracitados. Esta ação refere-se a funcionalidade das AUs, processo que permite o desenvolvimento e estabelecimento de ambientes como estes em regiões onde o clima atual não favorece sua gênese e manutenção.

7.1 Análise relativa aos parâmetros destacados no trabalho

Inserido na perspectiva da análise de Áreas Úmidas em contextos áridos e/ou semiáridos, tem-se o reconhecimento e a consideração de parâmetros ambientais, para além dos de ordem climática, como subsídio para a compreensão da estrutura e dinâmica destes ambientes que se desenvolvem em cenários adversos.

Nesse sentido, destacam-se nesse trabalho, condicionantes ambientais, nos quais se inserem os parâmetros, a fim de expor os que mais se destacam e/ou mostram-se relevantes

para o estudo das AUs na Chapada do Araripe, bem como para a análise destas em regiões de clima seco, de modo geral.

De antemão, é válido salientar que nesta investigação, os condicionantes geomorfológicos, hidrogeomorfológicos e hidrogeológicos se sobrepuseram aos demais no que diz respeito à formação e desenvolvimento destes ambientes. Tal questão justifica-se considerando que as AUs da Chapada do Araripe foram moldadas e dispostas em trechos específicos, condicionadas pelas formas esculpidas a partir do arranjo morfoestrutural, bem como pelas condições atuantes, incorporados a esta conjuntura, como a alimentação hídrica, advinda de nascentes perenes e/ou intermitentes.

Entretanto, embora estes tenham se destacado na análise das AU, torna-se necessário evidenciar os demais que também foram apontados na pesquisa, como os geológicos, antrópicos, pedológicos, vegetacionais e hidrográficos. Nesse contexto, foram analisados os parâmetros que se inserem nestes condicionantes, destacando os que melhor se adequam para a investigação das AU em contextos áridos ou semiáridos, bem como avaliando o que apresentaram um padrão repetitivo.

Salienta-se, inicialmente os parâmetros de ordem geológica. Estes tratam do tipo de litologia predominante e se esta condição influencia no desenvolvimento e manutenção das AUs. Além disso, busca-se entender a relação existente entre os ambientes em epígrafe com a presença de camadas permeáveis sobrepostas a áreas permoporosas.

Nesse sentido, destaca-se que a partir do mapa de geologia, foi possível identificar a litologia, de modo geral, predominante em cada AU. A partir desta identificação, notou-se um padrão em relação ao tipo litológico predominante em cada AU, destacando as representativas. Nesse contexto, 5 das 6 áreas detalhadas, são constituídas por rochas da formação Santana, de caráter sedimentar. Apenas uma encontra-se sobre rochas cristalinas do Corpo Granitóide Bodocó.

Nesse estudo, esta condição associa-se a disposição da Bacia Sedimentar do Araripe, que neste setor, cobre parte significativa do terreno, especialmente a norte, nordeste, parte do noroeste, parte do sudoeste e a leste. Em outros ambientes, as condições litológicas podem ocorrer de modo oposto, como no estudo desenvolvido por Melly *et al.* (2017), onde foi analisado o desenvolvimento de AUs em terra secas na porção oriental da África do Sul, a partir da formação de camadas impermeáveis compostas por rochas cristalinas, as quais conseguem manter o lençol freático suspenso, formando e sustentando as AUs.

Entretanto, para esta investigação, não aponta-se este parâmetro geológico como

determinantes para gênese e manutenção das AUs, tendo em vista que foram encontradas áreas sobrepostas a rochas cristalinas como ainda formadas por rochas sedimentares, podendo estas se desenvolverem em ambientes com litologias distintas a depender da configuração geomorfológica etc.

No que se refere à sobreposição de camadas permeáveis a camadas pouco permeáveis, na conjuntura exposta pelas AUs da Chapada do Araripe, este parâmetro torna-se fundamental para origem e manutenção destas. Todavia, cabe destacar que esta condição não se aplica diretamente e especificamente a extensão das Áreas Úmidas, mas ao contexto geral da morfoestrutura em questão, uma vez que, como já mencionado, é constituída por rochas com características permeáveis, correspondente a formação Exu sobrepostas a rochas da formação Araripina e Santana, camadas de caráter pouco permeável.

Desse modo, a água infiltra e percola até esta última camada, formando o aquífero superior, o qual abastece através de nascentes de modo perene parte das AUs destacadas no trabalho. Esta condição é amplamente discutida nos estudos realizados por Guerra (2019) e Guerra *et al.* (2020).

Sobre os parâmetros que se inserem no condicionante pedológico, é destacado na análise das AUs, a constituição de solos com características hidromórficas, como indicador da presença de Áreas Úmidas. Este parâmetro é basilar na definição destas áreas, pois em virtude das características apresentadas pelas AUs, há o desenvolvimento de solos que apresentam processos de redução do oxigênio, condicionado pela presença de água de modo constante ou durante parte do ano. De acordo com Mitsch e Gosselink (2007), as condições hidromórficas do solo é um dos componentes, juntamente com a presença de água e vegetação adaptada, que definem estes ambientes.

Além disso, Guerra (2019), aponta o desenvolvimento de solos hidromórficos em AUs denominadas de veredas, localizadas em trechos do sopé encosta da Chapada, na região do Cariri cearense. Para o estudo e análise de AUs, este parâmetro emerge como essencial, uma vez que apontará as condições hidromórficas com maior detalhamento, seja nos ambientes localizados na Chapada do Araripe, ou em outros contextos estruturais e climáticos.

Do mesmo modo, destaca-se a presença de vegetação higrófila e/ou hidrófila como parâmetro definidor de uma AU (MITSH; GOSSELINK, 2007). O tipo de vegetação pode variar, conforme as particularidades e dinâmicas expostas pela Área Úmida, podendo ser constituída por gramíneas, arbustos, e ainda vegetação arbórea (TOOTH *et al.*, 2015). Nos ambientes visitados na Chapada do Araripe, estes tipos de vegetação foram observados,

embora grande parte das AUs encontre-se degradadas, com áreas de solos expostos em virtude do uso intensivo do terreno.

Assim sendo, com exceção da área situada em Santana do Cariri/CE, evidenciando as representativas, as AUs apresentaram, grosso modo, vegetação arbustiva e gramínea, especialmente nas áreas próximas aos canais, ou nos trechos mais baixos, os quais acumulam a água com mais facilidade e por mais tempo. Em Santana do Cariri verificou-se a presença da palmeira buriti (*Mauritia flexuosa*) em trechos alagados, da palmeira babaçu (*Attalea speciosa*) em áreas bem drenadas e ainda o desenvolvimento de um tapete herbáceo, disposto nestas duas condições hídricas.

Em seu trabalho sobre o delineamento e classificação das AUs brasileiras, Junk *et al.* (2014) aponta a distribuição de espécies herbáceas e arbóreas em trechos específicos das AUs, as quais exibem uma grande tolerância aos eventos de cheias e secas. Outrossim, Guerra (2019) e Guerra *et al.* (2020) apontam a distribuição de tapete herbáceo, vegetação de gramíneas e ainda de espécies arbóreas, como a palmeira buriti e babaçu em AUs situadas em trechos do sopé e encosta da Chapada do Araripe, destacando a AU localizada em Santana do Cariri/CE. Desse modo, ressalta-se o padrão de distribuição da vegetação nas AUs detalhadas, reafirmando, conforme Mitsch e Gosselink (2007), este parâmetro como substancial para identificação e classificação de AUs.

Neste trabalho, a presença da água foi analisada a partir do condicionante hidrográfico, tendo como parâmetro a presença ou ausência da lâmina d'água superficial e a fonte de alimentação hídrica (pluvial e/ou subterrânea). Estes parâmetros encontram-se entre os três destacados por Mitsch e Gosselink (2007) como definidores desses ambientes. As AUs podem permanecer constantemente ou periodicamente inundadas por águas rasas (CUNHA *et al.*, 2015), geralmente permanecendo com menos de 1m de profundidade.

Nas AUs representativas, observou-se a presença da lâmina d'água superficial de modo constante na área localizada em Santana do Cariri/CE e Bodocó/PE. Em Barbalha verificou-se a disposição da água superficial a partir de um pequeno riacho, acomodado na porção mais baixa da AU. Todavia, em função da escassez de chuva durante o período seco, associado ao uso e ocupação da área, a água não consegue alimentar os trechos mais elevados da AU. As demais áreas como mencionado anteriormente apresentaram regime intermitente. Assim, a disposição da água superficial encontra-se restrita ao período chuvoso.

No que se refere a fonte de alimentação hídrica predominante, ressalta-se que as AUs representativas possuem como fonte principal a alimentação através da exsudação de

nascentes perenes, bem como intermitentes, advindas do lençol freático próximo a superfície. Não se descarta, porém, a precipitação, tendo em vista que é a partir dela que ocorre o abastecimento destes níveis que sustentam as AUs.

Em pesquisas desenvolvidas acerca da dinâmica das AUs, estes parâmetros são sempre destacados e considerados, tendo em vista que é a partir da disposição dele que um ambiente pode caracteriza-se como AU. Assim, destaca-se os trabalhos de Ollis *et al.* (2013), Melly *et al.* (2017), Lidzhegu *et al.* (2019), Guerra (2019), Guerra *et al.* (2020), Gomes e Magalhães Junior (2020) entre outros.

Os fatores antrópicos foram considerados, já que dependendo da intensidade do uso da terra e da captação de água as AUs podem ter suas áreas diminuídas ou até desaparecerem. Definiu-se então, parâmetros como: formas de uso do solo e captação da água para serem analisados de forma detalhada nas AUs representativas. A partir das análises feitas neste trabalho, notou-se a necessidade de incluir parâmetros de ordem antrópica para reconhecimento da dinâmica das AUs, considerando que todas as áreas possuíam trechos usados para agricultura e agropecuária. Algumas áreas apresentaram extensas áreas desmatadas, como em Jardim/CE, Salite/CE, Exu/PE e Bodocó/PE, exibindo assim um padrão de uso do solo nestes ambientes, em virtude da disponibilidade hídrica que apresentam.

Serão discutidos agora os três parâmetros basilares para entender a distribuição, estruturação e dinâmica das AUs na Chapada do Araripe, bem como em outros ambientes também inseridos em contextos áridos e/ou semiáridos. Começando pelo controlador hidrogeológico, destacando os parâmetros: potencial hidrogeológico local e presença de nascentes.

Para o desenvolvimento de AU em regiões de condições climáticas adversas, o estabelecimento de condições hidrogeológica local emerge como elemento determinante na constituição de tal ambiente. Esta condição é amplamente discutidas nos trabalhos desenvolvidos por Guerra (2019) e Guerra *et al.* (2020), os quais apontam a disposição do aquífero superior na Chapada do Araripe como condição *sine qua non* para o estabelecimento e manutenção das AUs na referida área, destacando os subsistemas de Veredas, pois é através desta estruturação que surgem as nascentes que alimentam tais áreas, de modo constante ou periódico. Condição semelhante é tratada no estudo feito por Melly *et al.* (2017), a partir do desenvolvimento de uma camada rochosa impermeável, a qual consegue acomodar o lençol freático, possibilitando a formação de AUs em terras secas na África do Sul.

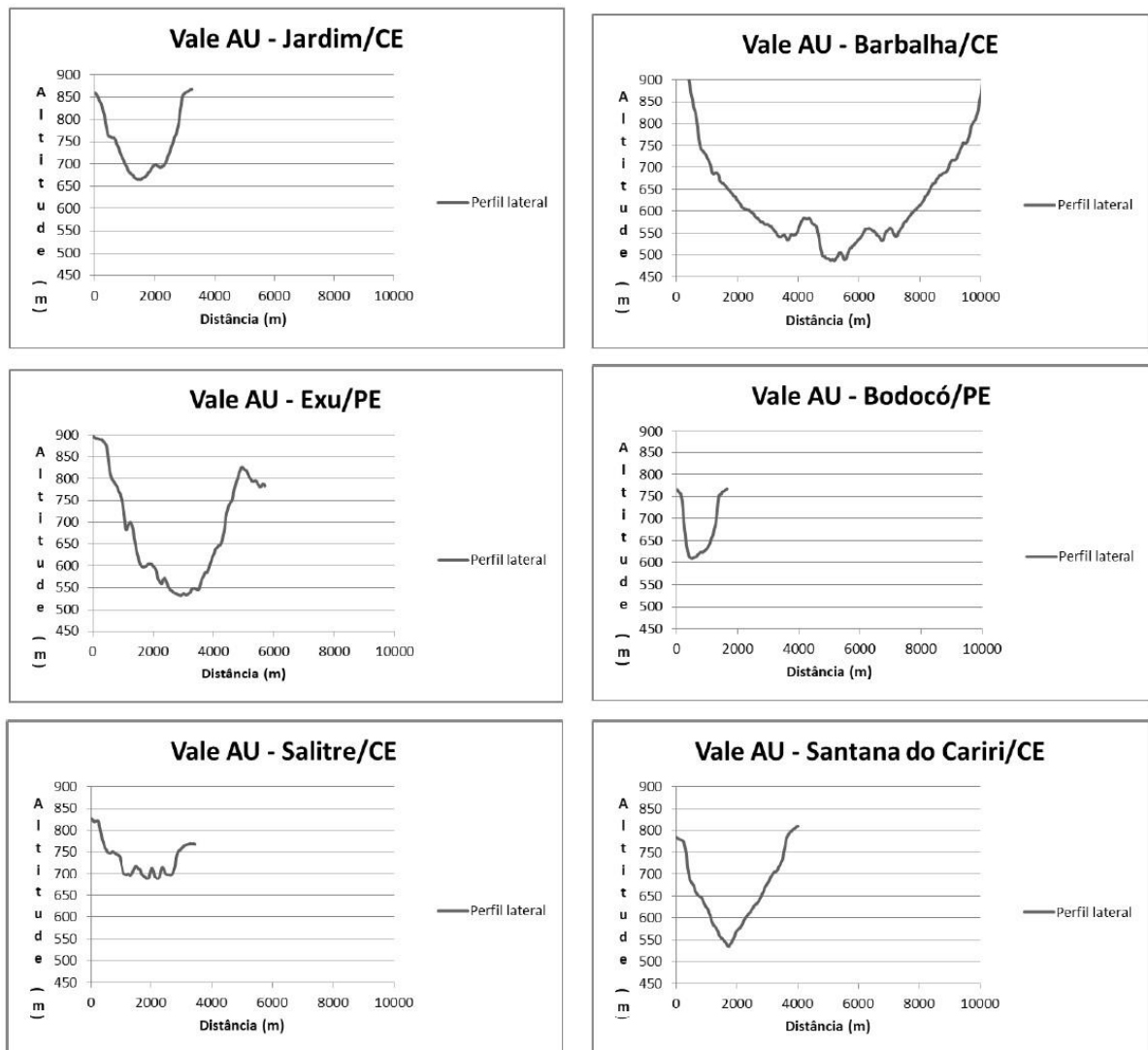
No que se refere à presença de nascentes, ressalta-se a atuação destas nas AUs representativas. Em Santana do Cariri/CE, a AU é mantida substancialmente pela distribuição de água através de surgências, de modo evidente, assim como em Barbalha/CE. Nas outras áreas, as nascentes se comportam de modo intermitente, associando-se a distribuição pluvial durante o período chuvoso. Nessa perspectiva, é válido salientar que para o reconhecimento e classificação das AUs em regiões de clima seco, a consideração destes parâmetros torna-se oportuno para um maior detalhamento das condições estruturais e hidrológicas que mantêm tais áreas.

Os parâmetros ambientais de ordem geomorfológica foram gerados a partir do geoprocessamento. Estes buscaram analisar a forma que as AUs apresentam, com o intuito de verificar a existência ou não de um padrão ou de adequação com as AUs investigadas. A análise iniciou-se com a identificação de vales estreitos. A figura 34 aponta a disposição dos vales onde localizam-se as AUs representativas. Com base nos gráficos, verifica-se a existência de um padrão na distribuição das AUs em áreas de vales encaixados, tendo em vista que a maior parte delas situa-se em vales que variam entre 2 a 6 km, aproximadamente de distância entre as porções mais elevadas, com exceção da AU em Barbalha, a qual apresentou maior distância entre as áreas do platô.

Para análise das AUs na Chapada do Araripe, este aspecto integra-se a classe dos parâmetros estruturantes e elementares para entender o desenvolvimento destes ambientes. Estas reentrâncias permitem o maior acúmulo de água e sedimentos, tornando o ambiente propício para a acomodação de AUs. Nesse sentido, destaca-se o parâmetro definido como área de deposição de sedimentos, evidenciando que todas as AUs, como esperado apresentaram áreas de acumulação de sedimentos advindos das partes mais elevadas. Gomes e Magalhães Junior (2020) destacam as áreas de fundo de vale como contexto geomorfológico propício para formação de AUs.

Estes dois parâmetros associam-se ainda com a declividade apresentada pelas AUs. De modo geral, as AUs representativas exibiram declividade que variaram do plano ao ondulado, conforme as classes de declividade propostas pelo EMBRAPA (1979). A consideração deste parâmetro nos trabalhos desenvolvidos acerca de AUs é indispensável e de certo modo evidente, uma vez que para constituir um ambiente de acumulação de água e sedimento, o qual consiga manter esses processos atuantes, a área precisa dispor de declividade baixa, como apresentou as AUs da Chapada do Araripe e como é destacado no trabalho de Ollis *et al.* (2013).

Figura 34 - Gráficos destacando a disposição dos vales onde se desenvolvem AUs da Chapada do Araripe



Fonte: elaborado pela autota (2022)

A amplitude altimétrica não apresentou um padrão entre as AUs representativas. Este parâmetro buscou entender a disposição e distância entre o topo e a base das áreas que acomodam as AUs, a fim de compreender se existiria uma relação entre o desenvolvimento destes ambientes com a amplitude de tais espaços. Como mostra a tabela 1 os valores obtidos foram diferentes, embora próximos, com exceção das AUs em Exu/PE e Santana do Cariri/CE que apresentaram os mesmos valores. Por esse motivo, salienta-se que este parâmetro não mostrou-se oportuno para análise de classificação das AUs na Chapada do Araripe.

A curvatura do relevo, a partir dos resultados obtidos e de acordo com o trabalho de Valeriano (2003), apontou para a disposição de um relevo, de modo geral, com características côncavas com expressões retilíneas, mesmo que de modo tímido, considerando os valores calculados. Sabe-se que vertentes côncavas conseguem concentrar de modo efetivo fluxos de

água e sedimentos. Por esse motivo, a análise da disposição dessas formas torna-se necessário para a identificação e análise da dinâmica de Áreas Úmidas.

Este parâmetro exibiu um padrão no que se refere a forma do terreno. Considerando as AUs na Chapada do Araripe, o modelo que determinaria a formação e manutenção das AUs seria o obtido neste trabalho, ou seja, considerar a forma côncava como padrão, atrelada a retilínea, distribuída conforme a posição de cada área.

Em seu trabalho, Gomes e Magalhães Junior (2020) consideram as formas planas e côncavas como critérios para o reconhecimento das AUs, considerando os diferentes tipos e formas. Guimarães *et al.* (2019) apontam também o formato côncavo como parâmetro fundamental para gênese de AUs, evidenciando as áreas de cabeceiras de drenagem, uma vez que esta forma permite a concentração dos fluxos, que associada a diminuição de sua energia, responderia pela saturação do solo local, eventualmente originando fluxos e acúmulos subsuperficiais (GUIMARÃES *et al.*, 2019). Nesse contexto, é válido salientar a importância de incluir este parâmetro para classificação de AUs de modo geral, considerando os mais variados contextos climáticos.

A hidrogeomorfologia tem sido cada vez mais incorporada nos trabalhos acerca das AUs. Todavia, no Brasil, classificações que considerem este controlador ambiental ainda não foram elaboradas (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2020, p. 315). Neste trabalho, consideraram-se os parâmetros: potencial para acumulação de água (TWI) e área de captação, como aspectos hidrogeomorfológicos para reconhecer a dinâmica e classificar as AUs da Chapada do Araripe.

O potencial para acumulação de água foi verificado a partir da aplicação do TWI. Este índice representa os processos de saturação do solo, assim como a elevação do aquífero gerado por convergência do escoamento nas áreas a jusante e por queda do gradiente hidráulico nas áreas planas (GUASSELLI *et al.*, 2020).

Os valores para as AUs da Chapada do Araripe variaram de 6,70 a 7,71, apresentando um padrão quanto a disposição da umidade atrelado a topografia nas AUs. É válido pontuar que os maiores valores do TWI apresentaram-se nas áreas em que os valores da curvatura também foram os mais altos, indicando um ambiente com concavidades mais expressivas, evidenciando a possibilidade maior de acumulação de água a partir da forma côncava do terreno.

Em trabalhos que busquem compreender a dinâmica dessas áreas, o uso do TWI é oportuno e essencial, uma vez que este considera o arranjo topográfico e sua relação com

distribuição da umidade. Guasseli *et al.*, (2020) aponta o TWI como elemento indicador de AUs ou de áreas potenciais para acomodação destes ambientes, destacando a aplicação do TWI a partir de 4 MDE's: Alos Palsar I DEM-12,5 m; Aster GDEM-30 m; SRTM-30 m; SRTM-90 m. É válido salientar que nesta investigação é apontado que o TWI extraído a partir do MDE SRTM 30 m pode ser aplicado com precisão superior a 70% para o mapeamento de AUs em áreas de topografia semelhante (GUASSELI *et al.*, 2020), como é o caso da Chapada do Araripe.

Assim, é notório a importância da aplicação deste índice nestes estudos, uma vez que permite a caracterização de AUs a partir da sua disposição topográfica e hidrológica. A partir da aplicação, pode-se ainda verificar a capacidade de acumulação de água e ainda se determinada área se enquadra como AU ou não, a depender da configuração geomorfológica e hídrica, evidenciado a partir dos valores do TWI.

Os valores do parâmetro destacado como área de captação não apresentaram um padrão o qual pudesse subsidiar investigação e análises da dinâmica das AUs. Os resultados obtidos apresentaram-se discrepantes mesmo as áreas representativas exibindo características geomorfológicas e hidrológicas semelhantes. Por esse motivo, com base nos números expressos na tabela 1, destaca-se a não adequação deste parâmetro no reconhecimento da estruturação e dinâmica, bem como na classificação de AUs, seja na Chapada do Araripe ou em outras regiões com características geomorfológica e climática distinta.

7.2 Apontamentos sobre a implicação da conservação e degradação para manutenção das condições ecológicas nas Áreas Úmidas.

As AUs constituem sistemas importantes para a manutenção do equilíbrio ecológico, biológico e hidrológico, assegurando a permanência da biodiversidade que depende das condições expostas pelo ambiente, além de demonstrar ampla relevância cultural, econômica e recreativa (FONSECA e DE-CAMPOS, 2011; CUNHA *et al.*, 2015; DAROL e IRIGARAY, 2018).

Entretanto, por serem provedoras de diversos serviços ecológicos, as AUs são frequentemente ameaçadas, principalmente pelo uso desordenado da terra e pela exploração inadequada da água (DAROL; IRIGARAY, 2018). É imprescindível ainda destacar que as AUs tratam-se de ambientes vulneráveis às ações antrópicas, uma vez que são controladas por sistemas naturais complexos (FONSECA e DE-CAMPOS, 2011; CUNHA *et al.*, 2015). Assim sendo, torna-se evidente a necessidade de preservação destes ambientes, considerando que a sua degradação contribui para diminuição da extensão e/ou desaparecimento da AU.

Dito isto, salienta-se que todas as AUs visitadas apresentaram trechos usados para diversos fins. Determinados ambientes, como a AU em Exu/PE, Salitre e Jardim/CE, exibiram espaços maiores destinados ao plantio de culturas, principalmente o capim, cana-de-açúcar e árvores frutíferas, como áreas utilizadas para bovinocultura associada a estes outros espaços. Estes usos do solo provocam uma séria de mudanças na dinâmica da AU, incluindo alterações no regime hídrico. Estas AU apresentam regime hídrico intermitente fator que associa-se ainda com a forma de uso e ocupação da área.

Em Bodocó/PE, os serviços providos pela AU são utilizados para plantio da bananeira, mas com destaque para o uso excessivo da água, a qual é usada no abastecimento da comunidade local e até de residências na zona urbana, quando a disponibilidade hídrica é afetada na cidade. Além disso, como mencionado anteriormente, nesta AU a água é drenada em valas com o intuito de evitar o completo alagamento do local, deixando-o propício para o manejo do solo.

Nestas AUs, em virtude de tais atividades, há o intenso desmatamento da área. Este fator emerge como uma das causas que provocam o desaparecimento desses ambientes (FONSECA; DE-CAMPOS, 2011), especialmente se tratando de áreas com pequena extensão territorial inserida em contexto climático semiárido.

As AUs em Santana do Cariri e Barbalha/CE apresentaram áreas, de modo geral, mais vegetadas, notadamente nos trechos próximos as áreas adjacentes a riachos. Diferentemente das demais, a área em Barbalha/CE é muito usada para construção civil, no que se refere a chácaras e parques aquáticos, uma vez que a disponibilidade hídrica sustentada por nascentes na área atrai estes tipos de investimentos. Já em Santana do Cariri, as áreas usadas para agricultura e pecuária são menores, se comparada às demais. Além disso, a AU encontra-se inserida em uma área de conservação, por esse motivo há uma maior preocupação quanto à gestão e proteção do ambiente.

Com bases nestas informações, considerando o apontamento feito pelos autores supramencionados a respeito da vulnerabilidade das AUs quanto a ações antrópicas, é relevante evidenciar a corroboração das afirmações a partir das análises feitas nas áreas representativas.

As AUs de cabeceiras de drenagem constituem ambientes de pequena extensão territorial e que apresentam menor probabilidade de ocorrência (GUIMARÃES *et al.*, 2019), especialmente quando submetidas a condições climáticas adversas, como estas inseridas no contexto semiárido. Nesse sentido, a sensibilidade quanto a mudanças resultante da ação

humana é ainda maior. Nas investigações atreladas a AUs representativas pode-se perceber a fragilidade ambiental destas e as implicações que as alterações antrópicas provocam na manutenção do equilíbrio ecológico destes ambientes.

As AUs que apresentaram as condições ambientais, de certo modo, mais preservadas, também demonstraram maior equilíbrio ecológico e hidrológico, como em Santana do Cariri, por exemplo. Nas áreas situadas em Salitre/CE, Jardim/CE e Exu/PE há uma intensa alteração das condições naturais da área. Nesse contexto, considera-se este um dos principais motivos, além das condições climáticas desfavoráveis, que provoca a diminuição do fluxo superficial e subsuperficial e consequentemente a restrição de solos hidromórficos, além de deixá-los mais susceptíveis a erosão, e ainda impede a manutenção da vegetação nativa, seja arbórea ou arbustiva.

Estas AUs apresentam tais características. Dessa forma, aponta-se neste trabalho, que se estes ambientes apresentassem condições ambientais diferentes, as AUs se manteriam com disponibilidade hídrica superficial por mais tempo, levando à preservação da biodiversidade. Do mesmo modo, se insere neste contexto, a AU em Barbalha/CE. Embora apresente vegetação nativa às margens do riacho que corta a Área Úmida, em trechos mais afastados, a vegetação foi substituída. Isso gera uma diminuição da área ocupada pela AU, uma vez que sem a vegetação, existe uma maior dificuldade de infiltração e concentração da água no solo (MOLINARI; VIEIRA, 2004) em trechos específicos.

Tal fato ocorre em Bocodó/PE, porém ainda de forma mais evidente. Embora constitua uma AU perene, a área que permanece alagada se restringe a pequenos trechos, tendo em vista que houve um redirecionamento da água em valas. Além disso, a cobertura vegetal se restringe a estas áreas mais úmidas, especialmente compostas por herbáceas. As áreas adjacentes são utilizadas para plantio de diversas culturas, assim como para o desenvolvimento de plantas frutíferas.

Considerando este cenário, salienta-se que esta AU apresenta-se pressionada, assim como as demais, tendo sua área diminuída, podendo ainda vir a desaparecer futuramente em virtude da dificuldade de reter a água superficial e subsuperficial, embora a área apresente estrutura, forma e funcionalidade aptas a manter uma AU. Entretanto, a manutenção das condições ecológicas e hidrológicas encontra-se limitadas por efeito da utilização intensa do ambiente, o que dificulta a acomodação do ambiente em questão.

Os diferentes usos da terra nas áreas que acomodam AUs provocam uma série de mudanças ambientais as quais afetam o equilíbrio ecológico do ambiente, como o aumento

dos processos erosivos e com isso a instabilidade dos solos, a resistência ao estabelecimento da vegetação nativa, a dificuldade de infiltração e manutenção da água no solo etc. Estas alterações inibem o desenvolvimento da biodiversidade que a AU abriga, além contribuir para seu desarranjo ambiental e seu possível desaparecimento. À vista disso, ressalta-se a importância da preservação, do uso consciente destes ambientes, os quais mostram-se importantes para a sustentação da biodiversidade, como ainda para a retenção da água, recurso indispensável à manutenção da vida.

7.3 Classificação das AUs da Chapada do Araripe

Nesta classificação, serão apresentadas 4 classes de AUs, as quais correspondem a áreas representativas já mencionadas anteriormente. Esta proposta visa agrupar as Áreas Úmidas da Chapada do Araripe, podendo ainda subsidiar futuros trabalhos sobre reconhecimento e classificação de AUs em regiões de clima seco, que apresentem tais configurações geomorfológicas.

O quadro 8 apresenta a nomenclatura adotada para cada área com base nos fatores geomorfológicos e hidrológicos. Além disso, foi desenvolvida uma descrição que sintetize a estrutura e dinâmica de cada AU com base nos parâmetros analisados ao longo do texto, com exceção dos que foram descartados após uma investigação mais precisa acerca da relevância e necessidade da aplicação de alguns em pesquisas relativas à classificação de AUs.

Quadro 8 - Classes de AUs da Chapada do Araripe

Áreas Úmidas	Classes de AUs da Chapada do Araripe
AU em Jardim/CE	AU plana com fundo de vale não canalizado
AU em Bodocó/PE	AU plana com fundo de vale canalizado
AU em Barbalha/CE	
AU em Salitre/CE	AU côncava com fundo de vale não canalizado
AU em Exu/PE	
AU em Santana do Cariri/CE	AU côncava com fundo de vale canalizado

Fonte: elaborado pela autora (2022)

Para a adoção de tais nomenclaturas foi gerado um limiar, a partir do qual pudesse ser identificada a disposição geomorfológica do ambiente, identificando áreas planas ou côncavas. Além disso, quanto às condições hidrológicas, considerou-se a presença ou ausência de canais, baseado na proposta de (Ollis *et al.* (2013) podendo dessa forma analisar a disposição de fluxos concentrados quando a área apresenta certa canalização e difuso quando

não apresenta. Abaixo serão descritos de modo detalhado as características que definiram a forma das AUs e as condições hidrológicas para classificação.

7.3.1 AUs planas

Para a identificação das AUs reconhecidas como planas considerou-se os seguintes valores com base nos números destacados na tabela 1: 0,03 a 0,07 – áreas planas, tendo em vista que são valores mais próximos a 0,0, o qual indica a disposição de terreno retilíneo. Além disso, utilizaram-se ainda as classes de declividade da EMBRAPA (1979). Consideraram-se, nesse sentido os valores: 0-3% e 3-8% os quais estabelecem a classe plana e suave ondulada respectivamente.

7.3.2 AUs côncavas

As AUs côncavas foram estabelecidas do mesmo modo. Todavia, os valores adotados para a classificação foram: 0,10 a 0,19 – áreas côncavas, uma vez que o valor se encontra mais distante de 0,0. A declividade variou de 8-20% indicando um terreno ondulado. De modo geral, os valores das AUs planas como das consideradas côncavas foram correspondentes, com exceção da AU em Salitre, a qual apresentou declividade plana a suave ondulada e curvatura côncava (tabela 1).

7.3.3 AUs com fundo de vale canalizado

Estas AUs são caracterizadas pela sua localização no fundo do vale com presença de um canal fluvial que flui através da área. Apresentam canal bem definido, permitindo que o escoamento da água no ambiente ocorra de maneira concentrada, assim como o fluxo de sedimentos (OLLIS *et al.*, 2013).

Os *inputs* de água predominante nesse tipo de AU são provenientes do canal do rio que flui através da área, como fluxo de superfície resultante de inundações ou como fluxo de subsuperfície, e/ou ainda de encostas adjacentes ao lado do vale. Os *outputs* ocorrem por meio do fluxo superficial ou subsuperficial para o rio adjacente. Ademais, as infiltrações no solo e a evapotranspiração da água nessas áreas também se apresentam potencialmente significativas (OLLIS *et al.*, 2013).

7.3.4 AUs com fundo de vale não canalizado

As AUs com fundo de vale não canalizado são caracterizadas pela sua localização no fundo do vale, pela ausência de margens de canal e pela prevalência de fluxos difusos. Essas áreas são geralmente formadas quando um canal do rio perde o confinamento e se espalha por

uma área mais ampla, fazendo com que o fluxo concentrado associado ao canal do rio mude para fluxo difuso (ou seja, o rio se torna uma AU com fundo do vale não canalizado) (OLLIS *et al.*, 2013).

Os *inputs* de água são tipicamente de um canal a montante que se torna dominado pelo fluxo difuso (superficial e subsuperficial) à medida que entra na AU e infiltra-se a partir de declives adjacentes. Também pode haver entrada de água subterrânea na área. A água se move através do ambiente na forma de fluxo superficial difuso ou subsuperficial, todavia, o fluxo de saída pode ser na forma de fluxo superficial difuso ou concentrado (OLLIS *et al.*, 2013).

7.4 Classes das AUs

As AUs representativas, dessa forma, foram incorporadas as suas respectivas classes. Estas, por sua vez, serão agrupadas de acordo com suas correspondências. Foram identificadas 4 classes de AUs na Chapada do Araripe. O texto subsequente apresentará as classes de modo detalhado, seguido de figuras que representam os tipos reconhecidos.

7.4.1 – AU plana com fundo de vale não canalizado

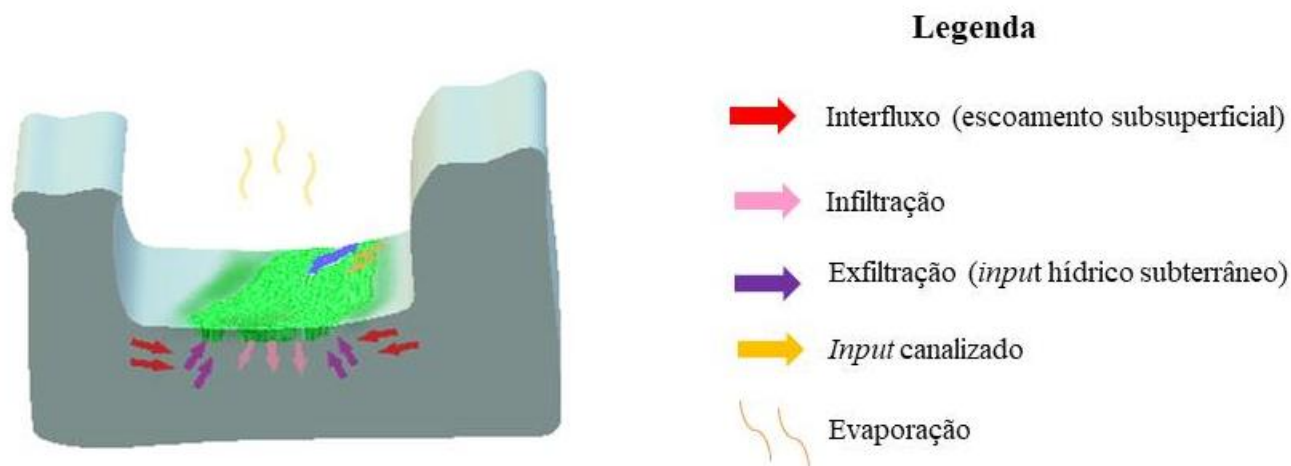
Esta classe de AU apresentou-se única, somente uma área representativa (AU em Jardim/CE) se adequou a este tipo, como evidenciado no quadro 8. A AU representada nesta classe apresentou o menor valor do TWI, correspondendo a 6.70. Tal fato corrobora a informação da AU não conseguir manter a umidade (lâmina d'água superficial) por um período maior, tendo em vista a disposição de fluxos difusos, bem como por efeito das condições geomorfológicas da área. A figura 35 retrata, de modo geral, a estruturação e dinâmica da AU plana com fundo de vale não canalizado.

A partir da análise da figura percebe-se que a AU exhibe *inputs* hídricos advindos da exfiltração subterrânea, escoamento subsuperficial e ainda por meio de um canal, o qual não consegue atravessar a AU, apenas a alimenta com o fluxo superficial. Cabe destacar que a precipitação também exerce a função de *inputs* hídricos na AU. Por outro lado, os *outputs* ocorrem por meio da infiltração e evaporação, especialmente.

Considerando a classificação proposta por Gomes e Magalhães Junior (2020) com base nos critérios hidrogeomorfológicos, nota-se que esta AU enquadra-se na classe das AUs de fundos de vale, uma vez que estas apresentam morfologias planas a onduladas, extensões variadas e estão sempre conectadas à rede de drenagem, todavia, podem ou não apresentar cursos d'água bem definidos. Nesse sentido, quando não apresentam fluxo concentrado, estas

AUs tendem a se formar quando o curso d'água perde seu confinamento energia, que pode ocorrer de modo natural ou antrópico (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2020).

Figura 35 - Imagem exemplificando a AU plana com fundo de vale não canalizado



fonte: elaborado pela autora (2022)

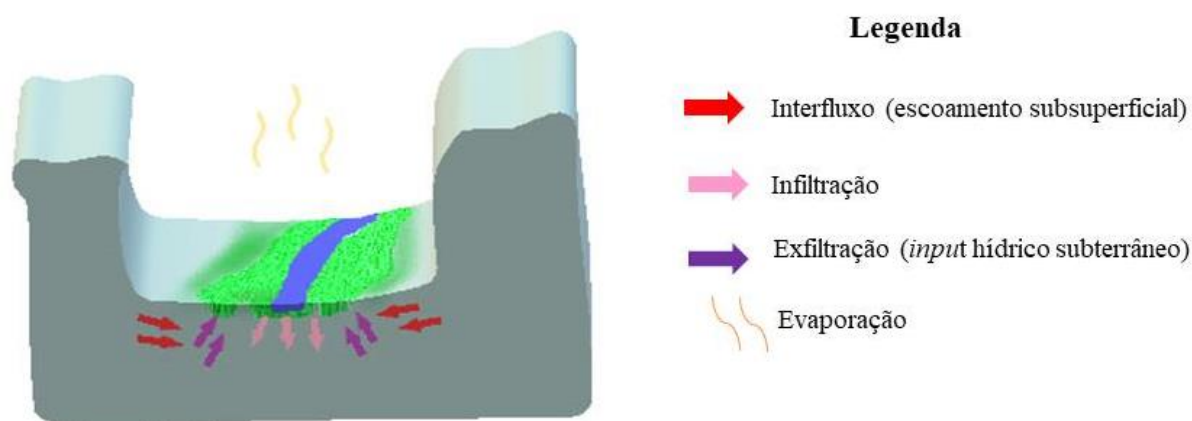
7.4.2 – AU plana com fundo de vale canalizado

Nesta classe se enquadram duas das 6 AUs representativas, são elas: AU em Barbalha/CE e em Bodocó/PE. Ambas possuem curso d'água que atravessa a área. Embora estas AUs apresentem canal fluvial definido e dessa forma fluxo concentrado, os valores do TWI foram baixos em relação às demais AUs, sendo 6,84 e 7,12 em Bodocó e Barbalha, respectivamente (tabela 1), validando a informação a respeito do baixo acúmulo de água por longos períodos em razão das condições geomorfológicas exibidas pelo ambiente que acomodam as AUs. Além disso, o fator antrópico também contribui para a redução do fluxo e permanência da água por mais tempo.

A figura 36 aponta o escoamento subsuperficial e exfiltração do nível subterrâneo como os principais *inputs* hídricos na AU. A precipitação também alimenta a área, embora não se integre aos fatores principais de alimentação hídrica. Já as saídas da água ocorrem por meio de infiltrações pontuais e evaporação, todavia, é interessante frisar ainda a ocorrência de infiltrações laterais, como destaca Ollis *et al.* (2013).

Assim como destacado na discussão anterior, por efeito da forma exibida pelas AUs em epígrafes e tendo em vista a classificação com foco na hidrogeomorfologia (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2020), estas também se enquadrariam nas AUs de fundo de vale, todavia, diferentemente da AU com fundo de vale não canalizado, estas que abrangem um curso d'água, possuem margens do canal bem definidas e o fluxo da água é geralmente concentrado. Além disso, associam-se a cursos hídricos de pequena a média magnitude e ordens (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2020).

Figura 36 - Imagem exemplificando a AU plana com fundo de vale canalizado



Fonte: elaborado pela autora (2022)

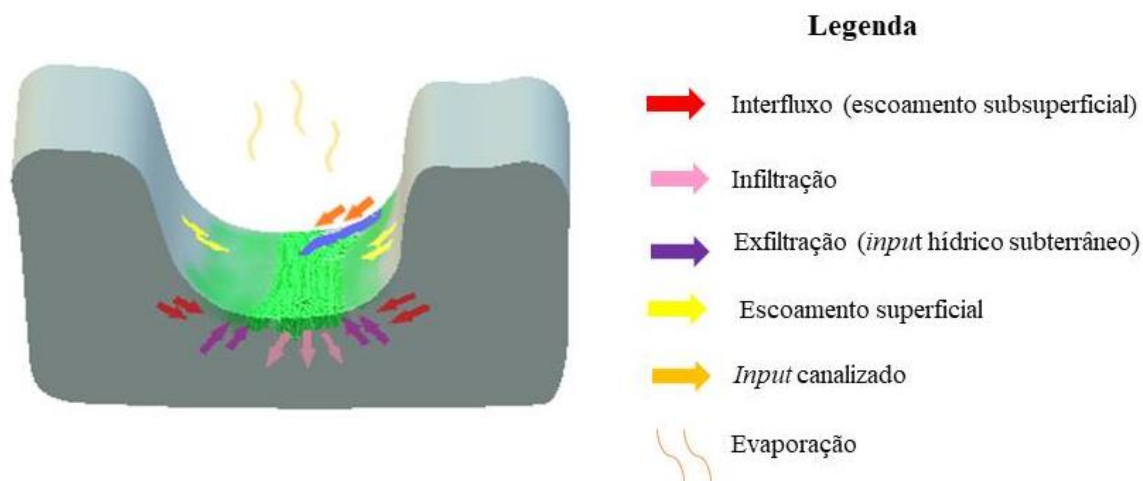
7.4.3 – AU côncava com fundo de vale não canalizado

As AUs situadas em Salitre/CE e Exu/PE se adequam a esta classe, tendo em vista os valores obtidos da curvatura do terreno (maior que 10) e ainda da declividade (entre 8-20%). As áreas não apresentam canal fluvial definido, embora tenham uma predisposição a maior acúmulo de água em virtude da forma que o ambiente apresenta. Os valores, dessa forma, do TWI foram os dois maiores, 7,49 e 7,71 referente à Exu/PE e Salitre/CE, respectivamente.

A figura 37 apresenta a dinâmica hidrológica para esta classe de AU. Nesta, as entradas de água ocorrem por meio do fluxo superficial advindo do trecho do rio ainda canalizado, da exfiltração, a partir do escoamento subsuperficial e ainda do superficial, sendo este último mais frequente em áreas de terreno mais acidentado, como nas AUs supramencionadas. A precipitação, embora seja restrita a um curto período no ano, com média que variam entre 600 e 700 mm, também participa do processo de *inputs* hídricos nas AUs.

Estas classes, de acordo com a proposta de Gomes e Magalhães Junior (2020) se enquadrariam nas AUs de cabeceira, tendo em vista que estas apresentam forma côncava e podem coincidir com vales não canalizados e anfiteatros. Ademais, sua forma facilita a convergência de fluxos pluviais e subsuperficiais e ainda a acumulação de sedimentos das encostas, os quais podem auxiliar na retenção de água e na formação de áreas encharcadas (GOMES; MAGALHÃES JUNIOR, 2020).

Figura 37 - Imagem exemplificando a AU côncava com fundo de vale não canalizado



Fonte: elaborado pela autora (2022)

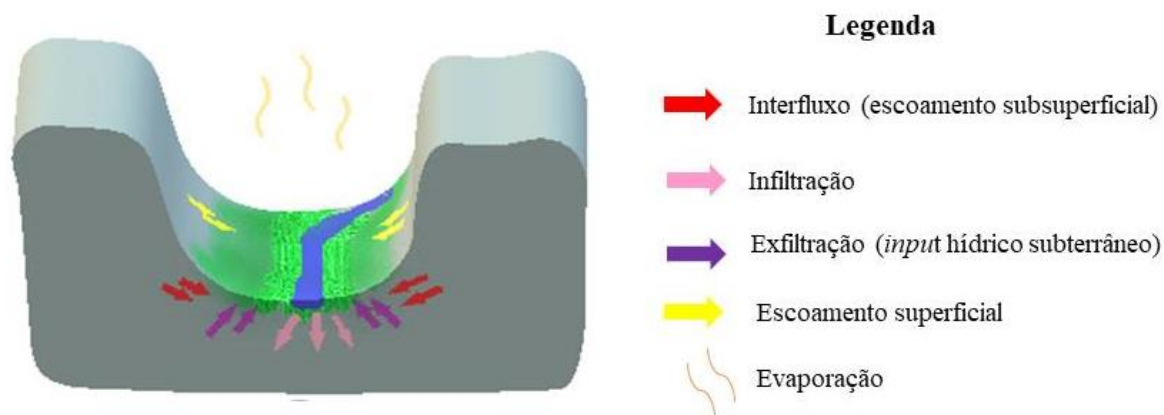
7.4.4 – AU côncava com fundo de vale canalizado

Nesta classe enquadra-se apenas uma AU das representativas, a qual corresponde a AU em Santana do Cariri/CE. A área possui canal fluvial definido, embora apresente áreas alagadas de modo difuso. O TWI obtido nesta AU também corresponde a um dos valores maiores, sendo 7, 23, corroborando a afirmação de maior acúmulo de água em áreas côncavas, especialmente com fluxo concentrado.

A classe apresenta *inputs* a partir da exfiltração do nível subterrâneo, pelo escoamento subsuperficial e superficial e ainda pela precipitação, que nesta AU chegam a ultrapassar os 800 mm. Os *outputs* assim como mencionado na classe anterior ocorrem por infiltração e evaporação (figura 38). Todavia, cabe destacar que nesta AU o fluxo hídrico é mais intenso e perene, ou seja, a área permanece alagada durante todo o ano.

Considerando as características das classes destacadas em Gomes e Magalhães Junior (2020), esta AU se adequaria também na classe das AUs de cabeceira de drenagem, esta apresentando canais de 1ª ordem, e situada em posição de média encosta, com 700 m de altitude, aproximadamente, correspondendo a AU de maior elevação entre as representativas destacadas no trabalho.

Figura 38 - Imagem exemplificando a AU côncava com fundo de vale canalizado



Fonte: elaborado pela autora (2022)

A classificação gerada foi embasada e ainda comparada com trabalhos anteriores, como Ollis *et al.* (2013) e Gomes e Magalhães Junior (2020), os quais apresentaram classes hidrogeomorfológicas de AUs para suas respectivas áreas. Desse modo, cabe destacar que embora este estudo se volte para AUs em cabeceiras de drenagem, nesta classificação foi possível identificar outra classe a qual se integra na conjuntura exposta pelas AUs da Chapada do Araripe, mesmo em contexto de áreas de surgências, como as AUs de fundo de vale.

Nota-se, portanto, a diversidade de AUs que o contexto hidrogeológico e hidrogeomorfológico da Chapada propicia. Mesmo em contextos geomorfológicos semelhantes, os ambientes em específicos apresentam diferenciações que permitem o desenvolvimento de classes distintas e variadas, como as mencionadas neste estudo.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Áreas Úmidas são sistemas complexos, os quais necessitam de um conjunto de fatores - tratados neste trabalho como controladores e parâmetros - para sua estruturação e funcionamento, especialmente em ambientes secos. Nesse sentido, destaca-se que as AUs da Chapada do Araripe são mantidas, sobretudo pelas condições hidrogeomorfológicas e hidrogeológicas. Ambas, atreladas aos parâmetros geomorfológicos, apresentaram-se imprescindíveis pra caracterização e classificação de AUs na Chapada em destaque.

A caracterização das AUs considerando os parâmetros destacados no trabalho torna-se fundamental pra entender sua estrutura e dinâmica/funcionalidade, sendo indispensável para classificação. Além disso, os parâmetros utilizados mostraram-se adequados, uma vez que conseguiram identificar e definir as AUs. Assim, emergem como parâmetros representativos, podendo ser usado em outras caracterizações e classificações de AUs em regiões de clima seco.

A partir da caracterização das AUs com base nestes critérios, desenvolveu-se uma classificação que agrupou as AUs identificadas. Esta foi realizada por meio, especialmente, de critérios hidrogeomorfológicos, como base no trabalho de Ollis *et al.* (2013), com a proposta da criação de um sistema de Classificação de Zonas Úmidas e outros ecossistemas aquáticos na África do Sul, e ainda nos estudos de Gomes e Magalhães Junior (2020), os quais propuseram classes de AUs, com foco nos critérios hidrogeomorfológicos, para o estado de Minas Gerais. À vista disso, a classificação proposta neste trabalho, mostrou-se oportuna, tendo em vista o contexto escultural e hidrológico exposto.

Embasado na caracterização e classificação, notou-se que a maior parte das AUs possui regime hídrico intermitente. Todavia, ressalta-se que a conjuntura hidrológica - perene e intermitente - não depende exclusivamente de fatores hidrogeológicos, hidrogeomorfológicos, climáticos etc., mas ainda das formas de uso da terra. A utilização acentuada do solo provoca mudanças na dinâmica da AU, como o tempo de permanência da lâmina d'água superficial, a manutenção da água subsuperficial, restrição da área alagada (diminuição do espaço encharcado), implicação na manutenção da vegetação nativa, na infiltração da água, aumento dos processos erosivos, entre outros.

Nessa perspectiva, é relevante destacar que a conservação destes ambientes contribui diretamente para o desenvolvimento adequado de suas funções, auxiliando ainda na manutenção do equilíbrio ecológico, em especial em ambientes de clima seco, onde o desenvolvimento e manutenção das AUs são limitados.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Depressões periféricas e depressões semiáridas no nordeste do Brasil. Boletim Paulista de Geografia**, São Paulo, n. 22, p. 3-18, 1956.
- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas brasileiras**. 4 ed. São Paulo, Ateliê Editorial, 2007.
- AB'SABER, A. N. Domínios morfoclimáticos atuais e quaternários na região dos cerrados, 1981. In: MODENESI-GAUTTIERI, May Christine et al. **A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber**. São Paulo: Beca-BALL edições, 2010, p. 1158- 1162.
- ALENCAR-SILVA, T; MAILLARD, P. Delimitação, caracterização e tipologia das veredas do Parque Estadual Veredas do Peruaçu. **Geografias, Belo Horizonte** 07(2) 24-39 jul-dez de 2012.
- ANDRADE, I. F; RODRIGUES, S. C. Monitoramento da disponibilidade hídrica subsuperficial ao longo de uma vertente em ambiente de cerrado. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v. 7, n. 20, p. 3-11, 2016.
- ARAÚJO, E. D. S; **Classificação por unidade de paisagem e estudo da variação da biomassa da vegetação em um complexo de serras no interior da Paraíba utilizando sensoriamento remoto**. Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB. Março, 2018.
- ASSINE, M. L. Análise estratigráfica da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, v.22, n.3, p.289-300, São Paulo, 1992.
- ASSINE, M. L.. Bacia do Araripe. **Boletim Geociências Petrobras**, v. 15, n. 2, p. 371-389, Rio de Janeiro, 2007.
- ASSINE, M. L; PERINOTTO, J.A. de J; CUSTÓDIO, M. A; NEUMANN, V. H; VAREJÃO, G. F; MESCOLOTTI, P. C. Sequências deposicionais do Andar Alagoas da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. **B. Geoci. Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 3-28, jan. /jun. 2014.
- AUGUSTIN, C. H. R. R; DE MELO, D. R; ARANHA, P. R. A. Aspectos geomorfológicos de veredas: um ecossistema do bioma do cerrado, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 10, n. 1, p. 103-114, 2009.
- BARROS, A. C. M; SOUZA, J. O. P; CORREA, A. C. B. Caracterização Granulométrica dos depósitos de preenchimento de vale como base à proposição de uma tipologia de elementos de desconexão na bacia do riacho Araras/PB. **Revista Geonorte**, v. 5, n. 20, p. 202-206, 2014.
- BASTOS, A. S; MONTEIRO, M. T. F; FERREIRA, S. J. F; OLIVEIRA, R. C; CANDIDO, L. A; ALMEIDA, C. N; MIRANDA, S. A. F; VILLAMIZAR, E. A. R; SILVA, M. S. R. **Análise da variabilidade do nível do lençol freático em período de anomalia climática numa floresta nativa na Amazônia central, Manaus-Am.** XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.
- BASTOS, F. DE H; CORDEIRO, A. M. N. MACEDO, F. E; AZEVEDO, R. E. S. DE. A gestão ambiental nas paisagens da bacia do Araripe no Estado do Ceará. **Confins [online]**, p. 1-17, 2016.
- BEVEN, K.; KIRKBY, M. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology/un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant. **Hydrological Sciences Journal**, Taylor & Francis, v. 24, n. 1, p. 43-69, 1978.

BIGARELLA, J. J; DE MEIS, MARIA R. M; DA SILVA, J. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 2, p. 165-196, 2016.

BOAVENTURA, Ricardo Soares. **Plano de desenvolvimento integrado do noroeste mineiro, recursos naturais**. v. 2, Belo Horizonte: CETEC, 1981

BOZELLI, R. L; FARIAS, D. S; LIMA, S. K. F; LIRA, R. T. S; NOVA, C.C; SETUBAL, R. B; BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Comportamento das bacias sedimentares da região semiárida do nordeste brasileiro. **Hidrogeologia da Porção Oriental da Bacia Sedimentar do Araripe**. CPRM, Julho, 2005.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe**. Recife: DNPM, 1996.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de Vegetação**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

CARVALHO, I. S; FREITAS, F. I; NEUMANN, V. Chapada do Araripe. In: Y. Hasui, C. D. R. Carneiro, F. F. M. Almeida, A. Bartorelli (Orgs.), **Geologia do Brasil** (1, 510-513). São Paulo: Beca, 2012.

CARVALHO, K. J; SOUZA, A. L.; MACHADO, C. C. **Ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia da macaúba**. Convênio de Cooperação Técnica SECTES/FAPEMIG, Pólo de Excelência em Florestas. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, P. 1-32, 2011.

CAVALCANTI, L. C. S; LIRA, D. R.; CORRÊA, A. C. B. **Tipologia de Geoformas para Cartografia de Detalhe no Semiárido Brasileiro**. XVI Simpósio Nacional de Geomorfologia. Maringá, 2016.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza: FUNCEME, 2012.

CEARÁ. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Sistemas Atmosféricos Atuantes Sobre o Nordeste**. Disponível: <http://www.funceme.br/?p=967>, acesso em: 21 de abril de 2021. Fortaleza: FUNCEME, 2014.

COELHO NETTO, A. L. Evolução de cabeceiras de drenagem no médio vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a formação e o crescimento da rede de canais sob controle estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 2, p. 69-100, 2003.

CORRÊA, A.C.B; TAVARES, B.A.C; LIRA, D.R; MUTZENBERG, D.S; CAVALCANTI, L.C.S. The semi-arid domain of the northeast of Brazil. In: Salgado, A.A.R., Santos, L.J.C., Paisani, J.C. (Eds.), The Physical Geography of Brazil. **Springer Nature Switzerland AG**, p. 119–150, 2019.

COWARDIN, L. M, et al. **Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States**. US Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Washington, DC. Office of Biological Services. FWS/OBS-79/31. Dez. 1979

CUNHA, C. N da; PIEDADE, M. T. F; JUNK, W. J. **Classificação e delineamento das Áreas Úmidas brasileiras e de seus macrohabitats**. Recurso eletrônico (E-book): modo de acesso: www.editora.ufmt.br. Cuiabá, EdUFMT, 2015.

DANTAS, M. E; FERREIRA, R. V; EDGAR SHINZATO, E; BRANDÃO, R. DE L; TEIXEIRA, W. G; FREITAS, L.C. **Geodiversidade da Chapada do Araripe: de Padre Cícero a Luiz Gonzaga**. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. EMBRAPA Solos, 2018 **Cartilha**.

DAROLD, F. R; IRIGARAY, C. T. J. H. A importância da preservação e conservação das áreas úmidas como mecanismo de efetivação do direito constitucional ao meio ambiente ecologicamente equilibrado para as futuras gerações. **Revista direito e justiça: reflexões sociojurídicas**, v. 18, n. 31, p. 167-180, 2018.

ELLERY, W.N; GRENFELL, M; GRENFELL, S; KOTZE, D.C; MCCARTHY, T.S; TOOTH, S; GRUNDLING, P-L; BECKEDAHL, H; LE MAITRE, D; RAMSAY, L. **WETOrigins: Controls on the Distribution and Dynamics of Wetlands in South Africa**. Wetland Management Series, Water Research Commission Report No. TT 334/09. Water Research Commission, Pretoria, 2009.

FAGUNDES, N. C. A; FERREIRA E. J. Veredas (*Mauritia flexuosa palm swamps*) in the southeast Brazilian savanna: Floristic and structural peculiarities and conservation status. **Neotropical Biology and Conservation**,11(3). p.178-183, sete-dez, 2016.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Desenvolvimento de uma tipologia hidrogeomorfológica de nascentes baseada em estatística nebulosa multivariada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, p. 393-409, 2014.

FERREIRA, I. M. **Aspectos geomorfológicos e paisagístico das veredas**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia Tropical e Subtropical, métodos e técnicas. Goiânia, 6 a 10 de setembro de 2006.

FERREIRA, I. M. **Paisagens do Cerrado: aspectos conceituais sobre vereda**. IX Simpósio Nacional Cerrado: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília/DF. Outubro de 2008.

FERREIRA, M. V; TINÓS, T. M; PINTON, L. G; LUPINACCI, C. M. A cartografia da dissecação vertical para avaliação do relevo: Proposta de técnica automática. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 67, n. 6. P. 1232-1245, 2015.

FERREIRA, L. L. B. ; GOMES, C. S. ; MAGALHÃES JR, A. P. . Contradições entre as ações públicas municipais de controle de inundações e as de proteção de sistemas hídricos em Belo Horizonte (MG): o caso do Parque Ecológico do Brejinho. **Revista eletrônica do arquivo público da cidade de Belo Horizonte**, v. 6, p. 138-155, 2019.

FERREIRA, L. L. B. ; MAGALHÃES JR, A. P. . Inventário das áreas úmidas urbanas em parques municipais de Belo Horizonte/MG. **Caderno de geografia**, v. 28, p. 702-730, 2018.

FONSECA, C. A. B; DE-CAMPOS, A. B. Degradação ambiental das terras úmidas do cerrado: exemplo da alta bacia do rio araguaia–estado de Goiás. **Geografia**, v. 36, n. 2, p. 371-396, 2011.

GALVÍNCIO, J. D; DANTAS, L. G. Sistemas que favorecem ocorrência de chuva em região semiarida do Nordeste do Brasil: estudo de caso em são José do Sabugá-PB. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 27, n. 1, p. 202-217, 2010.

GOMES, C. C; DIAS, F. R; GONÇALVES, J. Y. de B; SOUZA, A. R. de. **Avaliação do nível de degradação de uma fonte na Chapada do Araripe e sua influência na disponibilidade hídrica**. 48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE. Fortaleza/CE, Maio, p. 1832 a 1837, 2018.

GOMES, C. C; DIAS, F. R; GONÇALVES, J. Y. de B; SOUZA, A. R. de. **Avaliação do nível de degradação de uma fonte na Chapada do Araripe e sua influência na disponibilidade hídrica**. 48º Congresso Nacional de Saneamento da ASSEMAE. 27 a 30 de maio, Fortaleza/CE. p. 1832-1837, 2018.

- GOMES, C. S; JUNIOR, A. P. M. Aparato conceitual sobre áreas úmidas (wetlands) no Brasil: Desafios e opiniões de especialistas. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 37, n. 3, p. 484-508, 2017.
- GOMES, C. S; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Classes hidrogeomorfológicas de Áreas Úmidas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia. (Online)**, São Paulo, v.21, n.2, (Abr-Jun) p.313-327, 2020.
- GOMES, C. S; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Sistemas de classificação de Áreas Úmidas no Brasil e no mundo: panorama atual e importância de critérios hidrogeomorfológicos. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 33, e, 34519, 2018.
- GONÇALVES, E; TEIXEIRA, I. F; **Percentual e índice de cobertura arbórea para a área urbana de São Gabriel RS**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 9, n. 4, 2017.
- GONZÁLEZ-B, V. RIAL, A. Terminología y tipos de agrupación de Mauritia flexuosa según el paisaje. In: LASSO, C, A. RIAL, A. GONZÁLEZ-B, V. **VII Morichales y Cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela, Parte I**. Serie recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013.
- GUASSELLI, L. A; SIMIONI, J. D; LAURENT, F. Mapeamento e classificação de Áreas Úmidas usando Topographic Wetness Index (TWI) a partir de modelos digitais de elevação, na bacia hidrográfica do Rio Gravataí - Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, nº 3. p. 640-659, 2020.
- GUERRA, A.T; GUERRA, A. J. T; **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 6º ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2008.
- GUERRA, M. D. F. **Veredas da Chapada do Araripe: contexto ecogeográfico de subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil**. Tese (Doutorado), Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, p. 37 a 162, 2019.
- GUERRA, M. D. F; DE SOUZA, M. J. N; DA SILVA, E. V. Veredas da Chapada do Araripe: subespaços de exceção no semiárido do estado do Ceará, Brasil. **Ateliê Geográfico**, v. 14, n. 2, p. 51-66, 2020.
- GUIMARÃES, I. P. M. B; DIAS, P. H. R; FELIPPE, M. F. Áreas úmidas de cabeceiras de drenagem: investigações preliminares. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: geografia física e mudanças globais. **Anais...** UFC, Fortaleza/CE, 15 a 18 de junho de 2019. p. 1-6.
- JUNK, W.J.; PIEDADE, M.T.F.; SCHÖNGART, J; COHN-HAFT, M.; ADENEY J. M.; WITTMANN, F. A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. **Wetlands**, p. 623-640, 2011.
- KAHN, F. Palms as key swamp forest resources in Amazonia. **Forest Ecology and Management**, 38, p. 133-142, 1991.
- KIMURA, G; Celso, O. L. **Reservas Hídricas Subterrâneas do Gráben Crato-Juazeiro (CE)**. XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, p. 1-11, 2004.
- LEMELIN, L.V; DARVEAU, M; IMBEAU, L; BORDAGE, D. **Wetland Use and Selection by Breeding Waterbirds in the Boreal Forest of Quebec, Canada**. Soc. Wetl. Sci., 30: 321-332, 2010.

- LIDZHEGU, Z; ELLERY, F; MANTEL, S. K. Incorporating Geomorphic Knowledge in the Management of Wetlands in Africa's Drylands: a Rapid Assessment of the Kafue Wetland. **Wetlands conservation**. Society of Wetland Scientists, 2019.
- LIMA, G. G de; MARÇAL, M; CORREA, A. C. de B; LIMA, F. J de. Landscape evolution of the Salamanca watershed, Araripe Plateau: Insights from a river channel morphological classification. **Journal of South American Earth Sciences**. p. 2-14, 2020.
- LOIOLA, M. I. B. *et al.* Flora da Chapada do Araripe. In. **Sociobiodiversidade na Chapada do Araripe**. v. 1, capítulo 6. p. 103-148, 2015.
- LOTTE, R. G; ALMEIDA, C. M de; Valeriano, M. M. **Aquisição do Índice de Saturação do Solo (TWI) para a avaliação de suscetibilidade a movimentos de massa na região de São Sebastião-SP**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.
- MALTCHIK, L.; ROLON, A.S.; GUADAGNIN, D.L; STENERT, C. Wetlands of Rio Grande do Sul, Brazil: a classification with emphasis on plant communities. **Acta Limnol. Bras.** v.16, n.2, p.137-151, 2004.
- MARENGO, J. A; ALVES, L. M; BESERRA, E. A; F. LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas, v. 1, p. 385-422, 2011.
- MARQUES, F. O; NOGUEIRA, F. C. C; BEZERRA, F. H. R; CASTRO, D. L. **The Araripe Basin in NE Brazil: An intracontinental graben inverted to a high-standing horst**. Tectonophysics, n. 630, p. 251–264, 2014
- MELLY, B. L., SCHAEEL, D. M., GAMA, P. T. Perched wetlands: An explanation to wetland formation in semi-arid áreas. **Journal of Arid Environments** 141, p. 34-39, 2017.
- MELO, D. R de. ESPINDOLA, C. R. **As veredas nos planaltos de buritizeiro/MG: estágio atual dos conhecimentos**. VI Simpósio Nacional de Geomorfologia: Geomorfologia Tropical e Subtropical, métodos e técnicas. Goiânia, 6 a 10 de setembro de 2006.
- MENDONÇA, L. A. R; FRISCHKORN, H; F. SANTIAGO, M. F; CAMARGO, P. B. DE; JOSÉ O. G. DE LIMA, J. O. G DE; MENDES FILHO, J. Identificação de mudanças florestais por 13C e 15N dos solos da Chapada do Araripe, Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, PB, UAEA/UFCG. v.14, n.3, p.314–319, 2009.
- MITSCH, W. J.; GOSSELINK, J. G. **Wetlands**. 4th ed. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons. 2007.
- MOLINARI, D. C; VIEIRA, A. F. G. Considerações preliminares sobre a capacidade de infiltração de água no solo no Distrito Industrial II Manaus (AM). **Anais...V Simpósio Nacional de Geomorfologia-I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia UFSM–RS**, 2004, p. 1-16.
- MORAIS NETO, J. M. de; HEGARTY, K; KARNER, G. D. Abordagem preliminar sobre paleotemperatura e evolução do relevo da Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil, a partir da análise de traços de fissão em apatita. **Boletim Geociências Petrobras**, v. 14, n. 1, p. 113-119, Rio de Janeiro, 2005-2006.
- NARVÁEZ-GÓMEZ, J. P; CABRAL, A; FRAZÃO, A; COLII-SILVA, M; SANTANA, P. **Biogeografia Neotropical: história e conceitos** [in Portuguese]. Universidade de São Paulo, P. 1-21, 2018.

NASCIMENTO, I. V. Cerrado: o fogo como agente ecológico. **Territorium**, n. 8, p. 25-35, 2001.

OLLIS, D.J; SNADDON, C.D; JOB, N.M; MBONA, N. **Classification System for Wetlands and other Aquatic Ecosystems in South Africa**. User Manual: Inland Systems. SANBI Biodiversity Series 22. South African National Biodiversity Institute, Pretoria, 2013.

PEULVAST, J-P; BÉTARD, F. A history of basin inversion, scarp retreat and shallow denudation: The Araripe basin as a keystone for understanding long-term landscape evolution in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 233, p. 20-40, 2015.

RAMOS, M. V. V; CURI, N; MOTTA, P. H. F; VITORINO, A. C. T; FERREIRA, M. M; SILVA, M. L. N. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciênc. agrotec.**, v. 30, n. 2, mar./abr., p. 283-293, Lavras, 2006.

RAMOS, M. V. V; HARIDASAN, M., G. M de. Caracterização dos Solos e da Estrutura Fitossociológica da Vegetação de Veredas da Chapada no Triângulo Mineiro. **FRONTEIRAS: Journal of Social, Technological and Environmental Science** v.3, n.2, jul.-dez. p.180-210, 2014.

RAMSAR CONVENTION. **Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat**. Ramsar, Iran, 2.2.1971 as amended by the Protocol of 3.12.1982 and the Amendments of 28.5.1987. Paris, 13 July 1994. Disponível em: https://www.ramsar.org/documents?field_quick_search=2550. Acesso em 06 novembro de 2020.

RIBEIRO J.F. WALTER. B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; SEMÍRAMIS, P. de A. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina-DF: Embrapa, 1998, p. 89-166.

SALDANHA, D. S.; COSTA, D. F. S. Classificação das Áreas Úmidas no sistema estuarino do rio Oiranhas-Açu (NE-Brasil). **Revista GeoUECE (Online)**, v. 08, n. 14, p. 152-164, jan./jun. 2019.

SCOONES, I. **Wetlands in drylands: key resources for agricultural and pastoral production in Africa**. Drylands Network Programme. International Institute Enviroment and Development, p. 2-8, 1992.

SCOTT, D. A.; JONES T. A. **Classification and inventory of wetlands: a global overview**. Vegetatio, v.118, n.1-2, p 3-16, 1995.

SILVA, A, J. P. DA; LOPES, R. C; VASCONCELOS, A. M; B. C. BAHIA, R. B. C. Serviço Geológico do Brasil. **Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores**. Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. CPRM, Brasília, p. 56-85, 2003.

SILVA, D. E. M.; COSTA, D. F. S. Classificação das Áreas Úmidas (AUs) hipersalinas da bacia hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu e da Faixa Litorânea Norte de **Escoamento Difuso**. **REGNE**, Vol. 2, Nº Especial. p. 1437-1446, 2016.

SOUZA, J. O. P. **Controles fluviais e diversidade de estilos fluviais do rio Mamanguape – Paraíba**. Anais XII Simpósio Nacional de Geomorfologia. Crato/CE, 2018.

SOUZA, J. O. P. de; Catenas e detalhamento expedito dos solos da bacia do Riacho do Saco-Serra Talhada/Pernambuco. **Geosul**, v. 28, n. 56, p. 163-182, 2013.

SOUZA, M. J. N de; OLIVEIRA, V. P. V de. Os enclaves úmidos e sub-úmidos do semi-árido do Nordeste brasileiro. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v.5, n.9, p. 85-102, Fortaleza, 2006.

TINÉ, M. de O; PEREZ, L; MOLOWNY-HORAS, R. Modelagem das mudanças espaço-temporais de Áreas Úmidas: estudo de caso da Região Administrativa de Abitibi-Témiscamingue–Québec, Canadá. **Revista Cartográfica**, n. 101, p. 119-134, 2019.

TINER, R. W. **Wetland Indicators** : A Guide to Wetland Formation, Identification, Delineation, Classification, and Mapping. Second edition. | Boca Raton : Taylor & Francis, 2017.

TOOTH, S. The geomorphology of wetlands in drylands: Resilience, nonresilience, or ...?. **Geomorphology**, p. 1-16, 2017.

TOOTH, S; ELLERY, F; GRENFELL, M; THOMAS, A; KOTZE, D; RALPH, T. **10 reasons why the is importante Geomorphology of wetlands**. Climate Change Consortium of Wales. Wetlands in Drylands research network, Ago, p. 1-32, 2015(B).

TOOTH, S; MCCARTHY, T. S. Wetlands in drylands: geomorphological and sedimentological characteristics, with emphasis on examples from southern Africa. **Progress in Physical Geography**, 31(1), p. 3–41, 2007.

TOOTH. S; GRENFELL, M; THOMAS, A; ELLERY, F. Wetlands in Drylands: ‘Hotspots’ of Ecosystem Services in Marginal Environments. **GSDR - Science Brief**, p. 1-4, 2015(A).

VALERIANO, M de M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, p. 539-546, 2003.

WANDERLEY, L, S, A; NÓBREGA, R. S; MOREIRA, A. B. M; MENEZES, R. S. C. A relação entre o relevo e o clima como proposição de caracterização da fisiologia da paisagem em Pernambuco, Brasil. **Geo-UERJ**, n. 34, p. 1-24, 2019.

WINTER, T. C. LABAUGH. J. W. Hydrologic considerations in defining isolated wetlands. **WETLANDS**, Vol. 23, n. 3, September, p. 532–540, 2003.