



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

JOÃO PEDRO AVELINO DOS SANTOS

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA
TERRA EM ÁREAS DO MACIÇO DE ÁGUA BRANCA E SEU ENTORNO**

DELMIRO GOUVEIA – AL

2020

JOÃO PEDRO AVELINO DOS SANTOS

**MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA
TERRA EM ÁREAS DO MACIÇO DE ÁGUA BRANCA E SEU ENTORNO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Alagoas – UFAL,
como requisito parcial para obtenção de título
de Graduação em Licenciatura em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Flávia Jorge de Lima

DELMIRO GOUVEIA – AL

2020

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

S237m Santos, João Pedro Avelino dos

Mapeamento geomorfológico e análise do uso e cobertura da terra em áreas do maciço de Água Branca e seu entorno / João Pedro Avelino dos Santos. – 2020.

78 f. : il.

Orientação: Profa. Dra. Flávia Jorge de Lima.

Monografia (Licenciatura em Geografia) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Geografia. Delmiro Gouveia, 2020.

1. Geomorfologia. 2. Geoprocessamento. 3. Planejamento ambiental. 4. Território. 5. Água Branca – Alagoas. I. Lima, Flávia Jorge de. II. Universidade Federal de Alagoas. I. Título.

CDU: 551.4



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO: GEOGRAFIA – LICENCIATURA

FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: JOÃO PEDRO AVELINO DOS SANTOS

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO E ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA
TERRA EM ÁREAS DO MACIÇO DE ÁGUA BRANCA E SEU ENTORNO

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao
corpo docente do Curso de Geografia -
Licenciatura da Universidade Federal de
Alagoas e aprovado em 05 de fevereiro de
2020

Banca Examinadora:

(Profª. Dra. Flávia Jorge de Lima – UFAL/Campus do Sertão)
(Orientadora)

(Prof. Dr. Raimundo Nonato Gomes Junior – UFAL/Campus do Sertão)
(1º Examinador)

(Prof. Dr. Fernando Pinto Coelho - UFAL)
(2º Examinador)

A minha mãe, Sileide.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Deus justo e fiel, pois sua misericórdia me alcançou mais uma vez, se não fosse por Ele, certamente não teria conseguido terminar este trabalho, porém me destes forças e paciência nos momentos de aflição.

Em especial, agradeço a minha mãe Sileide por ter me dado a oportunidade de estudar, por sempre cuidar de mim, por sempre se prontificar para me ajudar e apoiar nas minhas decisões, sem medir esforços.

Agradeço a meu pai Augusto que me concebeu o direito de viver e por tudo que fizeste por mim.

A todos os meus familiares que se dispuseram para me auxiliar nessa árdua jornada. Especialmente a Gisele, Daniela, Juliana, e aos demais que me ajudaram de forma direta ou indireta.

A Diana, mulher guerreira e batalhadora, pelas palavras de tranquilidade e por me incluir em suas orações.

A professora Flávia Jorge, por tudo que fizeste por mim na academia, pelo apoio, incentivos e por todo suporte que me deste durante esses anos. Agradeço também pela confiança depositada em mim, por cada bronca e puxão de orelha, que serviram para o meu crescimento acadêmico. Levarei seus ensinamentos para a vida.

Aos amigos de infância, em especial a Thamires, por sua sinceridade e por todos os momentos bons que passamos, e em todos você me faz sorrir. A Daniel, um irmão conselheiro. A Iran, amigo de longa data.

Aos colegas e amigos de curso da melhor turma de Geografia, a eterna turma “N”. Recordarei todos os momentos bons que partilhamos em sala ou em aulas de campo. A Magda e Oceano, companheiros de equipe, aprendi muito com vocês.

A Regilma, uma das melhores pessoas que conheci na vida, por sua companhia, por nossas loucuras, por suas gargalhadas que me matam de vergonha, mas que acima disso, me alegam e tornam a minha vida mais leve.

A Wagner e Clenisvaldo, grandes amigos que a UFAL me deu, pelo companheirismo, por nossa reciprocidade, por terem me apoiado e ajudado tanto. Nossa irmandade extrapola os limites de “Las Vegas”. Aqui é um por todos e todos por um, “Los borrachos de la Geografía”.

A Adelaine e Letícia, companheiras de longa data, por todo suporte, e por me ajudarem, de maneiras diferentes, mas de grande valia. Grato por vossas atitudes.

A todos(as) os “GEPATianos” que torceram por mim, sou grato pela amizade de cada um de vocês, por nossas discussões e crescimento intelectual compartilhado.

A Raquel, pelo apoio e incentivo, e por todos os “grus” que, de livre e espontânea vontade, me concedeste.

A todos os colegas e amigos (as) que a UFAL (Campus do Sertão e A. C. Simões) me apresentou. A todos os professores que contribuíram com a minha formação. A todos os técnicos e funcionários que me trataram tão bem todos esses anos.

Aos professores Fernando Pinto e Raimundo Nonato, pela valorosa contribuição feita ao trabalho.

E gostaria de agradecer cordialmente a todos que não mencionei, mas que carrego em minhas memórias, não esqueci de vós. A todos vocês, os meus sinceros agradecimentos!

“Deus ajuda a quem se aperreia. Acredite!”

Um Nordestino citou.

RESUMO

Com o advento das geotecnologias, os mapeamentos em base geomorfológica tornaram-se mais eficazes. As novas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, auxiliadas pelo imageamento de satélites e outros Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), propiciaram o melhoramento, tanto para os estudos geomorfológicos, quanto para o planejamento e gestão do território. Em virtude da diversidade paisagística presente no Maciço de Água Branca, envolvendo clima, litologia, solos e vegetação, torna-se de suma importância o estudo dos processos superficiais a partir desses condicionantes, para o planejamento e gestão de cenários ambientais. Diante do exposto, a pesquisa tem como objetivo principal mapear e caracterizar as feições geomorfológicas do Maciço de Água Branca e seu entorno, semiárido de Alagoas, com intuito de obter informações necessárias que sirvam como requisitos para auxiliar no planejamento ambiental e nas políticas de gestão de uso do território. Tomou-se como base a metodologia do IBGE (2009) para caracterização das unidades, utilização de técnicas de geoprocessamento, aquisição de dados da SRTM, análise de documentos cartográficos e interpretação de imagens orbitais, para a organização do banco de dados referente a área de estudo. Os mapas de uso e ocupação do solo foram confeccionados a partir das imagens *LANDSAT-8*, com o auxílio do software Quantum Gis, por meio da aplicação de cálculo NDVI. Como resultados, caracterizou-se sete unidades geomorfológicas na área de estudo: Cimeira conservada; Encosta dissecada; Encosta conservada; Pedimentos dissecados; Inselbergues; Plainos aluviais; Colinas dissecadas. Para os mapas de uso e cobertura da terra foram estabelecidas as seguintes classes: área urbana/recursos hídricos, pastagens, solo exposto, pequena agricultura, vegetação semi densa e vegetação densa. Por fim, conclui-se que mapeamento geomorfológico demonstrou-se uma importante ferramenta de análise e identificação para os fatos geomorfológicos que ocorrem no maciço estrutural de Água Branca e entorno. A utilização de técnicas de geoprocessamento com aplicação de parâmetros morfométricos, foram essenciais na individualização e descrição das unidades geomorfológicas. A partir do mapeamento de uso e cobertura da terra foi possível identificar decréscimo da cobertura vegetal ao longo dos anos e um acréscimo de áreas destinadas a pequena agricultura e ao plantio de pastagens, bem como, notou-se que a área de estudo que compreende o Maciço é consideravelmente pouco urbanizada. Com base no exposto, espera-se que as informações contidas neste trabalho, de caráter exploratório, contribuam com o planejamento das políticas públicas do município de Água Branca, bem como com o desenvolvimento de outros estudos que tenham como foco compreender a evolução da paisagem geomorfológica em contexto de Brejo de Altitude e de áreas controladas por processos de semiaridez, bem como as limitações naturais dessas áreas para o avanço das diferentes formas de uso da terra, historicamente marcada pelo exaustivo processo de degradação da cobertura vegetal do solo.

Palavras-Chave: Unidades Geomorfológicas; Geoprocessamento; Uso e Cobertura da Terra.

ABSTRACT

With the advent of geotechnologies, geomorphological-based mapping has become more effective. The new techniques of geoprocessing and remote sensing, aided by the imaging of satellites and other Geographic Information Systems (GIS), provided the improvement, both for geomorphological studies, as for the planning and management of the territory. Due to the landscape diversity present in the Água Branca Massif, involving climate, lithology, soils and vegetation, the study of surface processes based on these conditions becomes extremely important for the planning and management of environmental scenarios. Given the above, the research has as main objective to map and characterize the geomorphological features of the Massif de Água Branca and its surroundings, semiarid of Alagoas. In order to obtain necessary information that serve as requirements to assist in environmental planning and in the management policies of land use. The IBGE methodology (2009) was used as a basis for characterizing the units, using geoprocessing techniques, acquiring SRTM data, analyzing cartographic documents and interpreting orbital images, for the organization of the database referring to the area of study. The land use and occupation maps were made from the LANDSAT-8 images, with the aid of the Quantum Gis software, using the NDVI calculation application. As a result, seven geomorphological units were characterized in the study area: conserved summit; Dissected slope; Conserved hillside; Dissected pieces; Inselbergues; Alluvial planes; Dissected hills. For the land use and land cover maps, the following classes were established: urban area / water resources, pastures, exposed soil, small agriculture, semi-dense vegetation and dense vegetation. Finally, it is concluded that geomorphological mapping proved to be an important analysis and identification tool for the geomorphological facts that occur in the structural massif of Água Branca and its surroundings. The use of geoprocessing techniques with the application of morphometric parameters, were essential in the individualization and description of the geomorphological units. From the mapping of land use and coverage, it was possible to identify a decrease in vegetation cover over the years and an increase in areas for small agriculture and pasture planting, as well as, it was noted that the study area comprising the Massif is considerably little urbanized. Based on the above, it is expected that the information contained in this work, of an exploratory nature, will contribute to the planning of public policies in the municipality of Água Branca, as well as to the development of other studies that focus on understanding the evolution of the geomorphological landscape in the context of Brejo de Altitude and areas controlled by semiarid processes, as well as the natural limitations of these areas for the advancement of different forms of land use, historically marked by the exhaustive process of degradation of the vegetal cover of the soil.

Key words: Geomorphological units; Geoprocessing; Land Use and Coverage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização do Maciço de Água Branca e entorno.....	17
Figura 2: Mapa Pluviométrico do Maciço de Água Branca e entorno.	19
Figura 3: Climogramas dos anos de 2013 a 2018	20
Figura 4: Mapa Geológico do Maciço de Água Branca e entorno.....	22
Figura 5: Mapa Geomorfológico do Maciço de Água Branca e entorno.....	25
Figura 6: Mapa de Solos do Maciço de Água Branca e entorno.....	27
Figura 7: Rede de drenagem do Maciço de Água Branca e entorno.	30
Figura 8: Mapa da Vegetação do Maciço de Água Branca e entorno	32
Figura 9: Modelo demonstrativo do ciclo geográfico de Davis (1899), modificado por Freitas (2007).....	34
Figura 10: Modelo demonstrativo da evolução do relevo pelo recuo paralelo das vertentes de Penck (1953), modificado por Freitas (2007).....	36
Figura 11: Modelo demonstrativo do processo de Pediplanação, apresentando a remobilização do material dos pontos mais elevados por desagregação mecânica e entulhamento de depressões com elevação do nível de base	37
Figura 12: Equilíbrio Dinâmico mantido em diferentes topografias, determinado pela diferenciação da resistência litológica, proporcionando, mesmo com superfícies declivosas, a deposição de um volume de material correspondente.	38
Figura 13: Esquema demonstrativo de estruturação hierárquica para realização do esboço geomorfológico.....	55
Figura 14: Mapa Hipsométrico do Maciço de Água Branca e entorno e perfil topográfico ..	56
Figura 15: Mapa de Declividade do Maciço de Água Branca e entorno.....	57
Figura 16: Mapa de Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) do Maciço de Água Branca e entrono.....	58
Figura 17: Mapa das Unidades Geomorfológicas do Maciço de Água Branca e seu entorno	60
Figura 18: Unidade Cimeira Conservada.....	61
Figura 19: Unidade Encosta Dissecada	62
Figura 20: Unidade Encosta Conservada.....	62
Figura 21: Unidade Pedimentar.....	63
Figura 22: Inselbergue	64

Figura 23: Colinas dissecadas	65
Figura 24: Plauto aluvial.....	66
Figura 25: Mapa de Uso e Cobertura da Terra em áreas do Maciço de Água Branca nos anos de 2013, 2015, 2017 e 2018.....	67
Figura 26: Vegetação densa na Unidade de Cimeira do Maciço de Água Branca.....	69
Figura 27: Vegetação semi densa (arbórea arbustiva) em áreas de encosta do Maciço de Água Branca.	70
Figura 28: Pequena Agricultura na Unidade Pedimentar do Maciço de Água Branca	71
Figura 29: Pequena criação de animais e áreas de pastagem na região colinosa do Maciço de Água Branca	71

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais (Serviço Geológico do Brasil)

EIAs - Estudos de Impactos Ambientais

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENOS - El Niño-Oscilação Sul

EOSDIS - Earth Observing System Data and Information System

GNU – General Public License

IAF - Índice de área foliar

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICR - Índice de Concentração de Rugosidade

MCC - Complexos Convectivos de Mesoescala

MDE - Modelo Digital de Elevação

MDT - Modelo Digital do Terreno

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

PERS - Plano Estadual de Resíduos Sólidos

RIMAs - Relatórios de Impactos sobre o Meio Ambiente

SAVI - Índice de vegetação ajustado ao efeito do solo

SIGs - Sistemas de Informações Geográficas

SR - Sensoriamento Remoto

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

TGS - Teoria Geral dos Sistemas

UGI - União Geográfica Internacional

UNESCO - Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

USGS - United States Geological Survey

VCAN - Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis

ZAAL - Zoneamento Agroecológico de Alagoas

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	Geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
3.1	Contexto Climático.....	17
3.2	Arcabouço Geológico	21
3.3	Geomorfologia	24
3.4	Aspectos Pedológicos	25
3.5	Rede de Drenagem	28
3.6	Vegetação.....	30
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	32
4.1	A Ciência Geomorfológica	32
4.2	Cartografia Geomorfológica e a Perspectiva Geossistêmica	42
4.3	Geotecnologias aplicadas ao Mapeamento Geomorfológico e o Planejamento Ambiental	50
5	METODOLOGIA.....	54
5.1	Coleta, Análise e Processamento de dados Cartográficos em Ambiente SIG	54
5.2	Trabalhos de campo.....	59
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
6.1	Mapeamento Geomorfológico	59
6.2	Uso e Cobertura da Terra.....	66
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
8	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as discussões em relação as questões ambientais tem se tornado cada vez mais evidentes no cenário mundial. A preocupação com o crescimento populacional desordenado e a finitude dos recursos naturais aparentam ser um dos principais focos das atenções das autoridades governamentais a nível global. A intensidade das ações antrópicas, de forma desenfreada, acaba agredindo os ecossistemas e causando sérios problemas ao meio ambiente.

De acordo com Souza (2014), a exploração dos recursos naturais intensificou-se ainda no período da Revolução Industrial com o processo de urbanização das cidades. Ainda segundo o autor, construiu-se um modelo equivocado de sociedade mercantil e capitalista que se apropriou da natureza de forma desordenada visando apenas a lucratividade por meio dos seus interesses comerciais. O autor destaca ainda, que o processo de globalização, auxiliado pelo avanço das tecnologias, potencializou o consumo desses recursos acarretando em uma exploração em maior escala, haja vista que a preocupação com a conservação do meio ambiente não acompanhou o ritmo acelerado do desenvolvimento capitalista.

A preocupação com as questões ambientais demandou a busca por novas estratégias de análises e pesquisas que pudessem contemplar os mais variados temas relacionado ao espaço geográfico. Uma dessas estratégias refere-se aos estudos geomorfológicos, que segundo Souza et. al. (2013), a relevância dos mesmos aumenta à medida que, outras ciências se apropriam de suas formulações científicas, a exemplo, no contexto socioeconômico, cuja principal preocupação seria compreender os processos responsáveis pela estruturação do relevo com o intuito de organizar o território.

De acordo com Dias e Garcia (2014), o mapeamento de unidades geomorfológicas auxilia na compreensão ambiental dos diferentes espaços, na gestão ambiental e no uso sustentável dos recursos naturais. Para estes autores, o relevo é um fator condicionante para a ocupação de territórios, pois apresentam feições que podem favorecer ou não o assentamento humano.

Sabendo que o entendimento sobre os modelados terrestres, bem como sua dinâmica, estão correlacionados com a compreensão dos demais componentes naturais (SILVA & RODRIGUES, 2010), a saber, as águas, os solos, o clima e a vegetação, Argento (2008) coloca em evidência o caráter multidisciplinar que a Geomorfologia apresenta, destacando sua importância, tanto para a compreensão dos fenômenos físicos, quanto para a organização e gestão socioespacial.

Conforme salienta Argento (op. cit.), os mapeamentos geomorfológicos, auxiliados por outros mapeamentos temáticos, têm sido vigorosamente requisitados para contribuir com a gestão territorial ou mesmo, assessorar os projetos de planejamento ambiental. Como exemplo, o autor cita os projetos relacionados aos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs) e Relatórios de Impactos sobre o Meio Ambiente (RIMAs), que, segundo o mesmo, o conteúdo significativo desses projetos demonstram-se alicerçados em bases geomorfológicas. Argento (2008) ressalta ainda que a escolha adequada da legenda de trabalho é essencial para a tomada de decisões.

Com o advento das geotecnologias, os mapeamentos em base geomorfológica tornaram-se mais eficazes. As novas técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, auxiliadas pelo imageamento de satélites e outros Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), propiciaram o melhoramento, tanto para os estudos geomorfológicos, quanto para o planejamento e gestão territorial.

De acordo com Augusto (2016), os produtos obtidos por meio da tecnologia do Sensoriamento Remoto, como imagens de radares e imagens multiespectrais, vêm sendo extensamente utilizados nos últimos anos, tendo apresentado um grande crescimento em razão da expansão dos meios de processamento, dos baixos custos de capital, e pelo fato das imagens possuírem variadas escalas de tempo e de detalhamento espacial. Ainda segundo o autor, a interpretação das imagens possibilita a geração de mapas, através de ferramentas computacionais de Geoprocessamento, de onde é possível extrair dados quantitativos que viabilizam uma análise adequada sobre um determinado tema. Augusto (op. cit.) ratifica que um dos enfoques do Geoprocessamento está na Cartografia de Paisagens, que, aproveitando as possibilidades de aplicação do aparato teórico-metodológico da Geoecologia das Paisagens, possui grande potencial de contribuição à temática ambiental.

Em virtude da diversidade paisagística presente no Maciço de Água Branca, envolvendo clima, litologia, solos e vegetação, torna-se de suma importância o estudo dos processos superficiais a partir desses condicionantes, para o planejamento e gestão de cenários ambientais.

Diante do exposto, a pesquisa tem como objetivo principal mapear e caracterizar as feições geomorfológicas do Maciço de Água Branca e seu entorno, no semiárido de Alagoas, com intuito de obter informações necessárias que sirvam como requisitos para auxiliar no planejamento ambiental e nas políticas de gestão de uso do território.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Mapear e caracterizar as feições geomorfológicas do Maciço de Água Branca e seu entorno, correlacionando com as formas de uso e cobertura da terra. Espera-se com isso fornecer informações que sirvam para auxiliar no planejamento ambiental e nas políticas públicas de gestão do uso do território no município de Água Branca.

2.2 Objetivos específicos

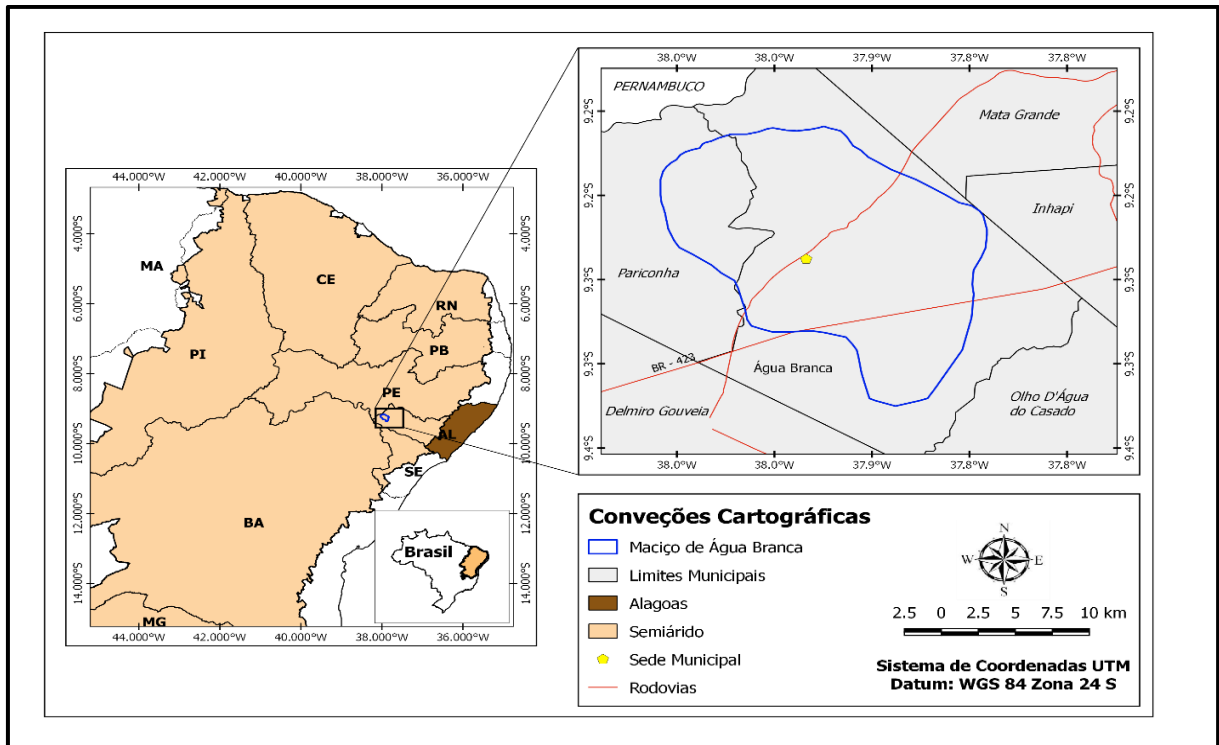
Visando alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Organizar um banco de dados cartográficos sobre a área de estudo;
- Elaborar o mapa geomorfológico do Maciço de Água Branca e seu entorno;
- Caracterizar as unidades geomorfológicas;
- Correlacionar os dados geomorfológicos encontrados com as formas de uso/ocupação do solo, como subsídios para a gestão e planejamento ambiental.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende o Maciço de Água Branca e seu entorno, distribuída na porção oeste do Estado de Alagoas, limitando-se ao norte com Mata Grande e Tacaratu (PE), ao sul com Delmiro Gouveia e Olho D'água do Casado, a leste com Inhapi, e a oeste com Pariconha (Figura 1). Possui uma altitude média em torno de 570 m, porém em certas localidades podem ultrapassar os 700m, e as coordenadas geográficas estão em 9°15'43'' latitude sul e 37°56'16'' longitude oeste, situando-se na mesorregião do Sertão Alagoano e microrregião Serrana do Sertão Alagoano (MASCARENHAS et al, 2005). Localizada à aproximadamente 304 km da capital Maceió, e o acesso pode ser feito através das rodovias pavimentadas Br-316, Br-101, AL-220, e pela AL-145, principal via de acesso às demais cidades no entorno do Maciço.

Figura 1. Mapa de Localização do Maciço de Água Branca e entorno.



Fonte: ZAAL (2013). Organização: SANTOS, J. P. A. (2018).

3.1 Contexto Climático

A área do Nordeste brasileiro é muito extensa, isso faz com que o período de chuvas ocorra distintamente em cada região, diferenciando o regime pluviométrico nas mesorregiões Leste, Agreste e Sertão ((BARROS, VAREJÃO-SILVA e TABOSA, 2012). Todavia, o Nordeste apresenta, de forma típica, o clima semiárido, caracterizado pelas chuvas irregulares em curtos períodos de tempo. Dentre os mecanismos climáticos que regulam o regime de chuvas no Nordeste, destaca-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), iniciando o período chuvoso em fevereiro e cessando em maio.

Essa região também recebe influência de outros sistemas como os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), os sistemas pré-frontais (frentes frias), brisas marítimas ou terrestres, ondas do leste, eventos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e Complexos Convectivos de Mesoescala (MCC), que são responsáveis pela variabilidade espaço-temporal do clima dessa região (DAVID et al., 2010, MOLION, 2017).

A dinâmica dos ventos alísios e dos fenômenos intertropicais são os principais representantes pelo regime pluviométrico nessa região, atuando de forma distinta e propiciando eventos extremos. Em anos de El Niño, chuvas no Sul e Sudeste e seca no Norte e Nordeste,

em anos de La Niña ocorre o oposto, com a possibilidade de anos bastante chuvosos (MOLION, 2017).

O Estado de Alagoas em decorrência de sua localização no Nordeste, recebe a influência da maioria desses sistemas meteorológicos. Segundo dados do Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento realizado pela Embrapa (2012), em virtude da aproximação do Estado alagoano com linha do Equador, o mesmo sofre maior incidência de insolação, o que ocasiona uma maior evapotranspiração. Dessa forma, o regime pluviométrico no Estado é caracterizado pelas circulações das massas de ar atuantes sobre os trópicos. Segundo Cavalcanti (2010), a variabilidade climática de Alagoas segue do leste ao oeste, transcorrendo regiões úmidas e semiáridas, sendo que os solos e a vegetação são condicionados pelo clima.

Os municípios que fazem parte da área de estudo não fogem às características climáticas de semiaridez do Nordeste, embora apresente áreas com temperaturas mais baixas, principalmente nas áreas onde o relevo é estruturalmente mais elevado, com feições morfológicas altimetricamente expressivas. Por exemplo, de acordo com Melo (2014), aproximadamente 40% do município de Água Branca apresenta condições climáticas distintas, onde observou-se maiores índices de umidade e precipitação no setor a barlavento, e o inverso nas áreas a sotavento, influenciados pelo orografismo atmosférico.

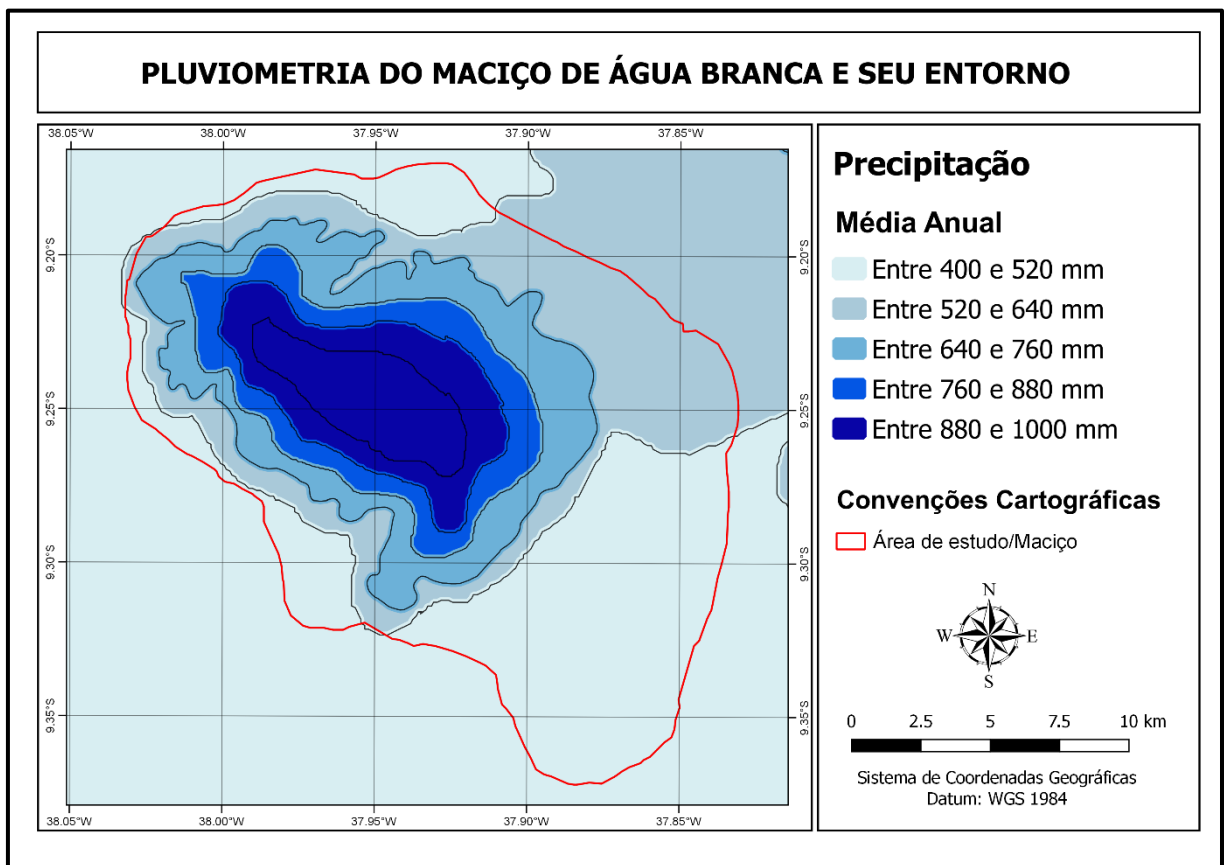
Em estudo recente, Melo (2019) ao analisar o trabalho de Pontes da Silva et. al. (2008) acerca dos sistemas sinóticos associados às precipitações no sertão de Alagoas, afirma que dentre sistemas responsáveis pelos maiores índices de precipitação, especificamente no Maciço água-branquense, temos o Complexo Convectivo de Mesoescala, as Perturbações Ondulatórias, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis; entre outros. A autora ressalta ainda que estes eventos de precipitações excessivas podem normalmente ao longo do ano, e constata que janeiro é o mês com precipitações mais intensas, embora, em alguns anos, precipite mais em fevereiro.

Embora no sertão alagoano predomine o clima semiárido, parte da área apresenta características fisionômicas diferenciadas, devido a sua posição na superfície. Segundo Barros et. al. (2012), no extremo Oeste do estado ocorrem áreas de exceção mais úmidas devido a influência orográfica, caracterizando-se como espaços de exceção (Brejos de Altitude) no contexto semiárido (SANTOS & DIAS et al. 2017). Dentre os municípios que circundam o Maciço, Água Branca e Mata Grande são os que apresentam temperaturas mais baixas e características fitogeográficas diferenciadas devido a topografia elevada, e onde estão os brejos de altitude do sertão alagoano.

O clima é um fator determinante para o Maciço de Água Branca, pois, o mesmo é o regulador dos processos morfogênicos atuantes sobre a região. É marcante sua presença, principalmente nas áreas de brejo, onde tem-se maiores índices de umidade do ar, devido ao fator orográfico, sobretudo no setor a barlavento (BARROS, VAREJÃO-SILVA e TABOSA, 2012).

De acordo com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), as temperaturas médias do ar ficam em torno de 23°C, enquanto as médias pluviométricas apresentam índices entre 400 mm e 600 mm (BARROS, VAREJÃO-SILVA e TABOSA, 2012), podendo alcançar precipitações médias anuais de aproximadamente 1000 mm nas partes mais elevadas do maciço (EMBRAPA, 2013). (Figura 2.)

Figura 2. Mapa Pluviométrico do Maciço de Água Branca e entorno.



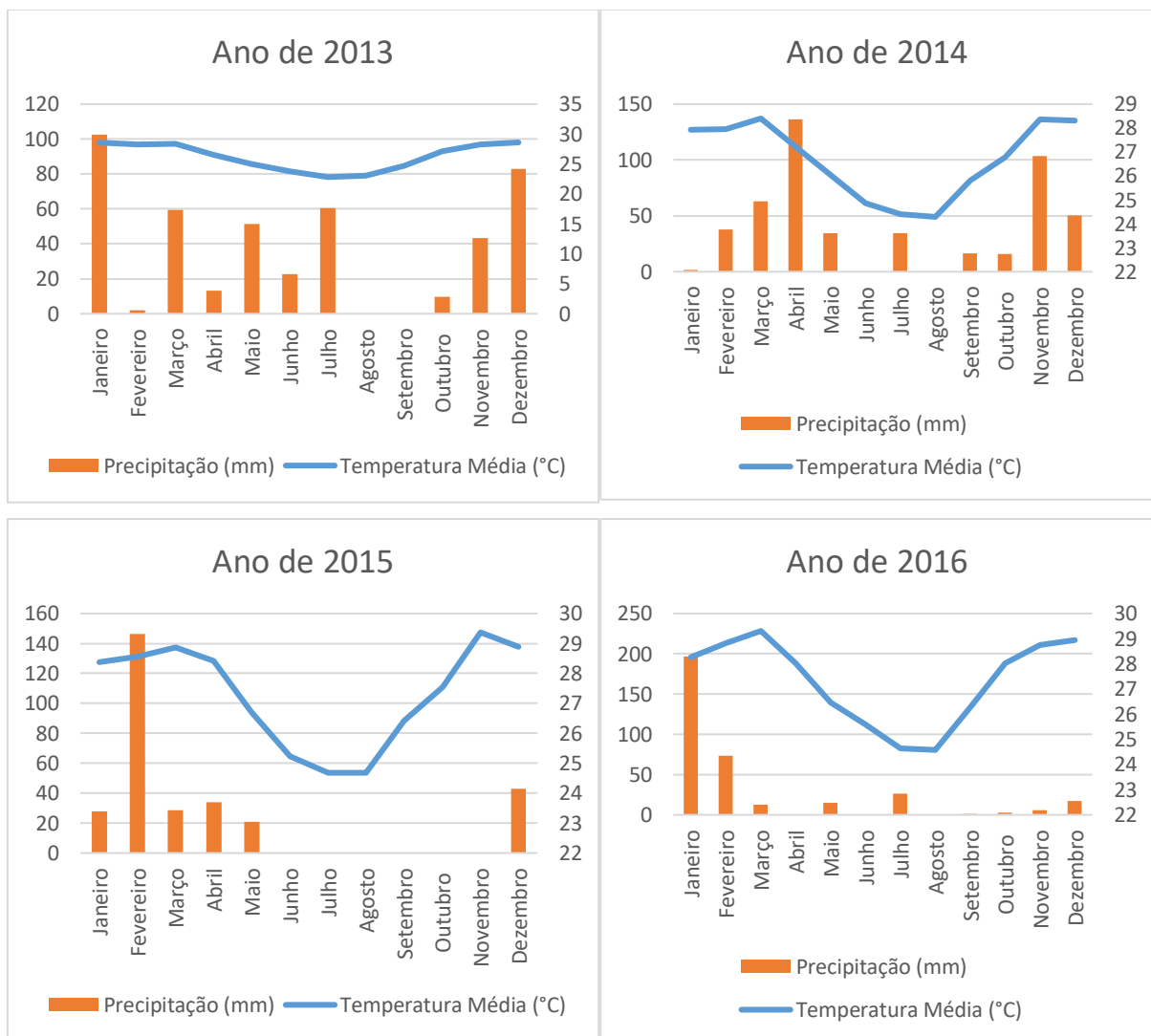
Fonte: EMBRAPA, 2013. **Organização:** SANTOS, J.P.A. (2020).

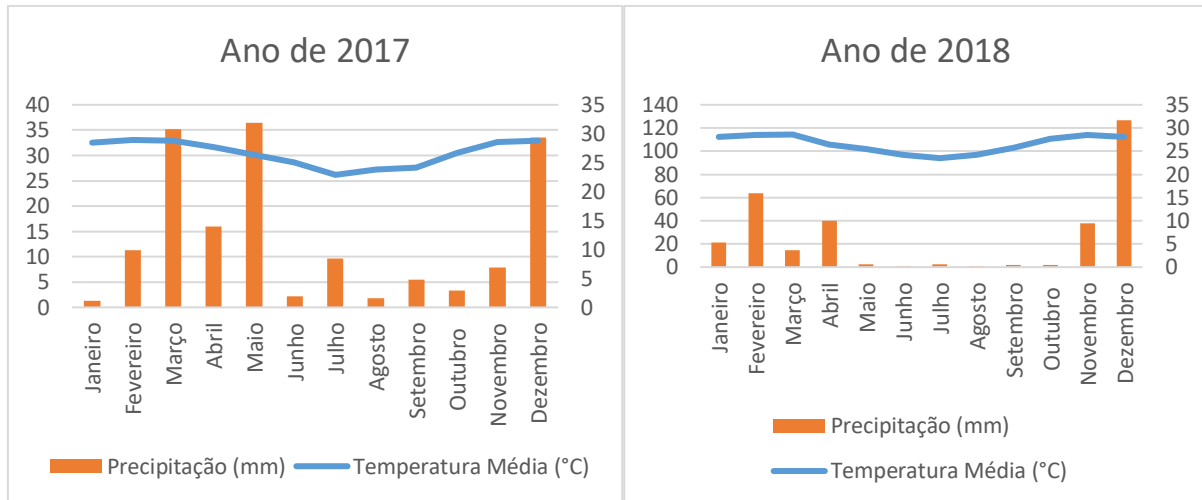
Ao analisar climogramas para buscar entender a composição climática em Água Branca, MELO (2014) observou que em anos de El Niño, a seca nessa região é ainda mais acentuada, precipitando menos do que o normal, restringindo esse regime de chuvas aos meses de junho e

julho, contudo, nos meses de setembro à março a seca severa assola a região. Por outro lado, em anos de La Niña modifica-se a situação, ocorrendo um aumento no período de chuvas (março a julho) e uma diminuição no período de estiagem (setembro a fevereiro), ressaltando que o volume pluviométrico ultrapassa a casa dos 800 mm.

Com o intuito de verificar a distribuição de chuvas no Maciço de Água Branca e nas áreas adjacentes, foram confeccionadas climogramas referentes a série histórica que compreende os anos de 2013 a 2018. (Figura 3).

Figura 3. Climogramas dos anos de 2013 a 2018





Fonte: Agritempo

Conforme demonstram os climogramas, percebe-se uma ocorrência de oscilações nas precipitações e uma relativa estabilidade na frequência das temperaturas durante os anos. As temperaturas médias anuais do ar permaneceram entre 22, 23 °C. Observou-se ainda, que nos anos iniciais dessa série histórica (2013-2014), os índices pluviométricos apresentaram valores anuais que ultrapassaram os 600 mm, demonstrando uma certa regularidade de chuva entre os meses, de acordo com Melo (2019), a resposta para essas condições favoráveis de chuvas podem estar associada a alguns fenômenos climáticos como a influência do dipolo do atlântico, relaxamento da situação anticiclônica, aumento da temperatura da água do mar e maior evapotranspiração.

Os anos subsequentes apresentaram uma diminuição das precipitações, embora manteve-se uma considerável regularidade de chuvas entre os meses. Com destaque para os anos de 2015 e 2017, que apresentaram valores pluviométricos médios anuais com pouco mais de 400 mm. Especificamente sobre o ano de 2015, Melo (2019) destaca a atuação do fenômeno intertropical El Niño. Segundo a autora, a escassez de chuvas neste ano está relacionada com a forte circulação anticiclônica, acarretando em períodos secos (inverno/primavera) e períodos pouco chuvosos (verão/outono).

3.2 Arcabouço Geológico

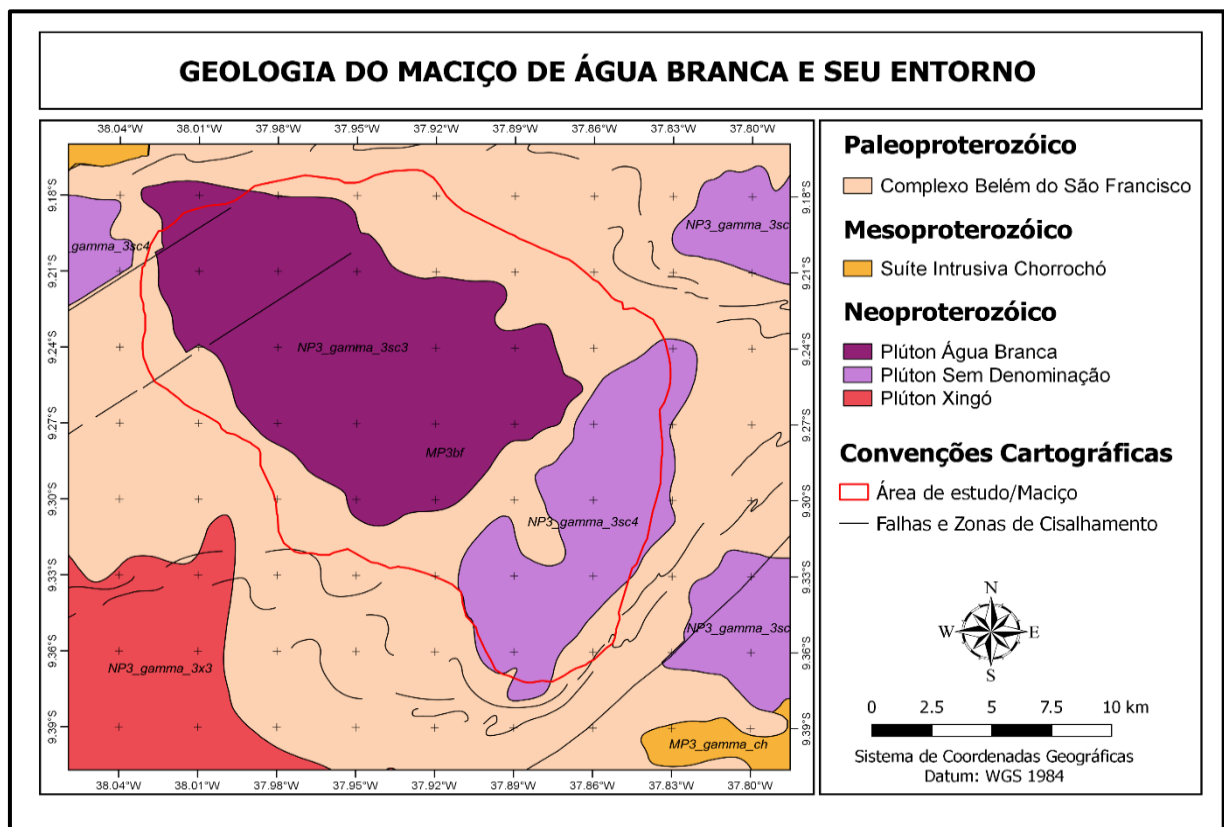
A Província Borborema abarca parte do Nordeste brasileiro, sendo composta por diferentes segmentos tectônicos, separada por falhas ou zonas de cisalhamento, nomeadas de Subprovíncia Setentrional, Zona Transversal ou Central e Subprovíncia Externa ou Meridional, nesta última localiza-se o estado de Alagoas (MENDES, 2017).

Em linhas gerais, o Nordeste apresenta terrenos com litotipos variados, como por exemplo, bacias sedimentares paleozoicas e mesozoicas, maciços cristalinos e as depressões sertanejas, datados do período arqueano e proterozóico, compostos por rochas metamórficas e ígneas (MAIA & BEZERRA, 2014), resultado do processo de orogenia brasileira, ligados aos Cinturões Orogenéticos Antigos (ROSS, 2016).

Tratando-se especificamente do Estado de Alagoas, o mesmo encontra-se inserido na Subprovíncia Externa ou Meridional, mencionada anteriormente. Seu substrato é formado basicamente por rochas do embasamento cristalino datadas do pré-cambriano, que ocupam maior área do Estado, e por rochas sedimentares fanerozóicas. (MENDES, 2017).

O Maciço de Água Branca encontra-se geologicamente inserido na Província Borborema, estruturado sobre rochas do embasamento gnáissico-migmatítico, oriundos do Paleo, Meso e Neoproterozóico (MASCARENHAS et. al., 2005). A área de estudo encontra-se estruturada em rochas do Complexo Belém do São Francisco (ortognaisses e migmatitos), Suíte Intrusiva Chorochó, Plúton Água Branca (leucogranitóides), Plúton sem denominação e Plúton Xingó (granodioritos com biotita ou muscovita, granada e biotita granitos) (BRITO NEVES et al, 2009). (Figura 4).

Figura 4. Mapa Geológico do Maciço de Água Branca e entorno



Fonte: CPRM; DNPM, 2007. Organização: SANTOS, J.P.A. (2020).

O Maciço estrutural água-branquense e seu entorno está organizado estratigraficamente em cinco complexos, distribuídos em áreas de unidades pré-cambrianas marcadas por falhas e zonas de cisalhamento.

Unidade Paleoproterozóica: composta por litotipos do Complexo Belém do São Francisco, formada, mais precisamente, por rochas ortognaisses e migmatitos e restos de supracrustais (MELO, 2014). De acordo com Mendes et. al. (2017), este complexo foi denominado inicialmente por Santos (1995) e Santos et. al (1998) para abarcar representantes do Complexo Cabrobó e da Suíte Intrusiva Morro Vermelho. Ainda segundo Mendes et. al. (op. cit.), o interior das estruturas que compõe esse complexo, mostram-se deformadas, dobradas e migmatizadas. Este complexo encontra-se distribuído em toda a área de estudo, circundando todo o maciço. Do ponto de vista geoquímico, os autores observaram que os litotipos do Complexo Belém do São Francisco são essencialmente constituídos de rochas metaluminosas, da série calcioalcalina normal e de alto potássio, “apresentando uma assinatura litogeoquímica similar à de granitos pós-colisionais relacionados a ambientes de subducção”. (p.34).

Unidade Mesoproterozóica: composta pela suíte intrusiva Chorrochó, formada por rochas ortognaisses equigranulares médios a grossos, em certos locais porfiríticos, porfiroclásticos, localmente miloníticos, formado por quartzo-monozodiorítico a granítico, apresentam-se foliados e deformados (MENDES et. al, 2017). Especificamente nas palavras dos autores,

constitui um extenso corpo plutônico gnaissificado disposto na direção Nordeste, concordante com a estruturação regional. Mostra-se intensamente deformado submetido a uma forte tectônica tangencial de possível idade pré-brasileira e posteriormente afetado por extensas zonas de cisalhamento transcorrente. (MENDES et. al., 2017, p. 36).

O afloramento desse complexo pode ser encontrado a oeste do território alagoano. Na área de estudo, percebeu-se a ocorrência do mesmo nas direções W-NW, sentido Tacaratu-PE, e E-SE, sentido Olho D'água do Casado.

Unidade Neoproterozóica: encontram-se os Plútons Água Branca e Sem Denominação, inseridos na suíte intrusiva Serra do Catú, antes denominada por Santos & Silva Filho (1975, Apud MENDES et. al., 2017) de batólito Águas Belas, na direção NE-SW. Compostos por leucogranitóides (alcalifeldspato granitos a granodioritos) equigranulares porfiríticos médios a grossos (MELO, 2014). O Plúton Água Branca encontra-se na direção NW-SE, abrangendo uma extensa área do município água-branquense, enquanto o Plúton Sem Denominação pode ser observado em distintas áreas do Maciço, porém concentrado mais a leste. Nesta unidade também nota-se a presença de rochas plutônicas da Suíte Intrusiva Xingó, composta por

granodioritos com biotita ou muscovita, granada e biotita granitos, localmente migmatíticos (BRITO NEVES *et al*, 2009), observadas na porção sudoeste do Maciço de Água Branca, sentido Delmiro Gouveia.

3.3 Geomorfologia

A geomorfologia do Nordeste é caracterizada segundo Ab'Saber (1969b) em superfícies aplainadas, compostas por conjuntos de modelados denudacionais influenciados pela ação dos agentes erosivos. Nessa região encontram-se grandes áreas de pediplanos, através do processo de pediplanação surgem relevos residuais, mais conhecidos como Inselbergues, que apresentam vertentes abruptas e contornos em formato de domo ou castelo, que se desgastam rapidamente devido a intensidade do intemperismo físico-químico, por meio da erosão diferencial, principalmente o primeiro (RIBEIRO *et. al.* 2010).

Nos setores mais dissecados onde o controle estrutural é menos evidenciado, localizam-se as Depressões Sertanejas, distribuídas em áreas do interior, formando extensas superfícies aplainadas interrompidas por relevos isolados (MAIA & BEZERRA, 2014).

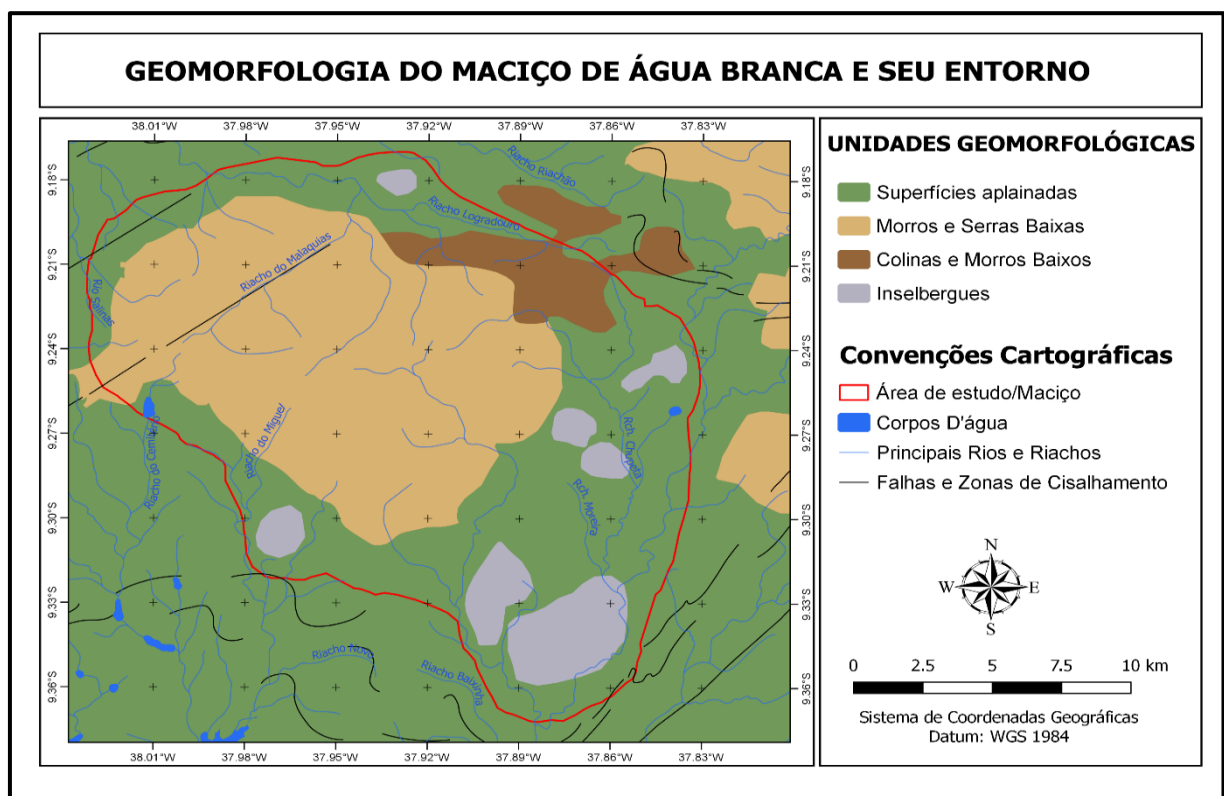
De acordo com Jacomine (1975), no Estado de Alagoas encontram-se superfícies de pediplanação que abrangem quase toda a região sertaneja do Nordeste brasileiro, caracterizadas como grandes superfícies com relevo pouco inclinado, suave ondulado e, em algumas partes, plano. Segundo o autor, a formação desses pediplanos estão associados a lenta degradação ou decomposição, em condições muito úmidas, seguida de intensa aridez. E ressalta que, entre essas áreas encontram-se estruturas mais resistentes aos agentes erosivos, constituídos em maciços residuais e inselbergues (JACOMINE, 1975, p.51).

De acordo com Cavalcanti (2010), uma parte do município água-branquense encontra-se inserido no subdomínio da depressão sertaneja meridional, predominantemente composta pela unidade pedimentar com ou sem pavimentação detrítica ou arenosa, com presença de inselbergues isolados, cuja a ocorrência remete-se a resistência de plútons neoproterozóicos. Nessa unidade geomorfológica encontram-se espaços de exceção, cujo autores como Souza e Oliveira (2006), Carvalho e Lima *et al.* (2011) e Marques *et al.* (2014), definiram como áreas de enclaves úmidos e sub-úmidos, encaves da Mata Atlântica e Refúgios úmidos, ou popularmente conhecidos como Brejos de Altitude. São áreas elevadas posicionadas em espaços de exceção, influenciados por mesoclimas de altitude, localizadas em ambiente semiárido com padrões fitogeográficos diferenciados (clima e vegetação), dentro do domínio das caatingas.

Na outra parte encontra-se a unidade geoambiental do Planalto da Borborema, constituída por maciços residuais e outeiros altos, possuindo elevadas altitudes que variam entre 650m a 1.000m, apresentando um relevo movimentado (MASCARENHAS et. al., 2005). Em algumas áreas, observa-se o que Jacomine (1975) chamou de morros testemunhos, feições resistentes que permaneceram nas áreas de pediplanação, podendo ser de composição íngreme e rochosa (Inselbergues), isolados e distribuídos esparsamente, ou compostos por terrenos ou serras elevadas (maciços residuais), resultantes dos processos erosivos. Melo (2014) classifica as feições do município em modelados de denudação e acumulação.

Com base nas informações disponibilizadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2007), no Maciço de Água Branca podem ser observadas quatro unidades geomorfológicas (superfícies aplainadas, morros e/ou serras baixas, colinas e/ou morros baixos e inselbergues), como demonstra o mapa a seguir. (figura 5).

Figura 5. Mapa Geomorfológico do Maciço de Água Branca e entorno



Fonte: CPRM, 2007. Organização: SANTOS, J.P.A. (2020).

3.4 Aspectos Pedológicos

O reconhecimento dos solos é muito importante para a caracterização das unidades geomorfológicas, pois, a formação do mesmo se dá a partir de um conjunto de processos

químicos, físicos e biológicos, que provocam a desintegração e decomposição do relevo. O produto final do intemperismo é a formação do manto ou regolito, essa decomposição da rocha, futuramente se transformará em solo (RIBEIRO, 2011).

O relevo tem um papel fundamental na atuação dos processos erosivos, no que tange a denudação dos modelados superficiais, pelo processo de intemperismo, na formação do solo. Ribeiro (Op. Cit.) explica que o relevo diversifica os padrões climáticos, devido a sua posição, orientação das vertentes e vales e sua declividade, propiciando áreas mais frias e úmidas. Isso explica, por exemplo, porque em algumas áreas do Maciço de Água Branca ocorre o predomínio do intemperismo químico, modificando a composição do solo, embora na maior parte do semiárido predomine o intemperismo físico.

O fato de o Maciço apresentar padrões ecologicamente diferenciados da região semiárida, principalmente em virtude da altimetria elevada do relevo, modifica-se a dinâmica climática do lugar, fato que influencia diretamente na formação dos solos do na área de estudo, principalmente nos espaços de Brejos de Altitude.

Segundo Jacomine (1975), nas áreas mais elevadas formadas por maciços residuais (inselbergues), predominam os solos Litólicos com muitos afloramentos rochosos, sendo que no município de Água Branca e Mata Grande, a predominância é de Argissolos Vermelho-amarelos e Cambissolos, conforme as novas definições do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (2006).

Parahyba et al. (2007), identificaram 5 classes de solos na área que compreende o Maciço de Água Branca e seu entorno, dentre os quais constatou-se a predominância de planossolos sobre os demais solos catalogados, neossolos regolíticos, cambissolos, neossolos litólicos e argissolos.

Com base nas informações disponibilizadas pelo Zoneamento Agroecológico de Alagoas (ZAAL, 2013), no Maciço de Água Branca e seu entorno podem ser observadas seis classes de solos (planossolos háplicos, neossolos litólicos, neossolos regolíticos, cambissolos háplicos, argissolos vermelho-amarelos e argissolos vermelhos) como demonstra o mapa a seguir (Figura 6).

massa do solo. O relevo, profundidade efetiva e alta suscetibilidade à erosão, constituem as principais limitações para o uso agrícola.

- Os Argissolos são pouco profundos a profundos, com textura média/argilosa. Possuem horizonte “A” moderado e proeminente, com fertilidade natural média a alta. Podem ser eutróficos e distróficos nos horizontes subsequentes. Os principais fatores limitantes para seu uso são os declives acentuados e a ocorrência de muitos afloramentos rochosos.
- Os Neossolos Litólicos são rasos e na área apresentam textura arenosa e média. São desenvolvidos de substratos rochosos constituídos por granitos e gnaisses que por vezes afloram, podendo ser acompanhado também por pedregosidade. Ocupam posições na paisagem muito variadas, com relevo plano até montanhoso. Os principais fatores limitantes são: pedregosidade, rochosidade e relevo.

3.5 Rede de Drenagem

A água, além de ser fonte de vida, é um bem público e um recurso natural limitado que, dentre outras finalidades, desempenha funções importantes na natureza e no desenvolvimento de diversas atividades econômicas, a exemplo, agropecuárias e industriais.

Tendo em vista a multiplicidade de funções da água, Silva (2007) destaca de seu papel importante como um dos principais agentes modeladores das formas de relevo, capaz de controlar a formação e o comportamento dos processos mecânicos no manto de intemperismo e rocha.

De acordo com Corrêa (1997), para a análise dos processos geomórficos, torna-se essencial o conhecimento acerca dos estudos hidrológicos, no que tange o reconhecimento, localização e quantificação do fluxo de água transcorrentes nas encostas, de onde se pode definir a topografia da área e legitimar as estruturas do relevo. Ainda segundo o autor, é imprescindível definir, anteriormente, o contexto climático e geológico da área de estudo.

O comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica está intrinsecamente relacionado com suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) e com o tipo de cobertura vegetal existente (LIMA, 1976, Apud TEODORO et. al., 2007, p. 4). O conhecimento dos aspectos geomorfológicos é fundamental na análise de bacias, pois, os mesmos auxiliam na obtenção de dados e informações a partir da análise morfométrica. Segundo Cherem (2008), esse tipo de análise morfológica objetiva quantificar atributos do relevo para classificá-lo e comparar o modelado e a evolução em áreas de diferentes contextos climáticos e estruturais

Para Melo (2014), as bacias hidrográficas são de suma importância para a modificação do relevo, e conseqüentemente, para a transformação da paisagem. Pois, o escoamento superficial, seja pelas vertentes ou leitos dos rios, promovem a erosão, transporte e sedimentação, devido a remobilização dos materiais sólidos. Tal assertiva faz da drenagem um elemento importante para análise do relevo e sedimentação.

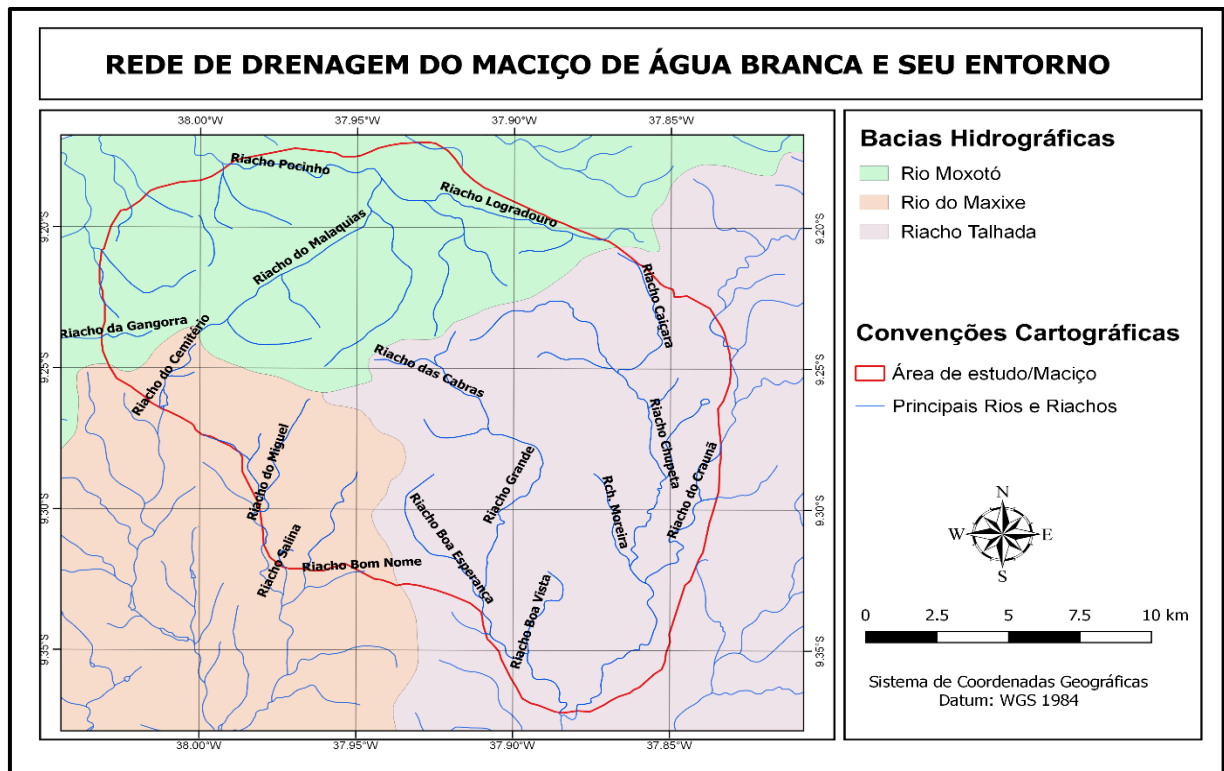
A região do semiárido nordestino é caracterizada pelo regime de chuvas esporádico e altas taxas de evaporação, isso influencia diretamente o regime hidrológico na região. A prova disso é o quantitativo de rios intermitentes existentes no semiárido, relacionados a irregularidade das chuvas, que desaparecem em épocas de estiagem. Ab'Saber (2003) ressalta que embora os rios intermitentes possuam esse ciclo temporário, em algum momento do ano alguns desaguam no Oceano atlântico, isso explica as baixas taxas de salinização nos rios dos Sertão nordestino.

Segundo Ab'Saber (2003) a hidrologia da região está íntima e totalmente ligada ao ritmo climático sazonal, ou seja, a existência dos rios está condicionada aos limites do semiárido. Inicia-se na calha do rio Parnaíba e se estende até o sul do sertão baiano. O rio Parnaíba comporta-se como o grande divisor de água entre os rios de diferentes regimes hidrológicos. Enquanto que em sua margem esquerda estão localizados os rios de características perenes, influenciados pelo clima tropical, na margem direita inicia-se a paisagem dos rios intermitentes, sob influência do clima semiárido (MELO, 2014).

Os rios do semiárido possuem dois regimes hidrológicos: o temporário e o efêmero. Enquanto o primeiro dispõe de um maior fluxo de água superficial durante um maior período de tempo, o outro só apresenta fluxo de água superficial caso haja uma intensa precipitação (MONTE-MOR, 2012). A impermeabilidade dos solos do semiárido, torna-se um fator negativo para o armazenamento de água, isso porque os rios trafegam por solos bastante rasos.

O Maciço de Água Branca encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, banhado pelas sub-bacias do Rio Moxotó, Rio Maxixe e Riacho Talhada. O sistema hidrológico é basicamente formado por rios intermitentes, a grande maioria apresenta cursos d'água temporários, cujo ciclo de drenagem é alimentado no período de chuvoso e cessa no período seco. Alguns dos principais afluentes são o Riacho Logradouro, Poncinho, Malaquias, Riacho Grande, entre outros (Figura 7). O padrão de drenagem desenvolve-se de forma dendrítica, assemelhando-se ao formato das raízes de uma árvore.

Figura 7. Rede de drenagem do Maciço de Água Branca e entorno.



Fonte: SEMARH, 2007. Organização: SANTOS, J.P.A. (2020).

3.6 Vegetação

Assim como o relevo, a vegetação é bastante expressiva na área de estudo, a mesma é fundamental pois desempenha um papel muito importante, como reguladora da umidade e temperatura nessa região (RIBEIRO, 2011).

Em relação a composição da paisagem geomorfológica, sua importância resulta no fato de reduzir o excesso de energia que chega ao solo durante uma precipitação, amenizando o impacto do efeito *splash*, evitando que as gotas das chuvas remobilizem e erodam os solos (SILVA, 2007).

Silva (2007), parafraseando Jean Tricart (1977), destaca que, do ponto de vista espaço-temporal, a vegetação assume importância quando se busca o entendimento dos tipos de formações vegetais que atuaram na gênese do relevo, através de suas modificações cíclicas ocorridas no Quaternário, com fases de morfogênese/pedogênese.

Segundo Melo (2014), a cobertura vegetal do Maciço de Água Branca, encontra-se diretamente relacionada com as condições climáticas e edáficas do solo. De forma que, tais condições contribuem intrinsecamente para a diferenciação estrutural das formações vegetais,

por exemplo, no porte e diâmetro das espécies, o número de estratos que as mesmas desenvolvem, e o índice de diversidade e ocorrência florística.

Inclusa no domínio dos sertões secos, como define Ab'Saber (2003), parte da área de estudo, assim como extensa área do Sertão Alagoano, é constituída por vegetação do tipo Caatinga, mais precisamente, por caatinga hiperxerófila (JACOMINE, 1975; CAVALCANTI, 2010). Ratificando que a vegetação da caatinga envolve uma variabilidade de espécies com características distintas, definidas a partir da relação entre o clima, relevo e solo. (MELO, 2014).

Nesse sentido, Cavalcanti (2010) chama a atenção para a especificidade da vegetação encontrada em outras partes do Maciço, especificamente nos ambientes de exceção, no caso dos Brejos de Altitude, onde são encontradas espécies que estão adaptadas a um contexto climático diferente, expostas á condições de maior umidade, onde podem ser encontradas florestas caducifólias ou subcaducifólias.

Consoante às análises de Jacomine (1975) e Cavalcanti (2010), a vegetação do tipo caatinga hiperxerófila é constituída de pequeno porte, arbustiva ou arbustiva-arbórea. Para o município de Água Branca, a Embrapa (2002) definiu os seguintes parâmetros: caatinga de porte arbustivo a arbustivo-arbóreo ou raramente arbóreo. Dentre as principais espécies estão *cereus jamacu* (mandacaru), *pilocereus gounellei* (xique-xique), *ziziphus joazeiro* (juazeiro), *prosopis sp.* (algaroba), *opuntia cochenillifera*. (Palma), *cnidoscolus sp.* (faveleiro).

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012, p.60): “Esta região florística é eminentemente climática na atualidade, variando de áreas pluviais, de super-úmidas a úmidas, na costa florestal atlântica, até o território árido”. Segundo ANDRADE-LIMA (1957, in MELO, 2014), o contexto edáfico, juntamente com a pluviosidade e altimetria, fazem desses refúgios úmidos paisagens fito-fisionômicas tipicamente nordestinas, que se instalam em uma área muito pequena dentro do domínio das caatingas.

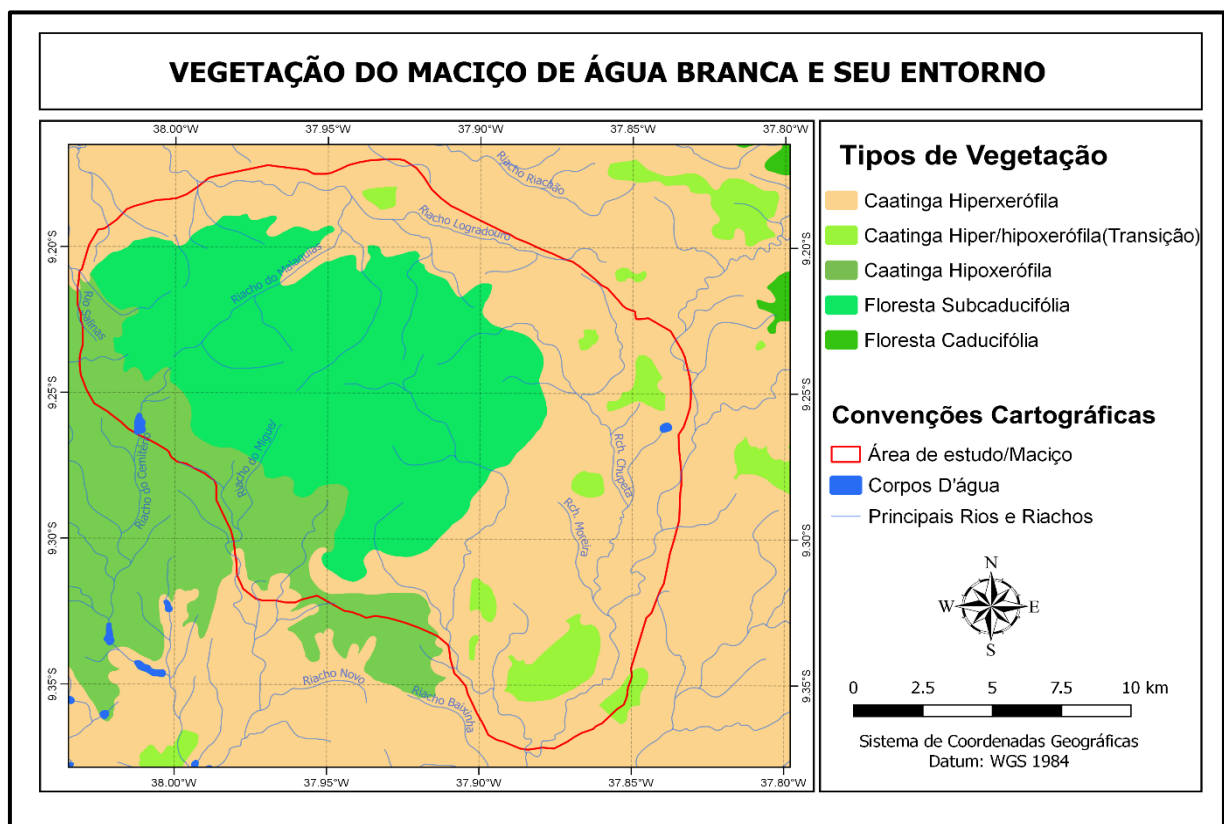
O Maciço de Água Branca, por estar inserido em áreas topograficamente elevadas (Figura 14), apresenta características edafoclimáticas, como clima e vegetação, diferenciadas do contexto semiárido, com temperaturas mais baixas e maior umidade, relacionando-se a um ambiente de brejo.

Segundo Marques (2014), os brejos de altitudes são caracterizados como áreas elevadas posicionadas em espaços de exceção, influenciados por mesoclimas de altitude, localizados num contexto semiárido com condições fitogeográficas distintas das áreas em seu entorno. Nesses ambientes, a dinâmica dos processos naturais é diferenciada, possuem características muito atípicas e o relevo assume uma função importante através da altimetria e/ou da exposição.

Marques (op.cit), ressalta que a hipótese mais aceita sobre a origem dos Brejos de Altitude, remete-se às variações climáticas ocorridas no período do Plioceno Superior e Pleistoceno, resultante das teorias dos Redutos de Vegetação e Refúgios de Fauna, proposta por autores como Ab' Saber, Bigarella, entre outros, as quais permitiram que a floresta Atlântica penetrasse nos domínios das Caatingas.

Com base na análise dos dados disponibilizados pelo ZAAL (2013), foram encontradas seis classes de vegetação distribuídos no Maciço de Água Branca e entorno (Figura 8).

Figura 8. Mapa da Vegetação do Maciço de Água Branca e entorno



Fonte: ZAAL (2013). Organização: SANTOS, J.P.A. (2020).

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 A Ciência Geomorfológica

A Geomorfologia é definida como a ciência que estuda as formas de relevo da superfície terrestre (MARQUES, 2008), bem como sua gênese, características morfológicas, materiais constituintes, processos que controlam e modelam as estruturas e sua dinâmica evolutiva (CHRISTOFOLETTI, 2008).

Segundo Valter Casseti (2005), foi em meados do século XIII, sob forte tendência naturalista, que a Geomorfologia surge como ciência em virtude de estudos geológicos referentes a crosta terrestre, cujos interesses estavam ligados ao sistema de produção e com base no princípio do utilitarismo.

De acordo com Abreu (2003), o início do pensamento geomorfológico se deu a partir da evolução duas linhagens epistemológicas, uma de raízes norte-americanas e outra de raízes germânicas, ou, como prefere o autor, corrente anglo-americana e corrente alemã. Duas bases conceituais distintas, alicerçadas em suas respectivas ideias basilares divergentes (RIBEIRO et. al., 2010), são as principais propulsoras da evolução do pensamento geomorfológico.

Como principal representante da corrente anglo-americana temos Willian Morris Davis, Geógrafo e Geólogo, considerado pai da Geografia americana (SOUZA et. al., 2013). Baseando-se nos estudos de G. K. Gilbert e J. W. Powell, Davis deu início a uma proposta de sistematização da Geomorfologia, fundamentada na ideia de ciclicidade do relevo (Ciclo Geográfico) e no evolucionismo, sob grande influência da teoria darwinista (CASSETI, 2005).

Para Marques (2008), o excelente trabalho apresentado por Willian M. Davis (*Geographical Cycle*) se constitui em uma das primeiras obras capazes de explicar com clareza a gênese e os processos evolutivos do relevo, e por isso, é o principal nome a ser lembrado na história da geomorfologia.

No entanto, mesmo com toda excelência, a obra de Davis recebeu muitas críticas, justamente por sua noção de ciclo apresentar uma concepção finalista. Em contrapartida, a outra corrente de pensamento geomorfológico (corrente alemã), defendia a ideia de integração entre os elementos naturais da paisagem, valorizando o estudo dos processos, tendo Walther Penck como principal opositor da teoria davisiana, sendo considerado por seus feitos, para alguns, como um dos principais fundadores da corrente de pensamento geomorfológico alemão, como bem salienta Abreu (2003).

Para alguns autores como Jurandyr Ross (1992), os princípios metodológicos norteadores da pesquisa geomorfológica iniciaram com os estudos de Walter Penck em 1953, elucidando que as formas de relevo são resultantes das forças dos processos endógenos e exógenos atuantes na gênese das estruturas.

Valter Casseti (2005) salienta que,

Durante a segunda Guerra Mundial, a influência do pensamento científico alemão se amplia nos Estados Unidos, proporcionando o desenvolvimento de técnicas implementadas com posturas filosóficas bem definidas. Um dos autores da corrente anglo-americana que utilizou os princípios adotados por Penck foi Lester C. King (1953), cujas pesquisas sobre aplainamento

caracterizavam o centro das atenções geomorfológicas da época. (CASSETI, 2005, p. 08).

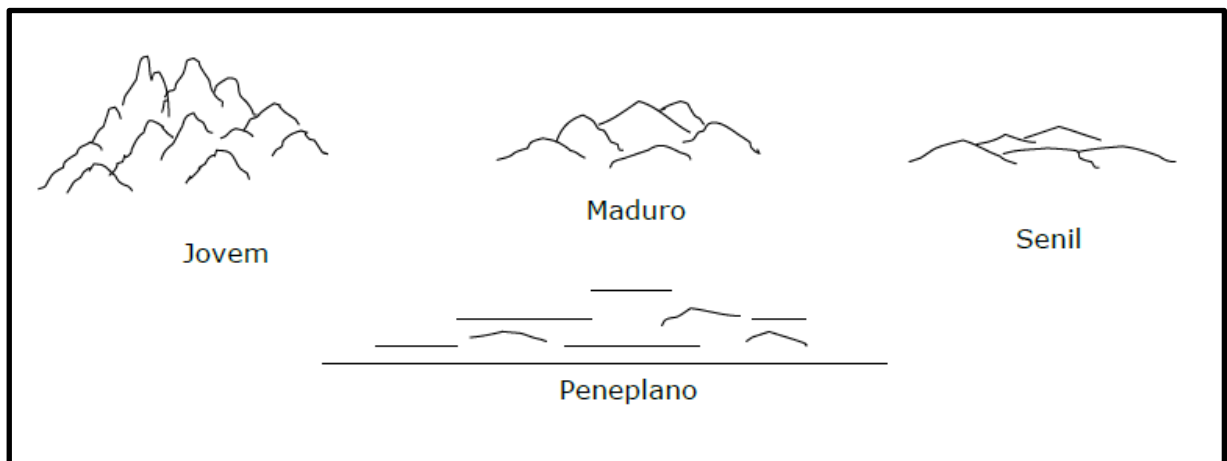
De acordo com o autor, muitos norte-americanos se interessaram pelas críticas de Penck ao modelo de ciclo geográfico ideal de Davis, o que resultou na descrença de muitos seguidores da teoria davisiana, dando espaço para a criação de novos paradigmas como a teoria da *Pediplanação* do britânico Lester King, e a teoria do *Equilíbrio Dinâmico* proposta por John Hack, que compõem o quadro dos principais postulados da evolução da ciência geomorfológica.

Tratando especificamente sobre o ciclo geográfico ideal proposto por William Morris Davis, Marques (2008) destaca:

O ciclo iniciava-se com rápido soerguimento, pela ação de forças internas, de superfícies aplainadas que se elevariam criando desnivelamentos em relação ao nível do mar. A ação da água corrente, a erosão normal, atuando sobre o relevo inicial, produziria sua dissecação e, conseqüentemente, a redução de sua topografia, até criar uma nova superfície aplainada (peneplano). Novo soerguimento daria lugar a um novo ciclo erosivo. Do instante inicial ao final, formas típicas seriam modeladas, caracterizando sucessivos momentos evolutivos, como na vida orgânica, passando o relevo pelas fases de juventude, maturidade e senilidade. (MARQUES, 2008. p. 31).

A teoria davisiana, consistia na ideia de que a evolução do modelado terrestre se daria por meio de diferentes etapas ou fases de ciclos de erosão, caracterizadas, inicialmente, pelo rápido soerguimento do relevo, através da ação dos processos endógenos, resultando em formas pontiagudas (fase da juventude), seguido de um período de erosão que rebaixaria o relevo jovem, resultando em formas suavizadas de topos arredondados (fase da maturidade), até que o relevo fosse completamente rebaixado deixando a superfície em total estado de aplainamento (fase da senilidade), ao qual o mesmo denominou “*Peneplano*”. (Figura 9).

Figura 9. Modelo demonstrativo do ciclo geográfico de Davis (1899), modificado por Freitas (2007).



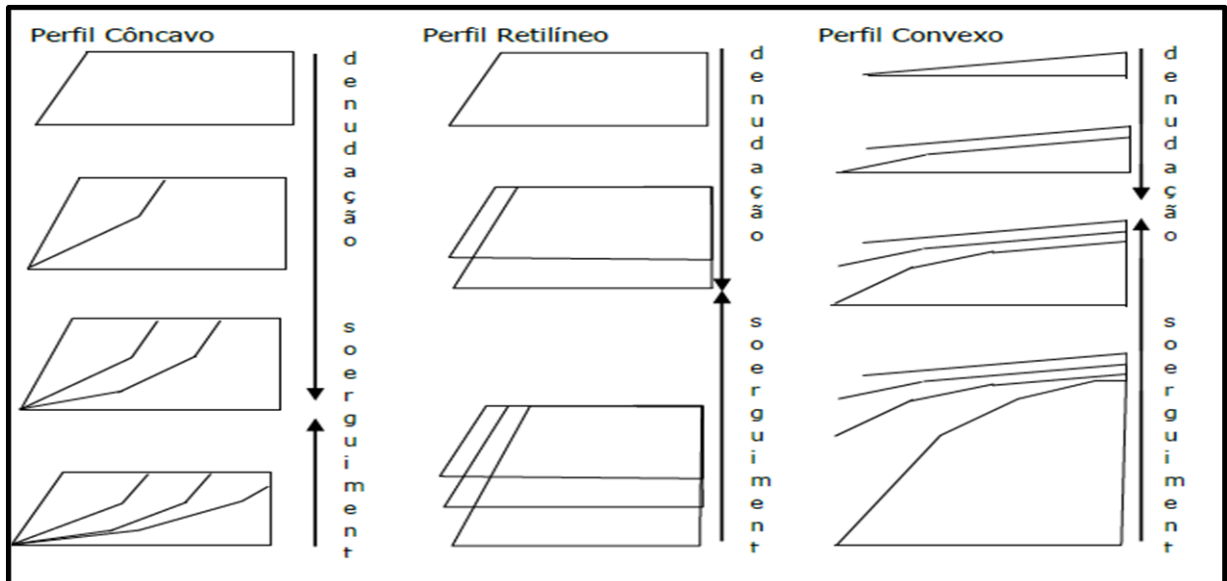
É importante salientar que, mesmo criticada, a teoria de Davis teve um papel fundamental no desenvolvimento de uma Geomorfologia Estrutural (MARQUES, 2008), por seu modelo ser bem aplicado no entendimento dos ciclos de erosão em regiões áridas e glaciais, sendo considerada a base da Geomorfologia Climática (DANTAS 1995, Apud PINTO, 2015).

Como já mencionado, Walther Penck foi o principal opositor da teoria davisiana, seu modelo também admitia que o relevo passaria por uma fase de rejuvenescimento, porém, introduzindo a noção de recuo paralelo e a influência da geometria das encostas na evolução do relevo. Segundo Caseti (2005), William M. Davis acreditava que os processos denudacionais apenas teriam início após o término do soerguimento crustal, por outro lado, Penck defendia que a denudação ocorria simultaneamente ao soerguimento, porém, com diferenciação na intensidade causada pela ação tectônica.

Caseti (2005, p. 15) destaca ainda que, “Penck (1924) propunha que em caso de forte soerguimento da crosta, ter-se-ia uma corresponde incisão do talvegue, que por sua vez implicaria aceleração dos efeitos denudacionais em razão do aumento do gradiente da vertente.”

Tendo por base essas duas variáveis (soerguimento crustal e denudação), Walther Penck acrescenta que o resultado da velocidade de atuação destas variáveis definiria o formato geométrico das vertentes. Se a velocidade do soerguimento fosse menor que as taxas de denudação, tinha-se a formação de encostas côncavas; em contrapartida, se a velocidade do soerguimento fosse superior às taxas de denudação do relevo, seriam formadas encostas convexas; em último caso, se houvesse um equilíbrio entre as taxas de soerguimento e denudação, tínhamos o desenvolvimento de vertentes retilíneas. (Figura 10).

Figura 10. Modelo demonstrativo da evolução do relevo pelo recuo paralelo das vertentes de Penck (1953), modificado por Freitas (2007).



Fonte: Pinto (2015, p. 29).

Enquanto Davis acreditava que o relevo evoluía de cima para baixo, Penck acreditava que o relevo evoluía paralelamente, por meio do desgaste lateral das vertentes. Embora o modelo penckiano tenha dado novos rumos ao pensamento geomorfológico, rompendo a epistemologia da linhagem anglo-americana (CASSETI, 2005), também apresentava suas inconsistências, por exemplo, por não considerar outras variáveis como a heterogeneidade litológica do relevo (PINTO, 2015).

Em virtude do entendimento do novo paradigma penckiano para a evolução do relevo, Lester King, a partir de suas observações das paisagens africanas, propõe seu modelo teórico evolutivo denominado de pediplanação. Partindo do pressuposto de que o soerguimento crustal se daria por meio de períodos rápidos e intermitentes, separados por longos períodos de atividade tectônica, King buscou restabelecer o princípio de estabilidade tectônica proposto por Davis, considerando o ajustamento por compensação isostática utilizando o conceito de recuo paralelo das vertentes, de Penck. (CASSETI, 2005; RIBEIRO et. al. 2010).

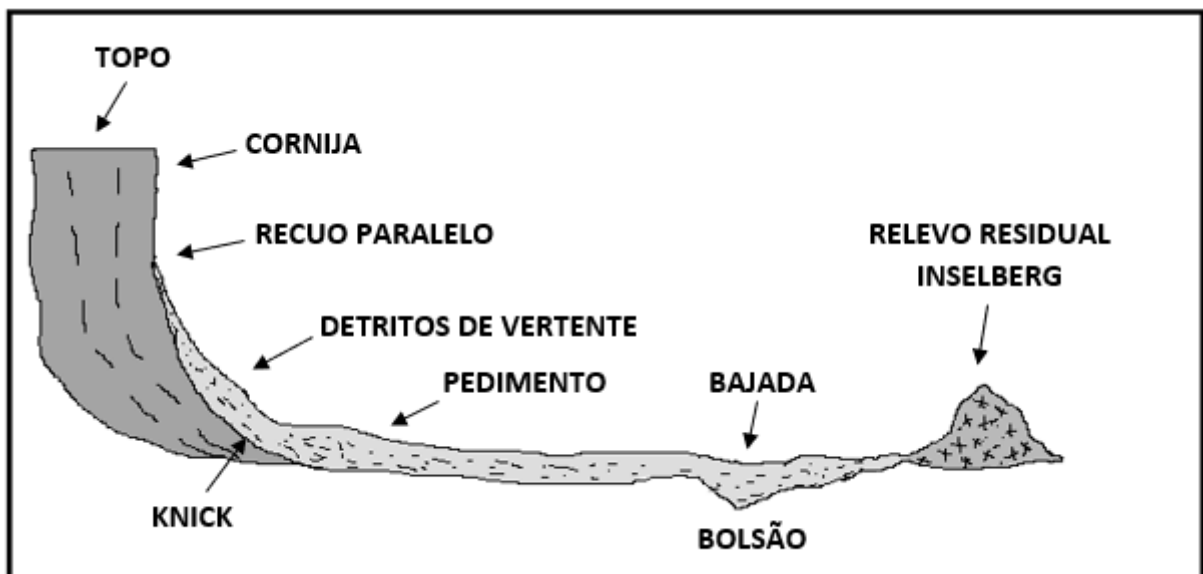
Valter Casseti (2005) parafrazeando King (1955) e Pugh (1955), elucida que,

O recuo acontece a partir de determinado nível de base, iniciado pelo nível de base geral, correspondente ao oceano. O material resultante da erosão decorrente do recuo promove o entalhamento das áreas depressionárias, originando os denominados pedimentos. A evolução do recuo por um período de tempo de relativa estabilidade tectônica permitiria o desenvolvimento de extensos pediplanos, razão pela qual a referida teoria ficou conhecida como pediplanação. Por tanto, enquanto Davis chamava as grandes extensões horizontalizadas na senilidade de “peneplanos”, King (1955) as considerava

como “pediplanos”, com formas residuais denominadas *inselbers*. (CASSETI, 2005. p.17).

King acreditava que a atuação dos processos erosivos/denudacionais nas encostas resultaria na formação de detritos (pedimentos) que evidenciaria o aplainamento da superfície pelo recuo das vertentes, formando áreas rebaixadas conhecidas como pediplanos, com presença de relevos residuais denominados inselbergues. O modelo de Lester King apresenta encostas de topos convexos, seguido de uma face escarpada (erosiva), uma encosta de detritos suavemente declivosa em sua base até a formação do pedimento plano, como bem destaca Pinto (2015). (Figura 11).

Figura 11. Modelo demonstrativo do processo de Pediplanação, apresentando a remobilização do material dos pontos mais elevados por desagregação mecânica e entulhamento de depressões com elevação do nível de base.



Fonte: CASSETI (2005, p. 18).

Segundo Ribeiro et. al. (2010), na visão de King, o seu modelo de pediplanação seria uma alternativa fidedigna ao ciclo de erosão normal proposto por Davis, assegurando que a pediplanação seria um processo básico de evolução das formas de relevo. No entanto, sua teoria se aplicava bem apenas em regiões de climas áridos, semiáridos e de savanas. Porém, possuía incongruências para sua aplicação em regiões glaciais, fato que levou a teoria a passar por aprimoramentos, pois a mesma desconsiderava as variações climáticas e o controle dos processos erosivos e/ou deposicionais pelas soleiras (PINTO, 2015).

As décadas de 1940 até 1960, marcam um período de transformação dos estudos geomorfológicos, assumindo uma postura mais teórica em virtude da utilização de métodos

de quantificação, estudo dos sistemas e fluxos e uso da cibernética (RIBEIRO et. al. 2010). Fundamentando-se na Teoria Geral dos Sistemas (TGS), primeiramente apresentada por Bertalanffy em 1937, John Tilton Hack resgata os conceitos inicialmente introduzidos por Gilbert em 1877, sobre ajustamento entre força e a resistência, para criar seu modelo acíclico de evolução das formas de relevo, o qual chamou de Teoria do Equilíbrio Dinâmico.

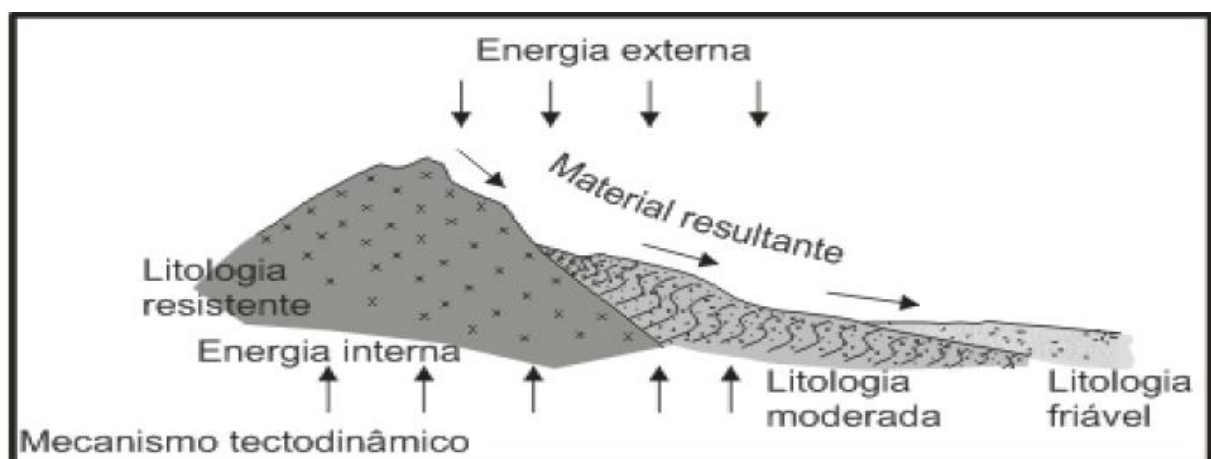
Esta teoria considera o relevo como um sistema aberto, que mantém constante troca de matéria e energia com outros sistemas terrestres, considerando também a resistência litológica do material que está sendo trabalhado. Segundo essa teoria, as paisagens estariam sujeitas a passarem por longos períodos de denudação, mantidas por um ajustamento entre o controle litológico e os processos superficiais (BASTOS et. al., 2015).

Valter Caseti (2005) salienta que

Na teoria do equilíbrio dinâmico as formas não são estáticas. Qualquer alteração no fluxo de energia incidente tende a responder por manifestações no comportamento da matéria, evidenciando alterações morfológicas. Como exemplo as mudanças climáticas ou eventos tectônicos produzem alterações no fluxo da matéria até a obtenção de novo ajustamento dos componentes do sistema. (CASSETI, 2005. p. 19).

Na teoria de Hack, para que a paisagem passasse por um estado de equilíbrio seria necessário que houvesse uma estabilidade entre os processos endógenos e exógenos, bem como, o controle de entrada e saída de energia do sistema (PINTO, 2015). Em outras palavras, esse equilíbrio é alcançado quando os diferentes compartimentos da paisagem apresentam a mesma intensidade média de erosão (CASSETI, 2005). (Figura 12).

Figura 12. Equilíbrio Dinâmico mantido em diferentes topografias, determinado pela diferenciação da resistência litológica, proporcionando, mesmo com superfícies declivosas, a deposição de um volume de material correspondente.



Fonte: CASSETTI (2005, p. 19).

Segundo Marques (2008), mesmo o relevo sendo submetido a um mesmo tipo de clima, não necessariamente haverá uma homogeneidade de formas. Ainda segundo o autor, o formato das feições será resultado do comportamento dos processos e do nível de resistência do material, desse modo, as formas deixam de ser estáticas para se tornarem dinâmicas, sendo que a sintonia entre os processos pode configurar a modelagem de diferentes formas.

De acordo com Pinto (2015), John Hack desbanca as teorias dos autores supracitados anteriormente pela crença na uniformidade do processo de denudação, por incisão de vales e destruição de divisores em direção a um peneplano, ou por recuo paralelo das vertentes em direção a um pediplano. No entanto, Casseti (2005) chama atenção para a relação de dependência entre a proposta de Hack e as demais teorias apresentadas aqui. Segundo o autor, Hack incorpora o conceito de Davis sobre equilíbrio e acrescenta uma perspectiva sistêmica, utiliza-se também das relações dinâmicas apresentadas por Gilbert (1877) e posteriormente Penck (1924), por isso, seu mérito estaria atribuído à forma como ele estruturou o encadeamento lógico na concepção sistêmica do modelado, em virtude de uma visão fragmentada do relevo. Cabe ressaltar que cada uma dessas teorias ofereceu importantes contribuições, que, até os dias atuais, se fazem presentes nos trabalhos científicos de forma direta ou indireta (BASTOS et. al. 2015).

De acordo como Vitte (2010), pode-se dizer que a estruturação do pensamento geomorfológico no Brasil, se deu a partir de dois marcos históricos: a criação e institucionalização de Universidades, com destaque para a Universidade de São Paulo (USP); e a criação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ainda segundo o autor, no período que compreende as décadas de 1930 até aproximadamente meados de 1950, a geomorfologia ainda era influenciada pelas postulações davisianas sobre ciclicidade do relevo. Porém, a partir do Simpósio de Chicago em 1936, dedicado a obra de Walther Penck, é que a comunidade brasileira de geomorfólogos entram em contato com a Teoria da Pediplanação do sul-africano Lester King, fato que, posteriormente, levou a uma ruptura de paradigmas das concepções geomorfológicas no território brasileiro (ABREU, 2003; VITTE, 2010).

A década de 1950, sem dúvidas, é marcante para a reformulação da ciência geomorfológica. Um período da história onde as chamadas Ciências da Terra, voltavam suas atenções para os estudos oceânicos, buscando compreender os processos continentais por meio dos sedimentos encontrados no fundo dos oceanos (VITTE & NIELMANN, 2009; VITTE, 2010). Segundo Vitte (2010), esse momento levanta a questão de que os estudos sedimentológicos e estratigráficos poderiam auxiliar no entendimento dos estudos geomorfológicos. Ainda de acordo com o autor, somado a este fato teríamos a descoberta das

variações climáticas da Terra e a possibilidade de atribuir idade às formas de relevo, com base na associação dos estudos entre sedimentos continentais e variações climáticas.

Relacionado ao acontecimento desses eventos históricos, temos, em 1956, a realização do XVIII Congresso Internacional de Geografia da UGI, ocorrido na cidade do Rio de Janeiro. Para Marques (2008) foi um marco importante, pois foi um momento em que os pesquisadores brasileiros entram em contato com novas concepções teóricas e práticas de cunho internacional, estimulando o desenvolvimento de novas pesquisas no país. Os trabalhos de campo desse evento foram geridos por Aziz Ab'Saber, Jean Tricart e Jean Dresch, cuja problemática dos questionamentos estava centrada nos materiais que formam as vertentes, em particular para os paleopavimentos detríticos (VITTE, 2010).

De acordo com Marques (2008), nessa época, a forte influência da teoria anglo-americana de Davis, vai dando lugar às novas concepções da linhagem alemã, cuja a importância agora seria dada aos aspectos climáticos da geomorfologia. Nesse sentido, Ribeiro et. al. (2010) destacam que a geomorfologia do Brasil se desenvolveu sob influência de Emanuel de Martonne e Jean Tricart, que tinham suas pesquisas voltadas para uma Geomorfologia Climática.

Para Valter Casseti (2005), no Brasil, Aziz Nacib Ab'Saber foi o responsável pela mais importante contribuição à ciência geomorfológica. Dentre os vários trabalhos que consagraram Ab'Saber como um dos grandes nomes a ser lembrado na geomorfologia, sua tese de doutoramento intitulada “*Geomorfologia do Sítio Urbano de São Paulo*” foi um grande marco dentre as novas concepções. A obra registra uma intensa transição e reconstrução de novas interpretações acerca da gênese do relevo (PINTO, 2015).

Outro fato marcante para a mudança epistemológica da geomorfologia brasileira, foi a vinda de Lester King ao Brasil, a convite do IBGE, em virtude de seus conhecimentos a respeito das superfícies de erosão. O resultado desse tratado foi a publicação do artigo intitulado “*Problemas Geomorfológicos do Brasil Oriental*”, em 1956, na Revista Brasileira de Geografia, contribuindo para as suas teorias de pedimentação e pediplanação, passando a influenciar outras pesquisas de caráter geomorfológico no Brasil (VITTE & NIELMANN, 2009).

Mesmo com todo o trabalho e esforço, segundo Pentecost (1969, in VITTE, 2010) King não conseguiu explicar a questão dos pedimentos e pediplanos em todo o território brasileiro, pois suas teorias apenas se aplicavam bem no deserto africano. De acordo com Antonio Carlos Vitte (2010), em virtude das incongruências epistemológicas do modelo de King, os pesquisadores brasileiros foram obrigados a buscarem novas estratégias de análise, pautadas

numa perspectiva voltada para a geomorfologia climática. Nessa temática, Segundo Marques (2008), destacam-se os trabalhos de João José Bigarella e colaboradores (1965) e os de Aziz Ab'Saber (1967, 1969, 1970), cujo seus enfoques são voltados às variações climáticas ocorridas no período Quaternário.

Ainda sobre a influência climática nos estudos geomorfológicos, Ribeiro et. al. (2010) salientam que as primeiras tentativas de sistematização de trabalhos nessa temática partiram de autores como Jules Budel em 1948, André Chorlley e L.C. Peltier, ambos em 1950. No entanto, os autores ratificam que a maior contribuição emergiu dos trabalhos de Jean Tricart e André Cailleux ainda na década de 1950. Ao interpretarem a obra “*Introduction to Climatic Geomorphology*” de 1972. Ribeiro et. al. (op. cit.) elucidam como Tricart e Cailleux conseguiram demonstrar que o contexto climático determina de forma direta a distribuição tanto dos processos intempéricos, quanto a intensidade dos agentes geomórficos.

Em virtude das contestações feitas ao modelo teórico de King e a aceitação de novos paradigmas climáticos, pesquisadores brasileiros, como Bigarella e Ab'Saber, ampliaram os conhecimentos geomorfológicos propondo novos modelos teóricos para compreensão das superfícies de aplanamento (ROSS, 1992).

Conforme destaca Antonio C. Vitte (2010), a geomorfologia brasileira passou por dois marcos revolucionários em detrimento da contribuição de Aziz Ab'Saber: o primeiro refere-se à publicação do seu celebre trabalho “*Um Conceito de Geomorfologia a Serviço das Pesquisas sobre o Quaternário*”, de 1969. E o outro diz respeito às noções dos conceitos de domínios morfoclimáticos e Refúgios Florestais. Ainda segundo o Autor, essas concepções não só revolucionaram a geomorfologia climática a nível global, como também influenciaram os estudos biogeográficos até os dias atuais.

Nesse sentido, Valter Cassetti (2005) destaca a importante contribuição dos estudos de Ab'Saber para a análise geomorfológica, ressaltando que o mesmo organizou a análise do relevo em três etapas, cujos processos endógenos e exógenos podem, de forma complexa, se integrarem ou interagirem entre si, sendo elas: a compartimentação topográfica, a estrutura superficial e a fisiologia da paisagem.

Com o advento dessas e outras novas concepções teóricas, intrinsecamente relacionadas com a teoria dos sistemas, a geomorfologia ramifica em diferentes direções, buscando melhores fundamentações para o entendimento das relações entre homem, sociedade e natureza (MARQUES, 2008).

4.2 Cartografia Geomorfológica e a Perspectiva Geossistêmica

Inicialmente, antes de adentrar especificamente na questão da cartografia de paisagens e a abordagem sistêmica, faremos um breve apanhado histórico sobre alguns apontamentos que nortearam a cartografia temática, para melhor compreensão da importância do uso do mapeamento em base geomorfológica.

Na concepção de Martinelli (2010), o surgimento dos mapas se remete aos primórdios da história humana. Para o autor, “no alvorecer de sua existência, o homem gravou em pedra ou em argila, pintou em pele de animais ou armou em estruturas diversas o seu lugar, o seu ambiente e suas atividades” (p.2). Para Martinelli, a representatividade por meio de desenhos expressava a realidade vivenciada pelos povos antigos, suas relações sociais e espaciais.

Martinelli e Salomão Graça, em 2013, destacam que

O início da cartografia é tão antigo quanto o início das formas de expressão e representação que os seres humanos criaram para se comunicar e transmitir seus conhecimentos, onde os desenhos ou estruturas apresentavam desde então uma forma original de interpretação acerca de seus territórios ou domínios em mares, sempre servindo para satisfazer necessidades que foram surgindo nas condições do trabalho humano, para demarcar vias de comunicação, definir lugares de ação e outros (MARTINELLI & SALOMÃO GRAÇA, 2013. p. 914).

Nesse sentido, Rodrigues e Souza (2008), ressaltam que se forem levados em conta os registros históricos de escritas e desenhos primitivos, por exemplo os encontrados em cavernas, a história dos mapas é tão antiga, que pode ser confundida com a própria história da humanidade. Seguindo essa linha de raciocínio, Albuquerque e Oliveira (2012) destacam que a história da cartografia é tão antiga quanto o processo de produção do espaço, de modo que, a representatividade por meio dos mapas facilitaria a ocupação dos territórios.

Conforme descrito no Manual Técnico de Geociências, especificamente sobre as Noções Básicas de Cartografia, elaborado pelo IBGE em 1999, o conceito de cartografia mais aceitável atualmente, com menos refutações, foi estabelecido em 1966 pela Associação Cartográfica Internacional (ACI), e posteriormente validado pela UNESCO, no mesmo ano, está definido da seguinte forma:

A cartografia apresenta-se como o conjunto de estudos e operações científicas, técnicas e artísticas que, tendo por base os resultados de observações diretas ou da análise de documentação, se voltam para a elaboração de mapas, cartas e outras forma de expressão ou representação de objetos, elementos, fenômenos e ambientes físicos e socioeconômicos, bem como sua utilização (IBGE, 1999. p. 12).

Em outras palavras, o processo cartográfico, a partir da obtenção de dados necessários, abrange uma variedade de aspectos como o estudo, análise, composição e representação de observações, de fatos, fenômenos, e dados pertinentes a diversos campos científicos relacionados ao planeta Terra.

É importante frisar que, segundo Martinelli (2010), o objetivo principal da produção de mapas, desde os tempos mais remotos, sempre esteve vinculado às relações de dominação e poder. O autor salienta ainda que o fato de apenas um grupo seleto de pessoas terem o privilégio de acesso às informações das cartas e mapas, foi o aporte que estimulou a crescente busca pelo aperfeiçoamento dos mesmos, em virtude de interesses particulares das classes dominantes.

Segundo Rodrigues e Souza (2008), o reconhecimento meritocrático pelo processo evolutivo da produção de mapas pertence aos gregos, pelos seus conhecimentos desenvolvidos a respeito da esfericidade da Terra, do sistema de coordenadas geográficas e dos primeiros cálculos de projeções para determinar o tamanho do planeta Terra.

Porém, mesmo com tais feitos, Martinelli (2010) chama a atenção para o fato de que

Embora com importantes contribuições de outros povos, com sua história, cultura, conhecimentos acerca da Terra e dos astros, o mais marcante avanço da cartografia ter-se-ia dado centrado na Europa, estando relacionado com o Renascimento. Ficou marcado como uma revolução cultural que ocorre entre os séculos XIV e XVI nos domínios, de um lado, literário, artístico e científico e do outro, técnico, econômico e social, promovidos pelas grandes descobertas e o surgimento do capitalismo moderno (MARTINELLI, 2010. p.3).

Segundo este autor, alguns fatos marcantes contribuíram para o avanço da cartografia ao longo dos séculos. O período renascentista ocorrido na Europa entre os séculos XIV e XVI, com a intensificação do comércio entre Oriente e Ocidente, exigindo o desenvolvimento de mapas para auxiliar nas navegações, a invenção da imprensa no século XV, que influenciou o processo cartográfico, facilitando a produção de mapas e barateando o preço dos produtos, período em que o mapa começa a ser visto como mercadoria. Posterior a este, temos no século XVI, o período dos grandes descobrimentos e dos interesses expansionistas do mercantilismo, revolucionando o cenário cartográfico pela exigência de novos mapas mais precisos e eficientes sobre o mundo, propiciando a ascensão do processo de produção capitalista.

Outro fato marcante foi a institucionalização de academias científicas, no século XVIII, dando início a cartografia moderna. Dentre estes fatos, o de maior proporção refere-se ao avanço do imperialismo, no século XIX, em virtude da necessidade de grandes inventários cartográficos para auxiliar às incursões exploratórias e dominações de terras desconhecidas; somado a este último, têm-se a sistematização de novos estudos cartográficos operacionalizados

mediante a divisão do trabalho científico, com ênfase voltada ao domínio dos mapeamentos temáticos (MARTINELLI & SALOMÃO GRAÇA, 2013).

No entendimento de Martinelli (2010), a cartografia temática estaria ligada intrinsecamente a cartografia topográfica, onde ambas se complementam. Enquanto a visão topográfica se atentava para os fenômenos oriundos à superfície terrestre, a concepção temática estaria relacionada a racionalidade humana em busca do conhecimento. Isso refere-se ao que autor chamou de passagem da representação “vista”, de apenas ver a face da Terra, para a representação “conhecida”, de conhecer os fatos e fenômenos inerentes à realidade espacial.

Martinelli e Salomão Graça (2013) enfatizam que o desenvolvimento da cartografia temática se deu em detrimento da necessidade de produção de mapas específicos para atender às novas demandas impostas pela sistematização dos ramos dos estudos associados às novas categorias advindas do trabalho científico, mais precisamente no início do século XIX.

Ainda nessa época, século 19, inicia-se a sistematização do conhecimento geográfico, tendo como principais expoentes os alemães Alexander Von Humboldt e Carl Ritter, ambos influenciaram a geografia com suas respectivas concepções teóricas, o primeiro voltado para os estudos naturalistas e o segundo para os estudos regionais e antropocêntricos (MARTINELLI, 2010).

Entende-se, conforme Martinelli (2010), que os mapas sempre se mantiveram vinculados à Geografia. O próprio autor destaca que a geografia sempre se confundiu com os mapas. Na verdade, fazer geografia era fazer mapas.

A partir do século XX, mais precisamente na década de 1930, inicia-se o processo de afastamento da cartografia em relação aos preceitos emancipados pela Geografia, rumo a sua autonomia enquanto ciência (ALBUQUERQUE & OLIVEIRA, 2012). No entanto, Martinelli (2011) ratifica que, antes mesmo, em 1921, a cartografia já havia sido declarada como ciência independente, separada da geografia e da geodésia, por Max Eckert.

Albuquerque e Oliveira (2012) apontam que os principais elementos responsáveis pela autonomia da cartografia refere-se: a circulação de trabalhos vinculados à história cartográfica; a publicação de uma revista, *Imago Mundi*, cujo seu conteúdo era focalizado nos temas referentes a independência da cartografia enquanto disciplina acadêmica, sendo diferenciada da geografia por suas bases teóricas e práticas; e o processo de matematização do espaço a partir de dados georreferenciados.

Ainda na década de 1960, surgem os primeiros relatos sobre a possibilidade de um novo ramo da cartografia, mediante a utilização de computadores na produção de mapas, que para Martinelli (2011) se caracterizaria pela passagem de uma cartografia analógica para uma

cartografia digital. De acordo com Rodrigues e Souza (2008), o avanço da informática, que se iniciou em 1970, propiciou a introdução de novos conceitos e ferramentas na ciência cartográfica, a exemplo, a cartografia em meio digital, o Geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográficas (SIGs).

Especificamente no Brasil, a história da cartografia tem suas origens antes mesmo de seu descobrimento no início do século XVI, e um grande desenvolvimento até o século seguinte, embora os produtos cartográficos produzidos por instituições brasileiras tenham passado por significativas mudanças ao longo do século XX, como destaca Archela (2007). Esta autora, sistematizou a história da cartografia brasileira por meio de períodos (Colonial, Imperial, Primeira República, Getúlio Vargas e o Estado Novo), enfatizando as características inerentes tanto à cartografia quanto à geografia, bem como os aspectos políticos e econômicos atrelados ao seu desenvolvimento em território nacional.

Os períodos são retratados sucintamente por Archela (2007) da seguinte maneira:

O primeiro período vai do início do século XX até 1933, com grandes problemas de mapeamento e conseqüentemente mudanças nas principais instituições ligadas à cartografia no país. No segundo período, de 1934 até 1945 a criação do IBGE reflete o esforço governamental para o mapeamento de todo o território brasileiro. O terceiro período vai de 1946 a 1969 e marca o início do desenvolvimento tecnológico, envolvendo principalmente, a aerofotogrametria e o sensoriamento remoto, com a realização de cursos de aperfeiçoamento no país e no exterior. O quarto período, de 1970 a 1989, é marcado pelo desenvolvimento da engenharia cartográfica e atuação dos grandes projetos nacionais como o Projeto RADAM. Finalmente, após 1990 ocorre a introdução e um grande desenvolvimento das novas tecnologias do sensoriamento remoto, cartografia digital e os sistemas de informação geográfica que vem dinamizar e popularizar a cartografia no Brasil. (ARCHELA, 2007. p. 213-214).

Referente a introdução de novas ferramentas computacionais no estudo do espaço geográfico, ainda no século XX, Le Sann (2005) destaca que a cartografia passou por uma grande revolução técnica, onde a criação de novos softwares e sistemas de informações geográficas (SIGs) tornaram as análises espaciais mais eficientes, principalmente relacionadas ao meio ambiente.

De acordo com Gregory (1992), foi a partir dos anos 1960 que as preocupações relacionadas ao meio ambiente começaram a ter relevância, em virtude das advertências acerca dos impactos causados pela ação antrópica, e das discussões referentes ao grau de finitude dos recursos terrestres. Para este autor, os ramos da Geografia, sobretudo a Geografia Física,

tendenciaram para a necessidade de estudos mais específicos sobre os processos ocorridos na paisagem, ressaltando que “o homem”, juntamente com os demais aspectos naturais (geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climáticos, etc.), deveriam ser inclusos no estudo dos processos.

Segundo Caseti (2005), autores franceses e soviéticos como Jean Tricart, Georges Bertrand e Viktor Sochava, concentraram seus esforços em estudar as paisagens numa perspectiva sistêmica, analisando a integração entre os diferentes sistemas naturais da paisagem (Geossistemas).

De acordo com Souza (2003), os sistemas naturais integram-se em variados elementos, mantendo relações mútuas entre si, sendo continuamente submetidos aos fluxos de matéria e energia. Possuem também, uma relação harmônica entre seus componentes, representando uma unidade de organização do ambiente natural.

O conceito de “morfodinâmica” introduzido por Jean Tricart (1977) constitui o conjunto de processos interconectados responsáveis pela gênese do modelado. Para Corrêa (2006) estes processos comandam a divisão da paisagem em unidades homogêneas obedecendo uma perspectiva sistêmica.

O termo “sensitividade” da paisagem proposto por Brunsden (1996, 2001, Apud VASCONCELOS et. al., 2007) forneceu subsídios para a compreensão da estabilidade da paisagem. Portanto se há alteração nos comandos de um sistema ou forças exercidas nele, esta acarretará respostas sensíveis, mas complexas (CORRÊA, 1997).

Em relação a abordagem geossistêmica para o estudo das paisagens, o geógrafo russo Viktor B. Sochava propôs que

“Em condições normais deve estudar não os componentes da natureza, mas as conexões entre eles: não se deve restringir à morfologia da paisagem e suas subdivisões, mas, de preferência, projetar-se para o estudo da dinâmica, estrutura funcional, conexões, etc. (SOCHAVA, 1977, p. 2 Apud AUGUSTO, 2016, p. 147).

O autor, ao introduzir o conceito de geossistemas aos estudos da paisagem, buscou entender os processos para além da morfologia, considerando principalmente a interação entre os elementos constituintes da paisagem, definindo, então, os geossistemas como sistemas dinâmicos, complexos, e hierarquicamente organizados, porém considerando também a influência antrópica para a evolução dos processos.

Para Christofletti (1999), os geossistemas são designados como sistemas ambientais físicos que representam a organização espacial, resultante da interação dos elementos

socioeconômicos, físicos e biológicos da natureza. Rodriguez et al (2007) complementam essa definição proposta por Christofolletti, definindo geossistema a partir das conexões sistêmicas ocorridas entre diversos componentes naturais dentro de um determinado espaço, que mantém relações com as energias do universo e com a própria sociedade humana.

Souza (2013) parafraseando Christofolletti (1980), destaca que a contribuição da TGS aos estudos geomorfológicos foi de grande importância, pois o conceito de equilíbrio dinâmico passou a ser entendido como o ajustamento das variáveis internas às condições externas. No entendimento da autora, se as formas emergissem em sistemas ambientais geomorfológicos, estariam diretamente correlacionadas com as influências exercidas pelo próprio ambiente, controlando os fluxos de matéria e energia recebidos pelo sistema. Segundo Gregory (1992), Chorley foi o primeiro a introduzir os princípios da Teoria Geral dos Sistemas nos estudos geomorfológicos.

Para Xavier da Silva (2001), deve-se considerar o ambiente como um sistema, isto é, uma entidade que tem expressão espacial, a ser modelada segundo sua variabilidade taxonômica e a distribuição territorial dos fenômenos relevantes que podem ser identificáveis na mesma. Ainda segundo o autor, é preciso levar em conta a dinâmica ocorrida nesses sistemas ambientais, em virtude das alterações e mudanças que são causadas no ambiente de acordo com determinada faixa de tempo.

Em relação a abordagem sistêmica, Cavalcanti (2010) destaca que

“O estudo da evolução dos geossistemas se dá, principalmente, pela reconstrução dos períodos de estabilidade (como uso de dados palinológicos e radiogênicos e da micromorfologia de solos) e da definição da ruptura de estabilidade, geralmente por ocasião de eventos de transição climática.”
(CAVALCANTI, 2010. p. 34)

O autor percebeu que os geossistemas constituem uma organização material com uma diferenciação interna e uma expressão espacial na superfície da terra, que mudam ao longo do tempo. Todavia, uma vez que se conhece a estrutura dos geossistemas, é possível classificá-los com o objetivo de conhecer em detalhes suas características.

Para Cavalcanti (2010), o estudo dos geossistemas visa caracterizar a natureza da superfície terrestre, investigando suas funções ecológicas, sua dinâmica e sua história, cujo principal intuito é fornecer informações que viabilizem a otimização ecológica do território, considerando aspectos como: fatores que afetam a vida dos homens; identificação de problemas

naturais; aptidão agrícola dos terrenos; percepção dos atores sociais em relação a degradação dos recursos naturais; entre outros.

Quando o assunto é meio ambiente, Cavalcanti (2014) salienta que a fundamentação cartográfica é de suma importância para as pesquisas, principalmente quando o intuito é proporcionar suporte às atividades de planejamento e gestão de uso do território. Com o propósito de fornecer as bases para o planejamento ambiental, o autor destaca que um dos objetivos da Geoecologia das Paisagens é desenvolver uma cartografia das unidades de paisagem do território.

A Cartografia de Paisagens, área que compreende a Cartografia Ambiental (CAVALCANTI, 2014), pressupõe compreender, de forma integrada, a dinâmica dos elementos e processos ocorridos no ambiente, buscando compreender a paisagem a partir dos geossistemas. Ainda segundo o autor, essa técnica corrobora para a análise de paisagens, por meio de procedimentos como: a delimitação da área de estudo, a avaliação do contexto, e a identificação dos principais contrastes paisagísticos observáveis. As técnicas para representação destas paisagens envolvem desde trabalhos de campo, até interpretação de dados temáticos, imagens, e o método mais completo por ele abordado: a modelagem cartográfica, baseada na utilização de sensoriamento remoto e geoprocessamento, que pode contemplar também todas as etapas anteriores (CAVALCANTI, 2014, p.49).

Cavalcanti (2010) ressalta que o mapeamento de unidades de terras é a prática mais antiga da geografia física integrada, e também um procedimento fundamental na avaliação dos geossistemas, e a partir do reconhecimento destes é possível elaborar vários mapas com diversos fins.

De acordo com Abreu (2003), a cartografia geomorfológica recebe maior destaque depois do segundo pós-guerra, onde cada país, principalmente da Europa, faz uso dessa ferramenta de diferentes formas, com o intuito fundamental de estudar o relevo.

Cassetti (2005), destaca que a Cartografia Geomorfológica se apresenta como um importante instrumento para a organização dos fatos geomorfológicos, pois, por meio deste é possível representar tanto a gênese das formas do relevo, quanto sua estrutura e dinâmica dos processos, de acordo com suas particularidades.

Embora existam muitas propostas de mapeamentos geomorfológicos, ainda há uma problemática conceitual de aplicação para representação do relevo (CASSETI, 2005). Assim, tendo em vista que as formas do relevo, bem como os demais componentes da natureza, são elementos cartografáveis, Jurandy Ross (2002), destaca dois aspectos importantes que devem ser considerados na análise do relevo: a classificação taxonômica e a representação cartográfica

das formas do modelado. Ainda segundo este autor, os aspectos fisionômicos e as características estruturais da paisagem estão geneticamente interligados.

Corrêa (1997) chama a atenção para a importância da sistematização da escala de trabalho. Para este autor, é fundamental definir a escala do mapeamento geomorfológico antes mesmo de classificar as categorias do relevo que se pretende individualizar.

Ross (2002) salienta que, aparentemente, a questão taxonômica das formas do relevo, surgiu em virtude da necessidade de organizar e ordenar os fatos geomorfológicos, seja pelos diferentes tamanhos das formas ou pelas gêneses do modelado terrestre. Para este autor, as primeiras tentativas de classificação das formas do relevo partiram das contribuições de Cailleux e Tricart (1956, 1965), Demek (1965) e de Mecerjakov (1968). No entanto, o autor ratifica que a proposta de Cailleux e Tricart foi primordialmente difundida pelos pesquisadores brasileiros.

Conforme explica Ross (2002), o entendimento dos conceitos Morfoestrutura e Morfoescultura estabelecidos por Gerasimov e Mecerjakov, foi muito importante para a compreensão da taxonomia do relevo e os processos atuantes (endógenos e exógenos) na formação do mesmo. As morfoestruturas estão relacionadas aos fatores endógenos, sua gênese e idade, por sua vez, as morfoesculturas referem-se aos modelados que se formam na superfície terrestre, por meio dos processos exógenos.

Pode-se entender segundo Lima (2014), que nos últimos anos, dentre as propostas de mapeamentos geomorfológicos mais utilizadas pelos pesquisadores brasileiros, estão as de Demek (1972), Ross (1992) e a do IBGE (2009). A exemplo, temos os trabalhos de Antonio C. B. Corrêa (1997), que utilizou a proposta de Demek, das autoras Andrade Cristo e Mesquita Luz (2014), que aplicaram a de Ross, e o de André Furtado e Jonas Souza (2016), que fizeram uso da metodologia do IBGE.

Referente a proposta de Demek (1972), Lima (2014) discorre que a mesma pode ser entendida como um manual geomorfológico de detalhe, pois as informações contidas nela são resultado das pesquisas e mapeamentos da UGI. Ainda de acordo com o autor, o conteúdo do mapa geomorfológico de detalhe deve apresentar: a) Suas propriedades morfológicas e morfométricas, tal como tamanho, forma, declividade, rugosidade, etc.; b) Sua estrutura material/ tipo de rocha e arranjo; c) Os processos dinâmicos que tem condicionados; d) Outros. (LIMA, 2014, p. 52).

Lima (Op. Cit.) ressalta ainda que nessa proposta, a taxonomia do relevo é baseada tanto na classificação das formas, quanto na distribuição regional das unidades básicas geomorfológicas e sua relação com a alta ordem das unidades espaciais (p. 53).

Segundo Ross (2002), essas unidades taxonômicas básicas seriam: a) “superfícies geneticamente homogêneas”, com menor táxon, por exemplo: uma vertente; b) forma de relevo, táxon intermediário, como exemplo: uma colina; c) “tipos de relevo”, táxon superior, correspondendo a um conjunto de formas semelhantes entre si. (ROSS, 2002, p. 03).

A proposta de Ross (1992) foi estruturada a partir de diversos pressupostos teóricos de autores como Penck, Mecerjakov, Demek, Ab’Saber, entre outros. Esta classificação propõe uma nova metodologia para o mapeamento geomorfológico em diferentes escalas, agrupando as unidades de relevo em seis táxons: 1º táxon: unidades morfoestruturais; 2º táxon: unidades morfoesculturais; 3º táxon: modelados; 4º táxon: formas de relevo semelhantes; 5º táxon: formas das vertentes; 6º táxon: pequenas formas de processos atuais.

Por fim, temos a metodologia do IBGE (2009), aceita como padrão oficial para os mapeamentos em base geomorfológica para o território nacional. Essa proposta estabelece o ordenamento dos fatos geomorfológicos em virtude de uma classificação têmporo-espaial, organizando as formas do relevo através de grupamentos em níveis hierárquicos (ordens de grandeza), considerando parâmetros como estrutura, litologia, pedologia, clima e morfodinâmica, atuantes na evolução das formas de relevo e composição da paisagem de acordo com a cronologia geológica. Tal proposta de classificação taxonômica é composta da seguinte maneira: 1ª ordem: Domínios Morfoestruturais; 2ª ordem: Regiões Geomorfológicas; 3ª ordem: Unidades Geomorfológicas; 4ª ordem: Modelados e 5ª ordem: Formas de Relevo Simbolizadas.

4.3 Geotecnologias aplicadas ao Mapeamento Geomorfológico e o Planejamento Ambiental

Os estudos ambientais, ao longo dos anos, se tornaram mais eficazes devido a implementação de geotecnologias, como o geoprocessamento e sensoriamento remoto, que aliados aos demais sistemas de informações geográficas (SIGs), fornecem uma gama de informações espaciais importantes para análise de cenários ambientais.

Com base em Augusto (2016), o Geoprocessamento pode ser entendido com m conjunto de tecnologias, como os SIGs e o Sensoriamento Remoto, cujo enfoque principal é obter informações espaciais para determinado propósito. Relacionando com a pesquisa ambiental, Xavier da Silva e Marino (2011) referem-se ao Geoprocessamento como um conjunto de conceitos desenvolvidos por meio de métodos e técnicas computacionais, com o intuito de transformar dados georreferenciados em informação sobre o meio ambiente.

Segundo Caldas (2007), estudos utilizando o geoprocessamento e outros Sistemas de Informações Geográficas, são relativamente recentes no Brasil. Ainda de acordo com o autor, foram iniciados com o Projeto RADAMBRASIL, em 1975, com o intuito de racionalizar, armazenar, recuperar e analisar um grande acervo de dados ambientais de diversas categorias como, geomorfologia, geologia, solos, vegetação, potencial de uso da terra, entre outros, para melhor o mapeamento de todo o território nacional.

De acordo com Kaliski et. al. (2010), devido a multiplicidade de funções que podem executar, os recursos de geoprocessamento permitem uma visão integrada do espaço geográfico, e por isso são utilizados em diversas áreas das Ciências, a exemplo, a Cartografia, a Geografia, a Geologia, entre outras, bem como contribui para estudos de variados segmentos, como o planejamento territorial e estudos ambientais. Ainda segundo estes autores, salientam que as operações de geoprocessamento dependem de SIGs específicos para que os dados sejam integrados.

O SIG pode ser entendido com um sistema computacional de alta capacidade, capaz, dentre outras funções, de armazenar, processar, analisar, visualizar e representar dados georreferenciados, em forma de mapas (LANG & BLASCHKE, 2009; FLORENZANO, 2011).

De acordo com Lang e Blaschke (2009), os SIGs são capazes de fornecer informações valiosas para auxiliar nos Projetos complexos de planejamento e no desenvolvimento de cenários espaciais. Desta forma, Augusto (2016) ressalta que o SIG é o tipo de sistema que melhor auxilia o Geoprocessamento.

Augusto (Op. Cit.), destaca que o uso de imagens de satélite em conjunto com os SIGs e o Sensoriamento Remoto, vêm contribuindo de forma efetiva para a integração e análises mais complexas, se apresentando como excelentes auxiliares para a tomada de decisões em relação às questões ambientais.

Sobre o Sensoriamento Remoto, pode-se entender, segundo Xavier da Silva (2001), como um conjunto de procedimentos computacionais que, operando sobre base de dados georreferenciados oriundos do sensoriamento remoto, da cartografia digital ou de qualquer outra fonte, executa classificações e outras transformações para facilitar a compreensão do espaço geográfico.

Novo (2008) ao analisar as definições de diferentes autores a respeito do Sensoriamento Remoto, percebeu que existem muitas divergências e convergências entre os conceitos definidos. Ao analisar tais formulações, o autor definiu o SR como sendo

a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves,

ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõe em suas mais diversas manifestações (NOVO, 2008, p. 4).

Para Florenzano (2011), o Sensoriamento Remoto apresenta-se como uma tecnologia que permite obter imagens, e outros tipos de dados, da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície, por meio dos sensores de satélites localizados em volta da Terra.

Com base no Manual *of Remote Sensing ASP* (1975,1983), Novo (2008), descreve que a história do SR pode ser dividida em dois momentos principais: o primeiro compreendido entre os anos de 1860 e 1960, onde o uso de fotografias aéreas era o principal recurso do sensoriamento remoto, e segundo momento refere-se ao avanço das tecnologias a partir dos anos de 1960 até os dias de hoje, marcado pela criação de diversos sistemas de sensores. Ainda segundo o autor, a partir de 1990, ocorreu mudanças nos métodos de obtenção de dados de sensoriamento. Além da construção de novos sensores mais sensíveis, o autor explica que houve avanços tecnológicos também na “capacidade de transmissão, armazenamento e processamento graças aos avanços das telecomunicações e da informática” (NOVO, 2008, p.4).

Atualmente existe uma variedade de séries de satélites de Sensoriamento Remoto em atividade na órbita terrestre, e um dos mais importantes é o *LANDSAT*. De acordo com Araújo (2016), este satélite surgiu nos últimos anos da década de 1960, como parte do Programa de Levantamento de Recursos Terrestres da agência espacial norte-americana (NASA), conjuntamente com outras agências federais americanas. Ainda segundo este autor, a operacionalização do primeiro satélite, de uma série de oito, se deu em 1972 e a última ocorreu em 2013 com o lançamento do Landsat-8. Segundo Novo (2008), o programa LANDSAT possui o mais longo e mais completo registro de informações espaciais sobre a superfície terrestre, sendo de grande contribuição para os estudos sobre mudanças globais no planeta Terra.

Conforme explica Araújo (2016), estes satélites funcionam por meio de sistemas de sensores semelhante a radiômetros imaginadores, que permitem, através da informação obtida, gerar uma imagem. Ainda segundo o autor, estes sistemas operam a partir de “quatro domínios de resolução: espectral, espacial, radiométrica e temporal” (p.19).

Silva (2010) chama atenção para o fato de que os recursos de SR evoluíram consideravelmente em relação aos seus predecessores, principalmente quando se trata da qualidade dos sistemas de sensores, em relação ao melhoramento das resoluções espectrais e

espaciais, sendo que dentre estes satélites da série Landsat, o que apresenta melhor resolução é o Landsat-8.

Com o advento evolutivo do Sensoriamento Remoto, novas técnicas e dados são agregados aos estudos geomorfológicos, como por exemplo a utilização do conjunto de dados SRTM e outras ferramentas computacionais como os Modelos Digitais do Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Elevação (MDE).

De acordo com Silva (2010), a partir dos dados SRTM é possível extrair informações (MDE, MDT), utilizando ferramentas de SIGs, importantes para o estudo dos fatos geomorfológicos. Ambos os modelos digitais, fornecem informações que auxiliam na representação do relevo, seja na extração de parâmetros morfométricos ou mesmo na descrição dos processos geomorfológicos.

Argento (2008) elucida que o uso dessas geotecnologias, como o geoprocessamento, o próprio sensoriamento remoto e outros SIGs, fornecem, atualmente, um fundamental apoio para a elaboração de mapeamentos geomorfológicos. Nesse sentido, o autor enfatiza sobre a importância dos mapeamentos em base geomorfológica como subsídio ao planejamento ambiental, ressaltando a contribuição desses mapas na identificação de problemas, a exemplo, os erosivos e deposicionais que, porventura, venham a ocorrer em grandes áreas. Ainda segundo Argento (op. Cit), o compartilhamento de informações dos mapas geomorfológicos com outros mapeamentos temáticos, certamente, contribuirá para a organização de cenários ambientais.

Segundo Christofolletti (2008), o conhecimento geomorfológico sobre determinada área, é muito importante para a execução de diversas atividades de planejamento. Como exemplo, o autor destaca a aplicabilidade, desse conhecimento, no planejamento do uso do solo rural e urbano, nas obras de engenharia, na recuperação de áreas degradadas, na classificação de terrenos, nos projetos de mineração, entre outros.

Referente a aplicação das geotecnologias em análises do uso do solo, Santiago et. al. (2009) destacam que as técnicas de Sensoriamento Remoto aliadas a determinados SIGs, são fundamentais para a análise do uso e cobertura da terra, pois são capazes de avaliar as mudanças ocorridas na paisagem ao longo dos anos.

Para Lima et. al. (2017), o SR é capaz de quantificar e qualificar diversos parâmetros biofísicos da vegetação, como “o índice de área foliar, biomassa e sua produtividade, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e a caracterização e monitoramento de áreas com vegetação” (p.1).

Dentre as várias técnicas de processamento de imagens por meio de sensores remotos utilizadas para a avaliação da mudança do uso do solo, destacam-se os índices de vegetação.

De acordo com Brito Neto et. al. (2008), estes índices proporcionam a análise da diferenciação existente entre solos e vegetação, e conseguem agregar informações de duas bandas espectrais em apenas uma. Santiago et. al. (2009) ressaltam que dentre os diversos índices de vegetação existentes, os mais utilizados são o Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), o Índice de vegetação ajustado ao efeito do solo (SAVI) e o Índice de área foliar (IAF).

5 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados para realização desta pesquisa foram organizados da seguinte forma: a) Coleta, análise e processamento de dados cartográficos para serem trabalhados em ambiente SIG; b) Realização de trabalhos de campo na área de estudo para o reconhecimento da paisagem.

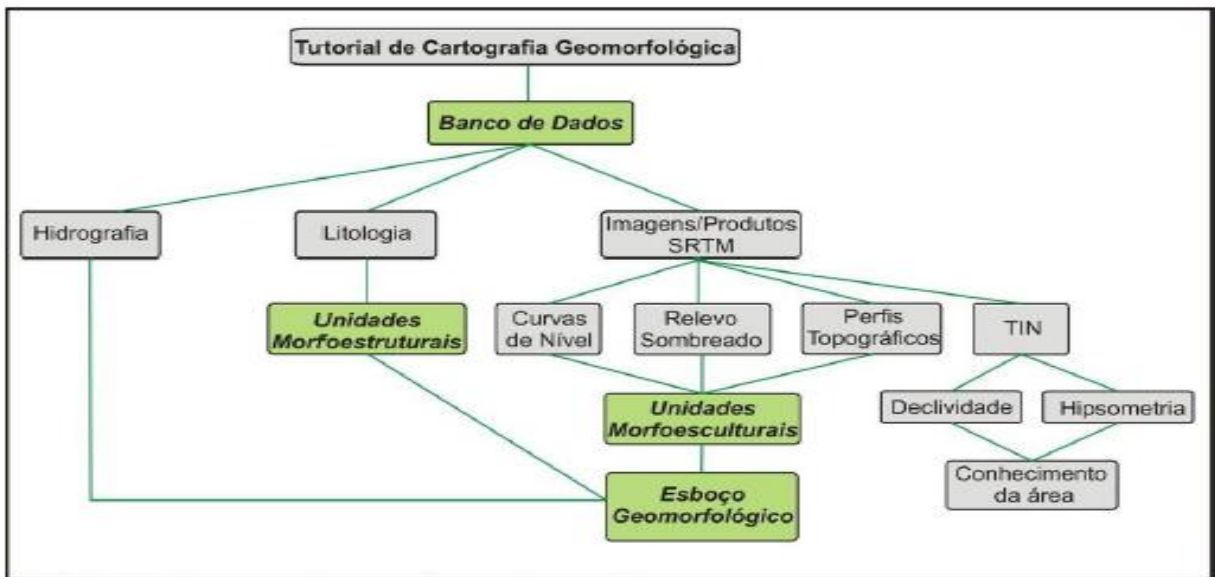
Inicialmente, para viabilização do trabalho, foi realizada uma revisão da literatura científica com seleção de autores dentro de cada temática apresentada e a escolha de conceitos fundamentais que melhor se adequem ao trabalho, por meio de uma exaustiva pesquisa bibliográfica para compor o embasamento teórico referente a temática central da pesquisa, bem como, para melhor caracterizar os aspectos naturais pertencentes a área de estudo (clima, geologia, geomorfologia, solos, drenagem e vegetação), elucidando trabalhos e autores renomados nas temáticas *Ciência Geomorfológica*, *Cartografia Geomorfológica*, *Geotecnologias aplicadas ao mapeamento geomorfológico e Planejamento ambiental*.

5.1 Coleta, Análise e Processamento de dados Cartográficos em Ambiente SIG

Nesta etapa foi organizado todo o material cartográfico necessário para a elaboração do banco de dados georreferenciado sobre o Maciço de Água Branca e seu entorno.

A priori, para a organização do mapa geomorfológico, seguiu-se o modelo de procedimentos estabelecidos por Silva e Rodrigues (2009a), descritos em seu tutorial de Cartografia Geomorfológica (Figura 13).

Figura 13. Esquema demonstrativo de estruturação hierárquica para realização do esboço geomorfológico.



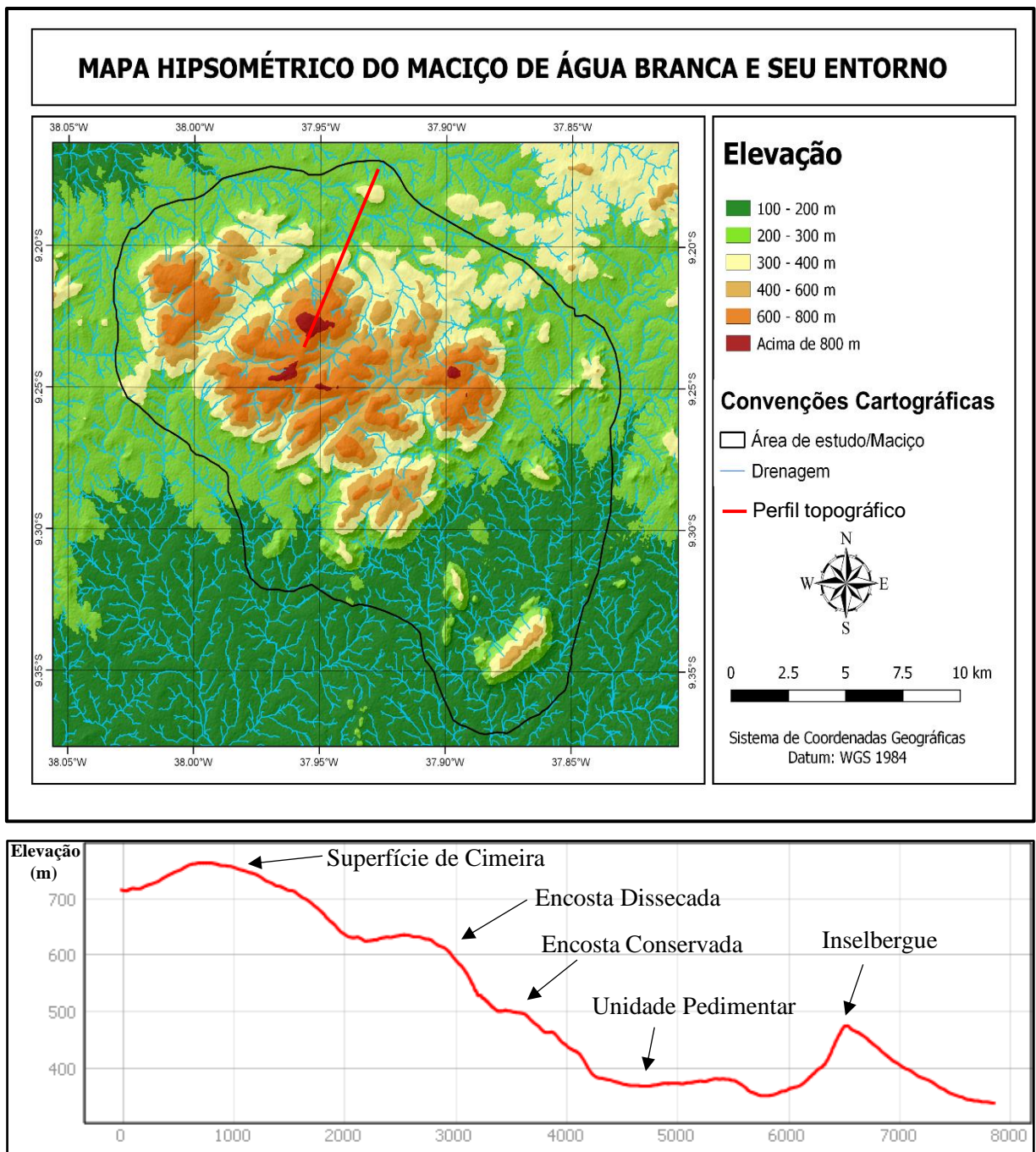
Fonte: (SILVA & RODRIGUES, 2009a).

O banco de dados foi estruturado a partir do levantamento de informações necessárias e disponíveis para a realização do mapeamento geomorfológico na escala de 1:100.000. Na elaboração do banco de dados, em ambiente SIG, utilizou-se: a base geológica e geomorfológica disponibilizada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2007), disponível no banco de dados GEOBANK; a interpretação de imagens Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) ALOS PALSAR (2015), disponibilizada no banco de dados Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS), da Agência Espacial norte-americana (NASA), acessível através da plataforma EARTHDATA; bem como a base cartográfica disponibilizada pelo Zoneamento Agroecológico de Alagoas – ZAAL (2013), e EMBRAPA SOLOS (2012), para a análise e elaboração dos seguintes produtos: delimitação da área de estudo, geomorfologia, rede de drenagem, solos e vegetação. O delineamento dos cartogramas, foi executado por meio do *software* de livre acesso Quantum Gis, versão 2.18, sob licença pública da GNU, disponível na internet. Visualização de imagens orbitais no programa Google Earth Pro; e realização de trabalhos de campo na área de estudo, para o reconhecimento da paisagem morfológica.

Utilizou-se os pressupostos metodológicos do Manual Técnico de Geomorfologia, organizado pelo IBGE (2009). Em virtude da escolha da escala de representação, buscou-se trabalhar com o nível hierárquico de 4ª ordem de grandeza, sendo que, os Modelados foram delimitados a partir de análises dos vários produtos extraídos das imagens SRTM, com resolução espacial de 12,5 m, para melhor detalhamento e precisão das informações, a exemplo: hipsometria, declividade, rugosidade, perfis topográficos e relevo sombreado.

Os procedimentos para a delimitação das unidades geomorfológicas foi organizada por etapas: a primeira análise se deu a partir da definição da altimetria da área (Figura 14) e das classes de declividade (Figura 15), cujos intervalos selecionados seguiram a proposta da EMBRAPA (2006), os quais foram submetidos a uma reclassificação da imagem SRTM para que os valores fossem expressos em porcentagem.

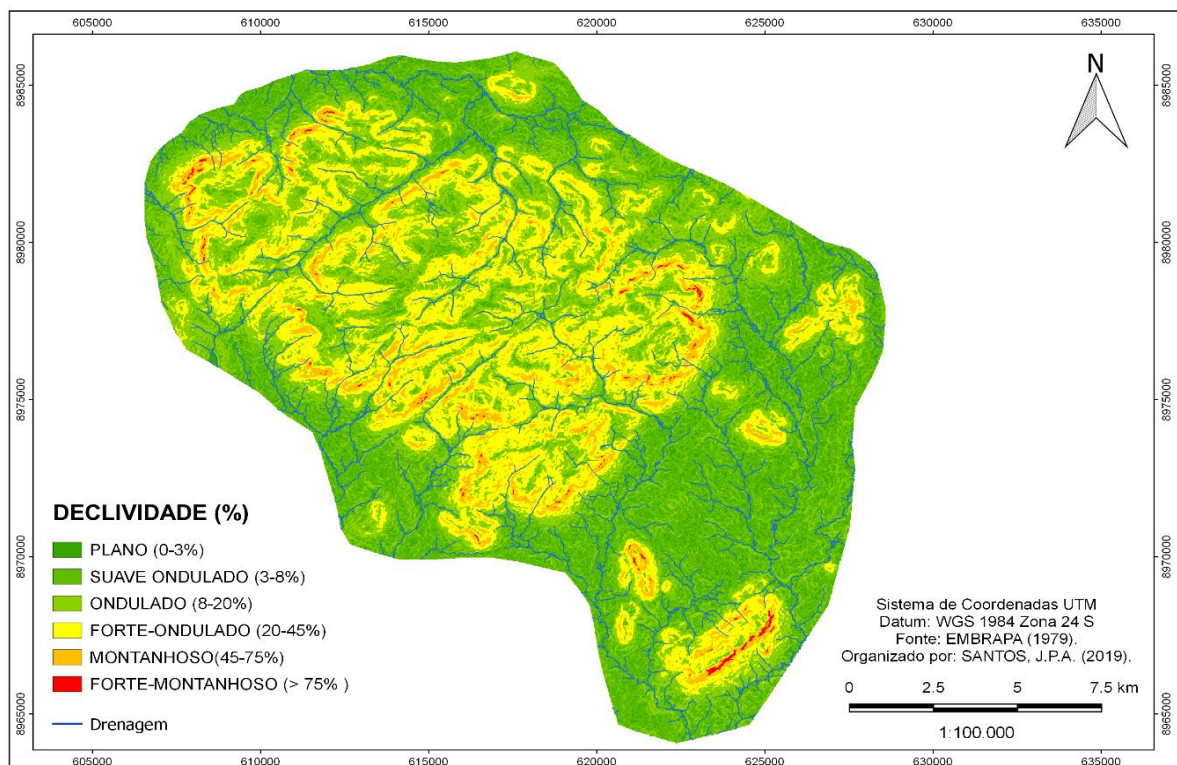
Figura 14. Mapa Hipsométrico do Maciço de Água Branca e entorno e perfil topográfico.



Fonte: Alos Palsar (2015). **Organização:** SANTOS, J.P.A. (2020).

A segunda análise foi a geração de informações de rugosidade (Figura 16), afim de diferenciar as unidades a partir das diferentes classes de rugosidade do relevo. Para isso, utilizou-se o comando *Índice de Rugosidade*, do software QGIS, criando assim um novo arquivo raster conforme Lima e Missura (2016).

Figura 15. Mapa de Declividade do Maciço de Água Branca e entorno.



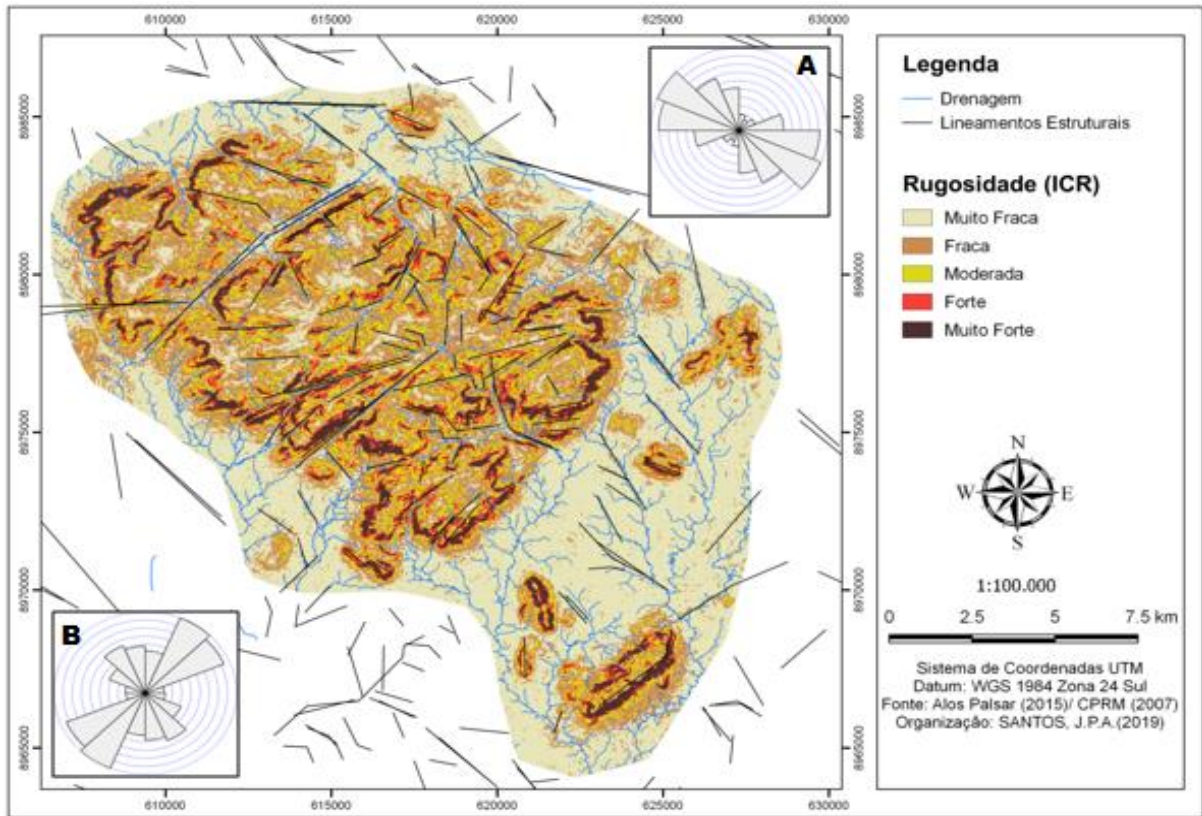
Fonte: Alos Palsar (2015). **Organização:** SANTOS, J.P.A. (2019).

A declividade foi o atributo topográfico utilizado para identificar as unidades homogêneas do relevo. A partir dos dados de declividade, foi possível gerar o Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) do relevo. A matriz resultante da aplicação do ICR foi organizada em 5 classes (muito fraca; fraca; moderada; forte; muito forte) conforme Sampaio (2008), associando às classes de dissecação do relevo propostas pelo IBGE (2009).

A fim de contribuir com a análise e interpretação das unidades, foram traçados lineamentos, conforme proposta de Liu (1984), que representam as interferências tectônicas existentes no Maciço e seu entorno. A partir do recorte MDE foi extraído o sombreamento do relevo, aplicando-se diferentes valores de azimute e grau de iluminação da luz solar. Esta variação permitiu a visualização dos lineamentos em diferentes posições de sombreamento. Foram

elaborados também dois gráficos de rosetas a partir da função *Line Direction Histogram*, indicando o direcionamento dos lineamentos.

Figura 16. Mapa de Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) do Maciço de Água Branca e entrono.



As áreas de maior intensidade de coloração indicam maior rugosidade do relevo (forte a muito forte). Os lineamentos representam as interferências tectônicas encontradas no Maciço, cujo intuito foi verificar sua relação com a rede de drenagem. As rosetas A e B representam a direção dos lineamentos encontrados na Região Hidrográfica Talhada em diferentes graus de iluminação e azimutes. **Fonte:** Alos Palsar (2015). **Organização:** SANTOS, J.P.A. (2019).

Para a elaboração dos mapas de uso e ocupação do solo, seguiu-se os procedimentos adotados por Ribeiro et. al. (2018). Foram utilizadas as imagens orbitais do satélite *LANDSAT-8*, por meio do sensor *OLI/TIRS CI Level-1*, obtidas no site do serviço geológico norte-americano United States Geological Survey (USGS), disponíveis na plataforma *EarthExplore*, referente aos anos de 2013 a 2018. A razão para a escolhas dessas imagens foi o pequeno percentual de recobrimento de nuvens e, principalmente, analisar a diferenciação do uso do solo entre o período seco e chuvoso.

Para a realização do cálculo NDVI, foram utilizadas as bandas 4 e 5 do espectro eletromagnético, referentes ao vermelho (RED) e ao infravermelho próximo (NIR). Os valores do Índice de Vegetação Normalizada foram alcançados por meio da equação (NDVI= NIR-

RED / NIR +RED), que resultou na classificação de seis classes de imagens espectrais: área urbana/recursos hídricos, pastagens, solo exposto, pequena agricultura, vegetação semi densa (arbustiva) e vegetação densa. O software utilizado também foi o QGIS 2.18.

5.2 Trabalhos de campo

Esta etapa refere-se as visitas a locais específicos do Maciço de Água Branca e seu entorno, com o intuito de reconhecer a morfologia da paisagem e confirmar as análises de gabinete e as interpretações feitas a partir dos produtos extraídos das imagens de satélites, visando fazer o registro fotográfico de pontos e áreas características que facilitem a compreensão das informações descritas no corpo do texto.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Mapeamento Geomorfológico

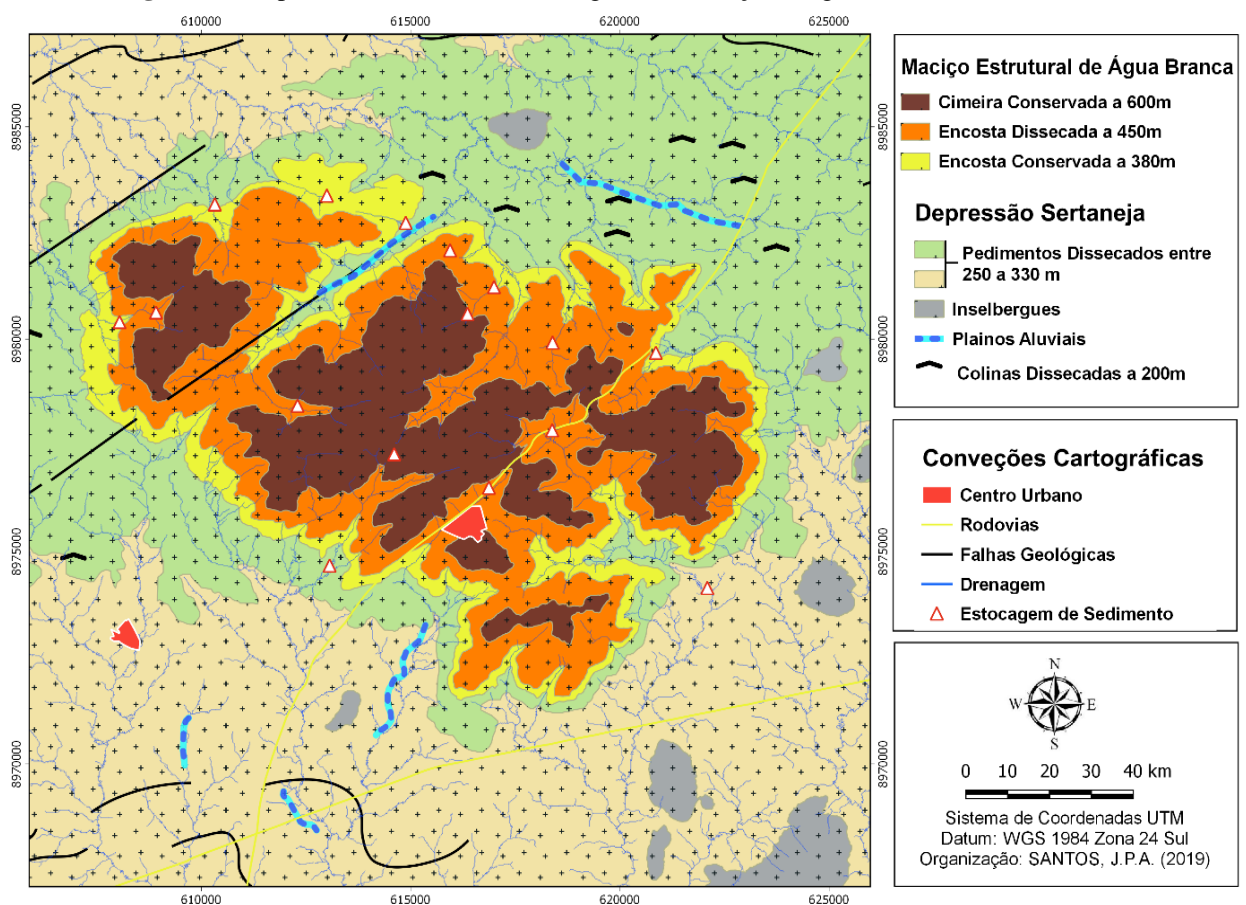
Para a identificação e classificação dos fatos geomorfológicos, é imprescindível o fornecimento de elementos que favoreçam a descrição do relevo. Além das análises dos produtos obtidos por meio do geoprocessamento das imagens de satélites, Ross (1990), ressalta a importância de se considerar a gênese, a idade e os processos morfogenéticos atuantes sobre as estruturas. Dentre os fatores essenciais que subsidiam a compartimentação geomorfológica, é importante considerar os aspectos hidrológicos, fitogeográficos e pedogenéticos.

De acordo com Corrêa (1997), o reconhecimento, localização e quantificação do fluxo de água transcorrentes nas encostas, pode ajudar a definir a topografia da área e legitimar as estruturas do relevo. Segundo Mello (2014), o escoamento superficial, seja pelas vertentes ou leitos dos rios, promove a erosão, transporte e sedimentação, devido a remobilização dos materiais sólidos. Doravante, a vegetação também é importante para a análise, pois a mesma reduz a intensidade do efeito das gotas da chuva que chegam ao solo, diminuindo a remobilização e erosão dos solos, desempenhando um papel importante no controle do intemperismo e evolução da paisagem (SILVA, 2007; MORGAN, 1983 Apud GUERRA, 2008), assim como também é uma importante reguladora da umidade e temperatura, principalmente nos brejos de altitude (RIBEIRO, 2011). Do ponto de vista têmico-espacial, a vegetação assume importância quando se busca a elucidação dos tipos de formações vegetais que atuaram desde a gênese do processo de formação do relevo, através de suas modificações

cíclicas ocorridas no Quaternário, com fases de morfogênese/pedogênese, como ressalta (TRICART, 1977).

Com base nas informações organizadas anteriormente, identificou-se sete feições geomorfológicas para a área de estudo (Figura 17) (Cimeira Conservada; Encosta dissecada; Encosta conservada; Pedimentos dissecados; Inselbergues; Plainos aluviais; Colinas dissecadas), as quais pertencem a ordem dos Modelados (IBGE, 2009) e foram organizadas e associadas às seguintes unidades geomorfológicas: Depressão Sertaneja e Maciço Estrutural de Água Branca.

Figura 17. Mapa das Unidades Geomorfológicas do Maciço de Água Branca e seu entorno.



Organização: SANTOS, J. P. A. (2019).

A Unidade Cimeira Conservada corresponde aos níveis mais elevados do Maciço, com cotas altimétricas acima dos 600 metros, apresentam estruturas morfologicamente planas ou suavemente onduladas com topos convexos ou em forma de cristas (Figura 18). Em alguns pontos, percebe-se a exposição de rochas plutônicas encaixadas em zonas de cisalhamento (ZAAL, 2013) mais resistentes ao intemperismo. O índice de concentração de rugosidade varia entre muito fraco a moderado, que indica uma morfologia fortemente controlada pela drenagem. Esta unidade apresenta possíveis espaços de deposição de sedimento nas cabeceiras de drenagem.

Figura 18. Unidade Cimeira Conservada



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

A Unidade Encosta Dissecada apresenta morfologia fortemente declivosa, com cotas acima dos 450 metros, localizadas entre as superfícies de cimeira e os complexos de rampas de colúvio (Figura 19). Apresentam maiores índices de rugosidade, variando entre fortes a muito fortes, cuja as formações superficiais encontram-se degradadas devido à ausência de cobertura vegetal, estando vulnerável a atuação de processos erosivos. Segundo Corrêa (1997), áreas com esse padrão morfológico estão sujeitas a intensos processos denudacionais, responsáveis pela formação de ravinamento nas coberturas inconsolidadas. As partes mais dissecadas estão relacionadas ao gradiente gravitacional causado pelos desníveis topográficos, ocasionando o recuo e rebaixamento da encosta.

Figura 19. Unidade Encosta Dissecada



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

A Unidade Encosta Conservada apresenta-se como áreas de transição localizadas entre as porções mais elevadas do Maciço e a unidade pedimentar que as rodeiam (Figura 20). Com cotas de aproximadamente 380 metros. Apresentam o relevo ondulado com formas convexas pouco espessas, com a presença de cobertura coluvial ao longo da encosta ou no sopé, e vegetação do tipo Caatinga Caducifólia (ZAAL, 2013). Os índices de rugosidade variam de moderados a fortes, evidenciando estruturas marcadas por falhas e fraturas, responsáveis pelo controle da rede de drenagem. De acordo com Corrêa (1997), essas áreas são caracterizadas por feições deposicionais inclinadas (rampas de colúvio), que se desenvolvem em direção aos fundos de vales.

Figura 20. Unidade Encosta Conservada



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

As outras unidades fazem parte da região geomorfológica da depressão sertaneja, que contorna todo o maciço, sendo formada por áreas esparsamente distribuídas em superfícies aplainadas, com sucessivas rampas de pedimentos rodeadas por relevos residuais isolados. Tratando de áreas com esse padrão morfológico, Maia e Bezerra (2014) destacam que os processos de dissecação são mais predominantes que os de agradação. Assim, nessa região morfológica foram encontradas as seguintes unidades: pedimento dissecado; inselbergues; colinas dissecadas; plainos aluviais.

A Unidade Pedimento Dissecado corresponde as extensas áreas rebaixadas circunscritas entre as isolinhas 250 a 330 metros que contornam todo o Maciço, formando o substrato rochoso, com declives que variam entre formas planas a suavemente onduladas (Figura 21). O índice de concentração de rugosidade (ICR) nessas áreas, demonstrou-se bastante uniforme, apresentando dissecações com pequenas variações entre muito fraca a fraca, além do fraco aprofundamento da drenagem. A suave inclinação dessas áreas propicia o escoamento do material detrítico proveniente das áreas mais elevadas através da remoção dos materiais mais incoesos que estão soltos na superfície. De acordo com Silva (2007), um dos principais responsáveis por esse processo é a erosão laminar, que distribui e deposita esses sedimentos.

Figura 21. Unidade Pedimentar



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

Os Inselbergues correspondem aos relevos residuais isolados em forma de morros com topos convexos, com amplitude variando entre 50 a 500 metros, estruturados em rochas ígneas, distribuídos esparsamente em toda a área de estudo (Figura 22), afastados por zonas de

cisalhamento e falhas geológicas (ZAAL, 2013). Formados por encostas íngremes, através da ação dos processos erosivos responsáveis pela modelagem da feição, com declividades que variam de aproximadamente 25 a 45 graus. Essa forte inclinação expõe estas feições a intensa denudação da estrutura, ocasionando, em alguns casos, depósitos de tálus em sua base. O índice de rugosidade demonstrou-se muito forte, indicando uma grande resistência do material litológico ao longo dos anos.

Figura 22. Inselbergue



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

As Colinas Dissecadas correspondem ao conjunto de feições mais ou menos individualizadas de topos arredondados e vertentes convexas, localizadas na porção nordeste da área de estudo, sentido Inhapi-Mata Grande (Figura 23). Apresentam cotas altimétricas de aproximadamente de 200 metros, com declividades variando de onduladas a fortemente onduladas. O índice de concentração de rugosidade demonstrou-se entre fraco a moderado, evidenciando a intensa atuação dos processos erosivos no desgaste do relevo.

Figura 23. Colinas Dissecadas

Fonte: Google satélite (Janeiro, 2020).

Os Planos Aluviais correspondem as áreas rebaixadas e planas localizadas nos fundos de vales, oriundas de aglomerados de sedimentos resultantes dos processos de deposição de origem fluvial. Esta unidade possui suas áreas limitadas pelas áreas de encostas e os pedimentos. Estão localizados ao longo de rios ou riachos intermitentes, cujo regime hidrológico é esporádico, secando os cursos d'água no período de estiagem e reabastecendo no período de chuvas (Figura 24). O índice de rugosidade nessas áreas, demonstrou-se muito baixo devido ao seu aplainamento. Os planos são rasos a pouco profundos, apresentam aspecto retilíneo e acompanham a direção dos lineamentos estruturais.

Figura 24. Plaino Aluvial

Seta indicando formato retilíneo do plaino. **Fonte:** o Autor (Janeiro de 2020).

6.2 Uso e Cobertura da Terra

Para a realização do estudo do uso e cobertura da terra no Maciço de Água Branca, optou-se pela utilização do cálculo de NDVI, pois, de acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2009), é um índice amplamente utilizado em estudos de variados segmentos, a exemplo, em estudos de culturas agrícolas, florestais e climáticos.

Segundo Ponzoni e Shimabukuro (2009), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), foi proposto inicialmente por Rouse e colaboradores em 1973, por meio de uma Razão simples para o intervalo de -1 a 1. Ainda conforme os autores, essa normalização refere-se à relação entre os valores espectrais de duas bandas, infravermelho próximo e vermelha. Em outras palavras, o NDVI pode ser entendido com um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação (LIMA et. al., 2017).

Ponzoni e Shimabukuro (2009), ressaltam que os valores do NDVI que se apresentarem mais próximos de 1, equivalem a áreas com maiores quantidades de vegetação fotossinteticamente ativa, e o oposto acontece com os valores mais próximos de -1, apresentando áreas com menos vegetação. Lima et. al. (2017) salientam ainda que, nos espaços que apresentam água ou nuvens os valores são sempre menores que 0 (zero).

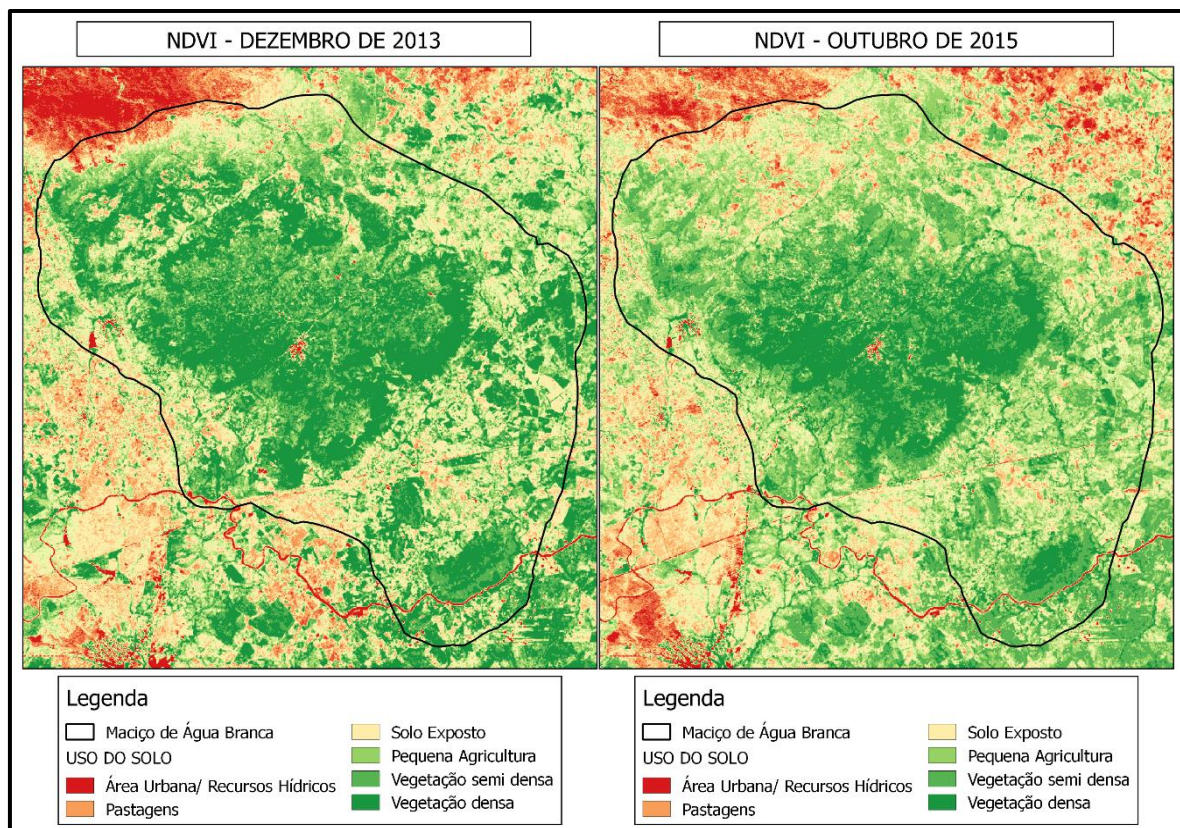
Tendo em vista que o Maciço de Água Branca por está inserido numa região serrana, apresenta condições fitogeográficas diferenciadas do contexto semiárido nordestino, como já mencionado anteriormente. As topográficas elevadas são responsáveis por maiores índices de

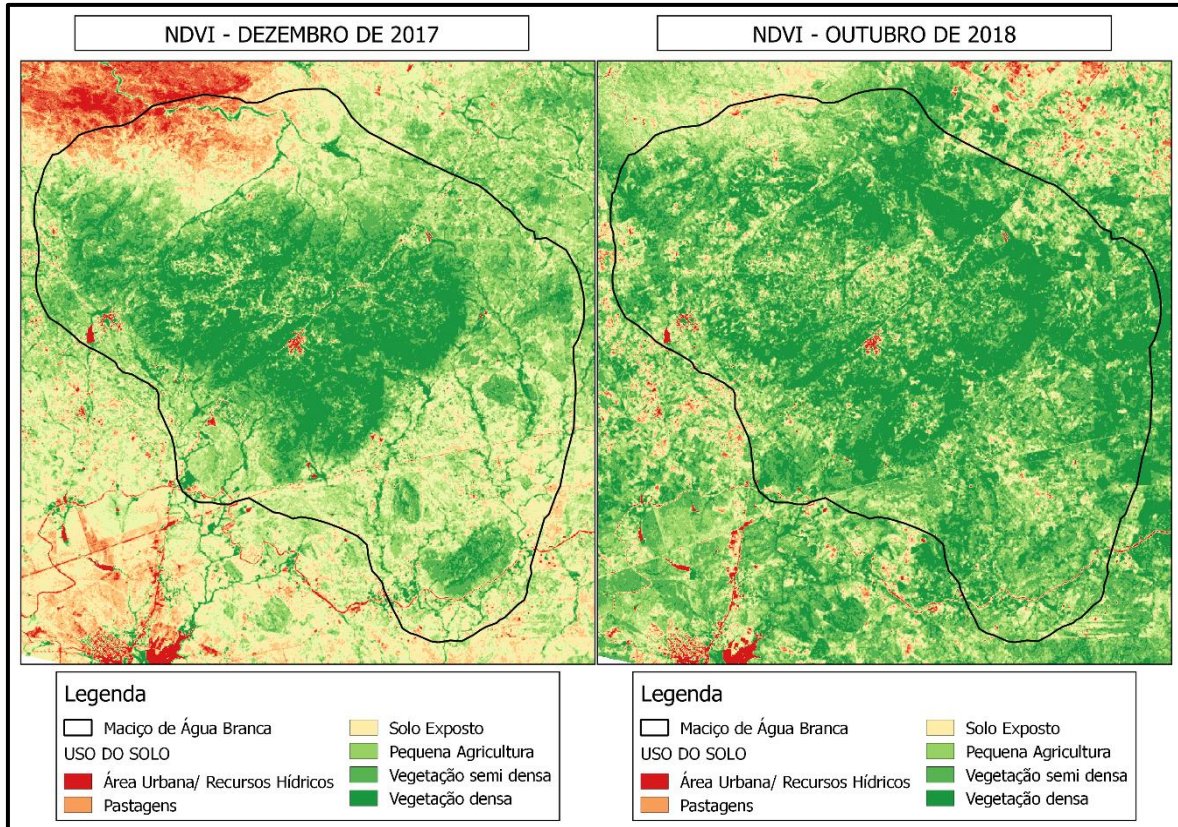
umidade e temperaturas mais baixas, formando áreas de exceção ou “ilhas verdes”, como preferem alguns autores (Brejos de Altitude).

Souza (2014), chama a atenção para a grande riqueza da biodiversidade nesses enclaves de floresta úmida, com grande acervo florístico e faunístico, e potencialmente agricultáveis, que ocorrem em espaços isolados que precisam ser encontrados, estudados e protegidos, e salienta sobre a importância de preservá-los, pois, sofrem sérios problemas devido a ocupação e ao uso desordenado dos recursos naturais.

O mapeamento de uso e cobertura da terra do Maciço de Água Branca foi realizado com o intuito de agregar essas novas informações com os resultados alcançados por meio do mapeamento geomorfológico e contribuir com a gestão e planejamento do território. Dessa forma, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto e outros Sistemas de Informações Geográficas, foram confeccionados mapas da cobertura da terra, onde foram estabelecidas as seguintes classes: área urbana/ recursos hídricos, pastagens, solo exposto, pequena agricultura, vegetação semi densa e vegetação densa (Figura 25).

Figura 25. Mapa de Uso e Cobertura da Terra em áreas do Maciço de Água Branca nos anos de 2013, 2015, 2017 e 2018.





As imagens foram selecionadas de acordo o baixo percentual de recobrimento de nuvens na área de estudo, para melhor precisão das informações e destaque dos períodos secos e chuvosos. **Fonte:** LANDSAT-8. **Organização:** SANTOS, J.P.A. (2020).

Com base nas imagens obtidas, percebe-se que a áreas de vegetação densa e semi densa apresentaram decréscimo na cobertura vegetal ao longo dos anos, embora no ano de 2018 os índices de vegetação se mostraram maiores. Percebeu-se também que os maiores índices de precipitações ocorrem nas partes mais elevadas do Maciço, o que consequentemente faz com que essas áreas sejam naturalmente mais vegetadas. É importante frisar, que mesmo sendo um ano pouco chuvoso, conforme o climograma referente ao ano de 2018 (Figura 3), percebeu-se um período de precipitações concentradas, principalmente entre os meses de outubro e dezembro deste ano, o que explica os valores elevados da vegetação para o cálculo NDVI na respectiva imagem.

Em contrapartida, pode ser observado um acréscimo das áreas de solo exposto, pastagens e pequena agricultura. O aumento de áreas de solos expostos pode estar associado aos vários desmatamentos e queimadas que ocorrem nessa região. Os anos de 2015 e 2017 foram anos relativamente mais secos, o que culminou no aumento de áreas expostas. Especificamente em 2015, têm-se a influência do fenômeno El Niño (MELO, 2014). A expansão das áreas agricultáveis pode ter relação com o Projeto do Canal do Sertão, pois o

mesmo bordeja áreas do Maciço, e, conseqüentemente, com a realização do Projeto, a utilização dos recursos hídricos tornou-se relativamente mais acessível, o que pode ter beneficiado a expansão das propriedades nas proximidades do Canal. Agricultura da área de estudo é basicamente de subsistência, praticada manualmente por moradores locais, embora em algumas propriedades pôde-se observar o uso de alguns aparatos tecnológico. Em 2018, muitos agricultores aproveitaram o bom período chuvoso para ampliar seus plantios. É importante frisar ainda, que a maioria das áreas do Maciço não são urbanizadas, como demonstrado no mapa de uso e cobertura da terra.

Relacionando tais informações às unidades cartografadas anteriormente, pode-se dizer de acordo com dados do Zoneamento Agroecológico de Alagoas (2013), que as áreas de cimeira apresentam cobertura vegetal do tipo Caatinga caducifólia nos espaços mais concentrados ao norte, sentido Mata Grande, e caatinga hiperxerófila densa mais ao oeste, sentido Pariconha (Figura 26), sendo que uma parte da área apresenta solos do tipo argissolos-vermelho-amarelos, e nas partes mais elavadas e onduladas encontram-se os cambissolos háplicos. O uso do solo se dá pela ação do pastoreio de bovinos e caprinos e agricultura de subsistência, cujas principais culturas cultivadas são as de feijão, milho e mandioca. De acordo com Parahyba (2007), uma das principais limitações ao uso agrícola nessas áreas é a alta suscetibilidade aos processos erosivos.

Figura 26. Vegetação densa na Unidade de Cimeira do Maciço de Água Branca.



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

Em relação as áreas de encosta dissecada, os dados do ZAAL (2013), demonstram que os solos de maior predominância nesta unidade são os cambissolos háplicos. Embora a mesma apresente áreas degradadas, com exposição da camada pedológica, há espaços com remanescentes de vegetação com aspecto de caatinga mais arbustiva (Figura 27). Já as áreas de encosta conservada apresentam solos do tipo cambissolos e argissolos e em alguns espaços podem ser observados neossolos e planossolos em direção a unidade pedimentar (ZAAL 2013).

Figura 27. Vegetação semi densa (arbórea arbustiva) em áreas de encosta do Maciço de Água Branca.



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

Conforme o ZAAL (2013), os solos que abrangem a unidade pedimentar foram caracterizados em planossolos háplicos, neossolos litólicos e neossolos regolíticos, com maior predominância do primeiro. A vegetação nessas áreas transita entre caatinga hiperxerófila e hipoxerófila, com espécies arbustivas e arbustivo-arbóreas. Semelhante a unidade de cimeira, o uso do solo nesta unidade também se caracteriza por atividades de agricultura de subsistência e pastoreio de animais, com áreas especificamente destinadas ao plantio de pastagens, para servir de alimento aos mesmos no período de estiagem. (Figura 28).

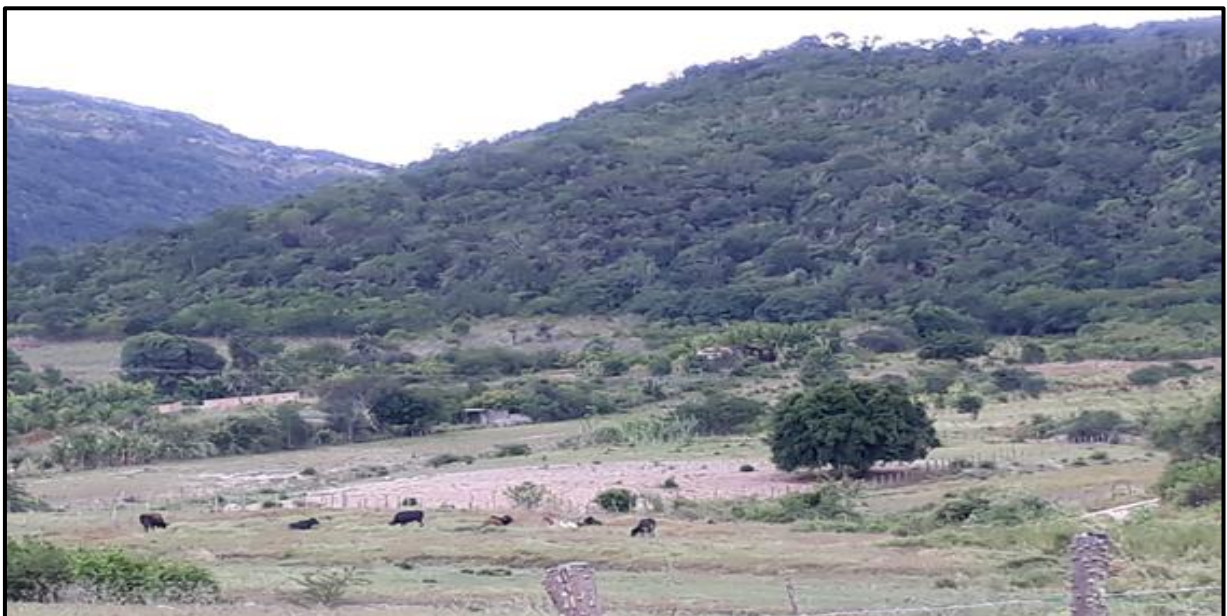
Figura 28. Pequena Agricultura na Unidade Pedimentar do Maciço de Água Branca.



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

A região colinosa apresenta cobertura vegetal formada por caatinga hiperxerófila, embora algumas áreas apresentem solos expostos. As colinas encontram-se em uma área formada por neossolos regolíticos, que de acordo com Parahyba (2007), são solos que possuem boa permeabilidade e fertilidade de média a alta, devido aos nutrientes envolvidos. Por isso, as atividades de agricultura se concentram nas intermediações das elevações onde o plantio é mais produtivo. (Figura 29).

Figura 29. Pequena criação de animais e áreas de pastagem na região colinosa do Maciço de Água Branca.



Fonte: o Autor (Janeiro de 2020).

O uso do solo nos plainos aluviais também se dá pela agricultura de subsistência, em algumas áreas, com plantações de hortaliças. É importante frisar que o uso desordenado dos recursos naturais nas áreas de plainos, como por exemplo a destruição das matas ciliares, pode contribuir para o aumento do risco de inundação e erosão nesses espaços.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento geomorfológico demonstrou-se uma importante ferramenta de análise e identificação para os fatos geomorfológicos que ocorrem no maciço estrutural de Água Branca e entorno. A utilização de técnicas de geoprocessamento com aplicação de parâmetros morfométricos, foram essenciais na individualização e descrição das unidades geomorfológicas. Na área, foi possível reconhecer as seguintes feições morfológicas: Cimeira Conservada; Encosta dissecada; Encosta conservada; Pedimento conservado; Inselbergue; Plauto aluvial; e Colina dissecada. Essas feições estão dispostas sobre as unidades Maciço estrutural de Água Branca e a Depressão Sertaneja.

O reconhecimento e mapeamento dos fatos geomorfológicos constitui um passo importante na promoção de planos de gestão territorial que tenham como premissa o uso da paisagem a partir do entendimento das suas limitações e potencialidades de uso pela sociedade.

A partir do mapeamento de uso e cobertura da terra foi possível identificar decréscimo da cobertura vegetal ao longo dos anos e um acréscimo de áreas destinadas a pequena agricultura e ao plantio de pastagens, bem como, notou-se que a área de estudo que compreende o Maciço é consideravelmente pouco urbanizada.

Com base no exposto, espera-se que as informações contidas neste trabalho, de caráter exploratório, contribuam com o planejamento das políticas públicas do município de Água Branca, bem como com o desenvolvimento de outros estudos que tenham como foco compreender a evolução da paisagem geomorfológica em contexto de Brejo de Altitude e de áreas controladas por processos de semiaridez, bem como as limitações naturais dessas áreas para o avanço das diferentes formas de uso da terra, historicamente marcada pelo exaustivo processo de degradação da cobertura vegetal do solo.

8 REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. **Pedimentos e Bacias Detríticas Pleistocênicas em São Paulo**. Geomorfologia. São Paulo, n.9, p. 1-12. 1969b.

AB'SABER, A. Z. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ABREU, A. A. **A Teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica**. Revista Brasileira de Geomorfologia. n. 2, 2003, p. 51-57.

ALBUQUERQUE, M. A. M. OLIVEIRA, A. G. **Os mapas da geografia e a geografia dos mapas: alguns recortes para análise**. Revista Ensino em Re-Vista, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 363-374, 2012.

ARAÚJO, E. B. B. **Análise espaço temporal com o suporte em geotecnologias da área de proteção ambiental Bonfim-Guaraibas/RN**. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro de Tecnologia - Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

ARCHELA, R. S. **Evolução histórica da cartografia no Brasil: instituições, formação profissional e técnicas cartográficas**. Revista Brasileira de Cartografia, n. 59, v.3, dezembro 2007.

ARGENTO, M. S. F. **Mapeamento geomorfológico**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos / Org., GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. – 8ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 365-390, 2008.

AUGUSTO, R. C. **A Cartografia de Paisagens e a perspectiva geossistêmica como subsídios ao planejamento ambiental**. Ver. Tamoios, São Gonçalo (RJ), ano 12, n. 1, 2016, p. 144-153.

BARROS, A.H.C.; ARAÚJO FILHO, J.C. de; SILVA, A.B. da; SANTIAGO. G.A.C.F. **Climatologia do Estado de Alagoas**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.211. Recife: Embrapa Solos, 2012, 32p.

BASTOS, F. H. R. P. MAIA. CORDEIRO, A. M. N. **Geomorfologia** - Fortaleza : EdUECE, 2015. 138 p.

BRITO NEVES BB, VAN SCHMUS WR, KOZUCH M, SANTOS EJ & PETRONILHO L. **A Zona tectônica Teixeira Terra Nova - ZTTN - Fundamentos da geologia regional e Isotópica**. Revista do Instituto de Geociências - USP Série Científica, v. 5 (1), 2005, p. 57-80.

BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; KOZUCH, M.; SANTOS, E. J. PETRONILHO, L. **A Zona Tectônica de Teixeira Terra Nova – ZTTN – Fundamentos da Geologia Regional e Isotópica**. Geol. USP Sér. Científica, v.5 (1), 2009, p. 57-80.

CALDAS, A. M. **Solos, antropização e morfometria da microbacia do Prata**. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

CARVALHO, G. A. LIMA, D. B. **Uso de Sensoriamento Remoto no Estudo do Brejo de Altitude da Serra Juá-Conceição- Camará, Caucaia/CE**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.7542.

CASSETI, Valter. Cartografia Geomorfológica. In: **Geomorfologia**, [S.l.]: [2005]. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 07/07/2018.

CAVALCANTI, L. C. S. **Geossistemas no Estado de Alagoas: uma contribuição aos estudos da natureza em geografia**. 2010. 137f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

CAVALCANTI, L.C.S. **Cartografia de Paisagens: Fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CHEREM, L.F.S. **Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio das Velhas-MG**. 111f. (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) Universidade Federal de Minas Gerais– UFMG, Belo Horizonte, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Aplicabilidade do conhecimento geomorfológico nos projetos de planejamento**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos / Org., GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. – 8ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008, p. 415-443.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1999.

CORRÊA, A. C. B. **Mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço da Serra da Baixa Verde, Pernambuco: estudo da relação entre a compartimentação geomorfológica e a distribuição dos sistemas geoambientais**. Recife: 1997. 183p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco.

DIAS, J. E. & GARCIA, J. M. P. **Aplicação do mapa de unidades geomorfológicas para fins de planejamento de uso e ocupação de territórios por meio da ferramenta de geoprocessamento: estudo de caso no município de Volta Redonda, RJ**. Revista Eletrônica Georaguaia. Barra do Garças - MT. V. 4, n.2, 2014, p 97 – 112.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

FLORENZANO, T.G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128p.

GREGORY, K.J. **A Natureza da Geografia Física**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992. 367p.

GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos / Org., GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. – 8ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008, p. 149-199.

IBGE. **Manual Técnico em Geomorfologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009, 175p.

JACOMINE, P. K. T. CAVALCANTI, A. C. PESSÔA, S. C. P. SILVEIRA, C. O. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do estado de Alagoas**. 562f. (Boletim Técnico, 35). Embrapa, Centro de Pesquisas Pedológicas. Recife, 1975.

KALISKI, A. D.; FERRER, T. R.; LAHM, R. A. **Análise temporal do uso do solo através de ferramentas de geoprocessamento - estudo de caso: município de Butiá/RS.** Revista eletrônica Para Onde - N.º 7 Julho – Dezembro de 2010, p. 45 – 60.

LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG.** São Paulo: Oficina de Textos. 2009. 424p

LE SANN, J. G. **O papel da cartografia temática nas pesquisas ambientais.** Revista do Departamento de Geografia, v. 16, São Paulo, 2005, p.61-69.

LIMA, A. MISSURA, R. **Mapeamento geomorfológico dos modelados de relevo da bacia hidrográfica do rio vaza barris.** In: XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016, Maringá, PR. Anais do XI Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2016.

LIMA, D. R. M. DLUGOSZ, F. L. IURK, M. C. PERSK, V. A. **Uso de NDVI e SAVI para caracterização da cobertura da terra e análise temporal em imagens rapideye.** Revista Espacios, v. 38, n 36, 2007, 7p.

LIMA, G. G. **Análise comparativa de metodologias de mapeamento geomorfológico na bacia do rio Salamanca, cariri cearense.** 120f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

LINS, R.C. **As áreas de exceção do agreste de Pernambuco.** Série Estudos Regionais. Recife: SUDENE/PSU/SER, 1989.

LIU, C. C. **Análise Estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao estado do Rio de Janeiro.** 157p. Tese de Doutorado - Programa de Pós-graduação em Geocências, Universidade de São Paulo, 1984.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. **Condicionamento estrutural do relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro.** Mercator, Fortaleza, v. 13, n. 1, 2014, p. 127-141.

MARQUES, A. L. **Refúgios Úmidos do Semiárido: Um estudo sobre o Brejo de Altitude de Areia-PB.** Revista GeoTemas, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, v.4, n.2, p.17-31, 2014.

MARQUES, J. S. **Ciência geomorfológica.** In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos / Org., GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. – 8ª Ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008, p. 23-45.

MARTINELLI, M. **As cartografias e os atlas geográficos escolares.** Revista da ANPEGE, v. 7, n 1, número especial, 2011, p. 251-260.

MARTINELLI, M. SALOMÃO GRAÇA, A. J. **Cartografia temática: uma breve história repleta de inovações.** Revista Brasileira de Cartografia, n 67/4, Rio de Janeiro, 2015, p. 913-928.

MARTINELLI, M. **Um breve apanhado sobre a breve história da cartografia temática.** 3º Simpósio Iberoamericano de História da Cartografia, São Paulo, 2010, 27p.

MASCARENHAS, J. C. BELTRÃO, B. A. SOUZA JUNIOR, L. C. **Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea do Estado de Alagoas**. 22f. (Diagnóstico do Município de Água Branca). CPRM: Recife, agosto/2005.

MELO, R. F. T. **Evolução geomorfológica em bases paleoclimáticas do maciço estrutural de Água Branca - al**. Tese (Doutorado em Geografia) – Depart. de Ciências Geográficas, Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife - PE, 2019. 197p.

MENDES, Vanildo Almeida (Org.) et al. **Geologia e recursos minerais do estado de Alagoas: escala 1:250.000**. Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2017. 113 p.

MOLION L.C.B. **Gênese do El Niño**. *Revista Brasileira de Climatologia*. 21:1-4. [Notas de Pesquisa]. 2017.

MONTE-MOR, R. C. A. **Análise de processos hidrológicos em bacias de rios intermitentes no semiárido mineiro**. 307p. Tese de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto. Princípios e Aplicações**. Editora Blucher, 3 ed., São Paulo, 2008.

PARAHYBA, R. B. V. PEREIRA LEITE. A. OLIVEIRA NETO. M. B. **Solos do Município de Água Branca Estado de Alagoas**. 4f. (Comunicado Técnico). Embrapa Solos: Rio de Janeiro, dezembro, 2007.

PERS, **Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Alagoas**. (Relatório Técnico), v.1, Eunápolis, BA, 2016.

PINTO, R. W. P. **Evolução da paisagem geomorfológica do rio grande: dinâmicas de dissecação e capturas de drenagem**. 155f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PONZONI, F. J., SHIMABUKURU, Y.E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação. São José dos Campos**: A. Silva Vieira, 2009. 127 p.

RIBEIRO, L. F. B. **Processos Exógenos na Elaboração do Relevo**. In: Dinâmica do Relevo: Quantificação de Processos Formadores. Org., HACKSPACHER, P. C. São Paulo: Editora UNESP, p. 53-87, 2011.

RIBEIRO, S.C., MARÇAL, M.S. & CORREA, A.C.B. **Geomorfologia de áreas semi-áridas: uma contribuição ao estudo dos sertões nordestinos**. *Revista de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco* 27(1). 2010, p.120-137.

RODRIGUES, S. C.; SOUZA, L. H. F. **Comunicação gráfica: bases conceituais para o entendimento da linguagem cartográfica**. GEOUSP: Espaço e Tempo. n 23, 2008, p. 65 - 76.

RODRIGUEZ, J.M.M.; SILVA, E.V. e CAVALCANTI, A.P.B. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 2 ed. Fortaleza. Edições UFC. 2007. 222p.

ROSS J.L.S. **O relevo brasileiro no contexto da América do Sul.** *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, v. 61., 2016, p. 21-58.

ROSS, J. L. S **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** *Revista do Departamento de Geografia*, n. 6, 1992.

ROSS, J.L.S. **Suporte da geomorfologia aplicada: os táxons e a cartografia do relevo.** In: *Simpósio Nacional De Geomorfologia*, 4, Anais UFMA, São Luis – MA, 2002.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. **Análise das incongruências dos índices de dissecação e rugosidade.** *Anais do VII Encontro Nacional de Geomorfologia*. Belo Horizonte, 2008.

SANTIAGO, M.M.; ALVES da Silva, H.; OLIVEIRA, T.H; GALVINCIO, J.D. **Análise da Cobertura Vegetal Através dos Índices de Vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no Entorno da Barragem do Botafogo-PE.** In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 14, 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009, p. 3003-3009.

SANTOS, D. S.; SILVA, V. P. R. SOUSA, F. A. S.; SILVA, R. A. **Estudos de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 14, 2010, p.492-500.

SANTOS, L. F. L. DIAS, M.S. SILVA, D. G. **Análise da influência climática antrópica na dinâmica do uso da terra na bacia do riacho Piancozinho PE/PB.** *Anais II CONIDIS*. v.1. Editora Realize, Campina Grande, 2017.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM (2007). Disponível em: < http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/sobre_geosgb.html > Acesso em Jul. de 2018.

SILVA, A. A. F. **Geoprocessamento aplicado à análise e mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São João-TO.** Porto Nacional, TO: UFT, 2010.35 p.

SILVA, D. G. **Evolução Paleoambiental dos Depósitos de Tanques em Fazenda Nova, Município de Brejo da Madre de Deus – Pernambuco.** 155p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Pernambuco, 2007.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. **A utilização de SIGs e técnicas de Geoprocessamento a partir de imagens da SRTM para a Compartimentação Geomorfológica da Bacia do Médio-Baixo Curso do Rio Araguari/MG.** *Caderno de Geografia*. v. 20, n 34, 2010.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. **Elaboração de um Tutorial de Cartografia Geomorfológica como alternativa para o ensino de Geomorfologia.** *Rev. Geogr. Acadêmica*, v.3, n.2, p. 85 – 94, 2009a.

SOUZA, A. S. ; FURRIER, M. ; VALADARES, D. N. ; NÓBREGA, W. R. ; SANTOS, A. D. G. . **A Geomorfologia: uma reflexão conceitual.** *Cadernos do Logepa*, v. 8, 2013, p. 37- 53.

SOUZA, Guilherme Marques de. **Modelagem ambiental para a delimitação de brejos de altitude com estudo de casos para os maciços da Aratanha, Maranguape, Juá e Conceição – estado do Ceará.** 139p. Dissertação de mestrado acadêmico – Universidade Estadual do Ceará, Centro de Ciências e Tecnologia, programa de pós-graduação em Geografia, Fortaleza, 2014.

SOUZA, M. J. N. OLIVEIRA, V. P. V. **Os Enclaves Úmidos e Sub-úmidos do Semiárido do Nordeste Brasileiro**. Mercator - Revista de Geografia da UFC, ano 05, número 09, 2006.

SOUZA, M.J.N. **Unidades geoambientais**. In: Alberto Alves Campos et al. (Org.) A zona costeira do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada. Fortaleza: AQUASIS, 2003.

Teodoro, V. L. I.; Teixeira, D.; Costa, D. J. L.; Fuller, B. B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, v.20, 2007, p.137-157.

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

VASCONCELOS, T. L.; SOUZA, S. F.; DUARTE, C. C.; MELIANI, P. F.; Araújo, M. S. B.; Corrêa, A. C. B. **Estudo morfodinâmico em área do semi-árido do Nordeste brasileiro: um mapeamento geomorfológico em micro-escala**. Revista de Geografia. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v.24, nº 3, 2007, p. 34-48.

VITTE, A. C. **Breves considerações sobre a história da geomorfologia geográfica no Brasil**. Geo UERJ - Ano 12, v.1, n 21, 2010.

VITTE, A. C. NIELMANN, R. S. **Uma introdução a história da geomorfologia no Brasil: a contribuição de Aziz Nacib Ab' Saber**. Revista (RBGF), v.2, n 1, Recife – PE, 2009, p. 41-50.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: sn, 2001. 228 p.

ZAAL. **Zoneamento Agroecológico de Alagoas**, 2013. Disponível em: <<http://www.ima.al.gov.br/servicos/downloads/download-de-dados-vetoriais/>> Acesso em Jul. de 2018.