



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
POSGRAP – PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGeo

VINÍCIUS HENRIQUE BARRETO SANTOS

**AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DO POTENCIAL E COMPORTAMENTO DA REDE
FLUVIAL NA DINÂMICA DA PAISAGEM DA SUB-BACIA DO RIO JACOCA/SE**

Cidade Universitária Prof. José Aloísio Campos

São Cristóvão–SE

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
POSGRAP – PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGE0

VINÍCIUS HENRIQUE BARRETO SANTOS

**AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DO POTENCIAL E COMPORTAMENTO DA REDE FLUVIAL NA
DINÂMICA DA PAISAGEM DA SUB-BACIA DO RIO JACOCA/SE**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-graduação em Geografia – PPGE0, da Universidade Federal de Sergipe – UFS, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Hélio Mário de Araújo.

Área de concentração: Produção e Organização do espaço.

Linha de pesquisa: Análise Geoambiental e Ordenamento do território.

Cidade Universitária Prof. José Aloísio Campos

São Cristóvão–SE

2025

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

S237a Santos, Vinícius Henrique Barreto
Avaliação morfométrica do potencial e comportamento da rede fluvial na
dinâmica da paisagem da sub-bacia do rio Jacoca/SE / Vinícius Henrique Barreto
Santos ; orientador Hélio Mário de Araújo. – São Cristóvão, SE, 2025.
148 f. : il.

Dissertação (mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe,
2025.

1. Geografia. 2. Bacias hidrográficas – Sergipe. 3. Dinâmica fluvial. 4.
Ecologia das bacias hidrográficas. 5. Avaliação paisagística. 6. Economia –
Aspectos sociológicos. I. Araújo, Hélio Mário de, orient. II. Título.

CDU 911.2:556.51(813.7)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



VINÍCIUS HENRIQUE BARRETO SANTOS

AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA DO POTENCIAL E COMPORTAMENTO DA REDE FLUVIAL NA
DINÂMICA DA PAISAGEM DA SUB-BACIA DO RIO JACOCA/SE

Dissertação de Mestrado submetida à apreciação da Banca Examinadora no dia 31 de março de 2025,
constituída pelos professores doutores:

Prof. Dr. Hélio Mário de Araújo
(Orientador)

Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO/UFS)

Profa. Dra. Carla Norma Correia dos Santos

Examinadora Titular Externa ao Programa, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Sergipe - IFS

Prof. Dr. Heleno dos Santos Macedo

Examinador Titular Externo ao Programa, da Universidade Federal de Sergipe

São Cristóvão/SE, março de 2025

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento não poderia deixar de começar com minha base familiar: meu pai, Alisson, homem honesto, que sempre trabalhou e proveu a casa, incluindo um de seus filhos, eu, das melhores condições materiais possíveis e por seus ensinamentos de caráter, nunca me permitindo ver/ouvir coisas que não são dignas de um verdadeiro pai. À minha mãe, Joseleide Alves Barreto Santos, matriarca familiar, todo respeito, carinho e amor por ter me dado à luz, me criado com amor e carinho e propiciado a vida que posso usufruir hoje, inclusive me permitindo chegar a esse momento.

Agradeço, também, porque não, ao meu irmão Guilherme, caçula e “pessoinha” que me inspirou em meu momento criativo, seja com brincadeiras, seja “dando as caras” e me animando em momentos de dificuldade.

Agradeço a todos professores, desde a educação básica até a graduação por seus ensinamentos e inspiração, em especial: ao Professor Evandro Portela, por me inspirar a gostar da ciência geográfica e a optar academicamente e profissionalmente; ao professor Givaldo Santos de Jesus, que por meio de suas “histórias” de superação, inspirou-me a buscar o meu lugar; à professora Diana Mendonça Carvalho, por sua tenacidade, prestatividade e dedicação ao ofício, fundamentais na caminhada de um profissional; à professora Katinei Santos Costa, por sua sinceridade e singeleza; e à professora Alberlene Ribeiro de Oliveira, por seu fazer pedagógico humano e crítico. Meu carinho especial a vocês. Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGEO e ao financiamento da bolsa pela Capes, pois isso me proporcionou a oportunidade de conseguir edificar a presente pesquisa com sucesso.

Agradeço também a familiares, como avós, tias, tios, colegas, que de alguma forma contribuíram deste a infância até aqui proporcionando aprendizagens e momentos de sociabilidade que me moldaram a ser o que sou hoje e também aos diferentes profissionais que me proporcionaram o “ócio” para me dedicar aos estudos e que são constantemente invisibilizados pela sociedade, a exemplo de: merendeiras, motoristas, faxineiros, vigias, garis, etc.

Agradeço ao meu orientador Hélio Mário de Araújo pela prestatividade, camaradismo e “puxões de orelha”, que, em que pese seu sabor amargo em alguns momentos, sem dúvida contribuíram para meu amadurecimento enquanto pesquisador. Seu perfeccionismo e suas observações sem dúvida contribuíram para que essa dissertação ficasse o melhor possível. Além disso, o senhor é uma pessoa muito engraçada e peculiar, diferente do que muitos pensam. Muito obrigado pela contribuição!!!

Também não poderia deixar de agradecer e contemplar ao meu irmão Romeu Oliveira Nascimento, irmão sem laços de sangue, mas com conectividade sem igual e comparável/superior a muitos irmãos “da mesma mãe e pai”, sem dúvidas a pessoa que mais me conhece e que divide comigo

alguns dos piores, mas também melhores momentos, esses sim, inesquecíveis. Muito obrigado por estar ao meu lado durante essa caminhada prestando as tuas ajudas, sei do teu caráter e do que você é capaz de entregar por uma pessoa que significa muito para você. Dedicatória especial a você, sucesso!!!

Por fim, agradeço a disponibilidade da banca avaliadora, pois sei que não é fácil encontrar tempo, mesmo para compromissos profissionais, em meio a esse caos do trabalho e da responsabilidade que a vida adulta imprime em nossas vidas.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Sub-bacia do Rio Jacoca – Localização geográfica, 2025.....	5
FIGURA 2: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Rede hidrográfica, 2025.....	6
FIGURA 3: Modelo geral de um sistema conforme Bólos (1992).....	16
FIGURA 4: Esquema do Geossistema inicial proposto por Georges Bertrand.....	29
FIGURA 5: Regiões hidrográficas brasileiras.....	39
FIGURA 6: Sergipe - Massas de ar atuantes e tipos climáticos do estado de Sergipe, 2014.....	43
FIGURA 7: Região Nordeste Brasil – Atuação do fenômeno VCAN em janeiro de 2024.....	44
FIGURA 8: Ribeirópolis – Pluviosidade anual, 2000 a 2021.....	46
FIGURA 9: Ribeirópolis – Precipitação média mensal, 2000 a 2021.....	46
FIGURA 10: Nossa Senhora das Dores – Climograma, 2020.....	47
FIGURA 11: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Geomorfologia, 2024.....	49
FIGURA 12: A: Serra do Itapicuru (N.S. Das Dores); B: Serra do Capunga. (Moita Bonita).....	50
FIGURA 13 A e B - Superfície dissecada em colinas e interflúvios tabulares, N.S. das Dores.....	52
FIGURA 14 A e B: Superfícies dissecadas em colinas e espigões no município de Moita Bonita.....	53
FIGURA 15 A, B e C: Cicatrizes no solo denominadas terracetes. Capunga (A e C); Massaranduba (B).....	54
FIGURA 16: Vista da superfície pediplanada em N. S. das Dores (A) e Ribeirópolis (B).....	54-55
FIGURA 17: Sergipe – Domínios geológicos, 2001.....	56
FIGURA 18: Faixa de Dobramentos Sergipana, Domínio Vaza-barris, 2022.....	57
FIGURA 19: Faixa de Dobramentos Sergipana, Estratigrafia do Grupo Miaba, 2011.....	58
FIGURA 20: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Litologia, 2024.....	59
FIGURA 21: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Aquíferos, 2024.....	61
FIGURA 22 A e B: Floresta estacional semidecidual nos períodos seco (A) e úmido (B).....	62
FIGURA 23 A e B: Floresta Estacional Semidecidual em Massaranduba, N. S. das D.....	63
FIGURA 24: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Vegetação, 2024.....	64
FIGURA 25: Vegetação de transição/contato-ecótonos (Agreste), povoado Esteios-Ribeirópolis.....	65
FIGURA 26: Representação esquemática das fitofisionomias de cerrado.....	65
FIGURAS 27 A, B, C E D: Juazeiro (A); Cajueiro (B); Umbuzeiro (C) e Dicurizeiro (D).....	66-67
FIGURA 27: Jurema (<i>Mimosa tenuiflora</i>).....	68
FIGURA 29: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Pedologia, 2024.....	69
FIGURA 30 A e B: Desembocadura do Rio Jacoca próximo ao povoado Borda da Mata, N. S. das Dores.....	71
FIGURA 31 A e B: Trechos da hidrografia do rio Jacoca protegidos por exíguas manchas de mata ciliar.....	73
FIGURA 32: Canal intermitente seco nas proximidades do povoado Capunga- Moita Bonita.....	73
FIGURA 33 A e B: Trecho do rio com água de coloração escura, povoado Borda da Mata - N.S. das D (A); Trecho de colocação barrenta – povoado Massaranduba, N. S. das D (B).....	74
FIGURA 34: Trecho no curso superior próximo a nascente do rio Jacoca no povoado Fazendinha – Ribeirópolis.....	75
FIGURA 35: Trecho do alto curso da sub-bacia do rio Jacoca no município de Moita Bonita.....	76

FIGURA 36: Trecho nas proximidades do baixo curso do rio Jacoca no povoado Massaranduba (Dores).....	76
FIGURA 37 A e B: Trechos do rio Jacoca poluídos por sacos e outros tipos de materiais sólidos.....	77
FIGURA 38: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Uso e ocupação das terras, 2024.....	79
FIGURA 39 A, B, C, D: Produtos da lavoura temporária na sub-bacia do Jacoca, destacando-se: Batata-doce (A); Mandioca (B); Amendoim (C) e Palma (D).....	81-82
FIGURA 40 A e B: Criação do gado da raça Nelore em Itapicuru (A) e Capunga (B).....	85
FIGURA 41 A, B e C: Tanques de dessedentação (A e B); Trecho do rio Jacoca em propriedade (C).....	86
FIGURA 42: Plantação de milho voltado ao consumo do gado em Esteios – Ribeirópolis.....	87
FIGURA 43: Redes de fiação elétrica atravessando o povoado Massaranduba/Nossa Senhora das Dores.....	88
FIGURA 44 A e B: Alguns dos trechos de estradas vicinais e rodovias estaduais que são abrangidos pela sub-bacia visualizados pelo <i>Google Earth</i> . A) Povoado Fazendinha; B) Rodovia SE/339.....	88
FIGURA 45: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Hierarquia fluvial, 2024.....	92
FIGURA 46: Tanque utilizado para irrigação agrícola, N. S. das Dores.....	96
FIGURA 47 A e B: Trechos meandranes do rio Jacoca com baixo índice de sinuosidade sugerindo tipologias transicionais. Massaranduba, N. S. das Dores (A); Moita Bonita (B).....	98
FIGURA 48 A e B: Trecho no curso superior próximo a nascente do rio Jacoca, povoado Fazendinha; B: Rio Jacoca no seu baixo curso – N. S. das Dores.....	101
FIGURA 49: Perfil Longitudinal do Rio Jacoca.....	102
FIGURA 50: Trecho de canal intermitente seco, N.S. das Dores.....	104
FIGURA 51: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Relevo sombreado, 2024.....	112
FIGURA 52: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Modelo Digital de Elevação (MDE).....	115
FIGURA 53 A e B: Relevo do pediplano sertanejo. A: Fazendinha – Ribeirópolis; B: Esteios – Ribeirópolis.....	117
FIGURA 54: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Declividade, 2024.....	118
FIGURA 55 A e B: Relevos de média declividade, N.S. das Dores.....	119
FIGURA 56: Colinas suaves com baixa amplitude altimétrica, N. S. das Dores.....	121
FIGURA 57: Relevo plano a suavemente ondulado, N.S. das Dores.....	122
FIGURA 58: Curva hipsométrica da sub-bacia do rio Jacoca, 2024.....	123

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Variáveis da análise morfométrica, 2024.....	8
QUADRO 2 – Definição das classes de uso e ocupação, 2024.....	12
QUADRO 3: Parâmetros da Análise da hierarquização fluvial, 2025.....	91
QUADRO 4: Resultados obtidos para os aspectos lineares, 2025.....	93-94
QUADRO 5: Resultados obtidos para os aspectos areais, 2025.....	103
QUADRO 6: Resultados obtidos para os aspectos hipsométricos, 2025.....	111

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Ribeirópolis (média 2018-2022); Nossa Senhora das Dores (2010-2012) e Moita Bonita (2011-2015) - Produção dos principais produtos da lavoura temporária e permanente.....	80
TABELA 2: Efetivos dos principais rebanhos do município de Ribeirópolis, média entre 2018-2022.....	83
TABELA 3: Efetivos dos principais rebanhos do município de Moita Bonita, média entre 2011-2015.....	84
TABELA 4: Efetivos dos principais rebanhos do município de N. S. das D., média entre 2010-2012.....	84

RESUMO

Estudos de parâmetros morfométricos são fundamentais para o entendimento da paisagem geomorfológica, sua evolução e dinâmica ao fornecerem reconhecimento de elementos geomórficos típicos para a caracterização de áreas sob a influência de atividades de natureza tectônica e a possibilidade de distingui-las das erosivas. Assim, na avaliação do comportamento hidrográfico de uma bacia de drenagem, além das características topográficas do ambiente e outras variáveis do meio físico natural, e das formas de uso e ocupação das terras, faz-se necessário expressar as características quantitativas como forma de esclarecer a resposta dos sistemas de drenagem às condições ambientais interativas. Neste contexto, a presente pesquisa, em termos gerais, visou aplicar parâmetros morfométricos fluviais na sub-bacia hidrográfica do rio Jacoca, para avaliação do potencial e comportamento da rede de drenagem na dinâmica da paisagem, associando ao processo de uso e ocupação das terras. A sub-bacia está inserida no Território Agreste Central e Nossa Senhora das Dores, integrante do Território Médio Sertão Sergipano. Para cumprimento dos objetivos delineados, buscou-se suporte nas abordagens sistêmica e morfométrica quantitativa, para entendimento dos fenômenos de forma integrada, com procedimentos investigatórios conduzidos em três etapas distintas: levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros; trabalho de gabinete, com análise laboratorial e trabalho de campo, com registro fotográfico. Os resultados desse estudo mostram que a aplicação de parâmetros morfométricos na avaliação do comportamento da rede de drenagem na paisagem, reveste-se de fundamental importância na medida em que contribui para a indicação de como se deve distribuir os usos e ocupação das terras em relação à disponibilidade hídrica. Pelas características da rede de drenagem da sub-bacia do Rio Jacoca (perfis longitudinais de curtas extensões e intermitência de regimes), é imperativa a necessidade de racionalizar o uso e preservar as áreas de cabeceiras de drenagem, a fim de evitar a intensificação do assoreamento dos canais fluviais, que podem rebater no canal principal interferindo na competência e capacidade das águas. A propósito, observou-se que tanto as atividades econômicas desenvolvidas nos moldes capitalistas, quanto o desmatamento desenfreado para formação de pastagens e as culturas agrícolas implementadas no meio rural, impactam em graus variados na rede de drenagem, principalmente nos médio e baixo cursos da sub-bacia do Rio Jacoca. Portanto, urge-se pensar em estratégias de manejo e conservação pautadas na análise sistêmica para melhor integrar a natureza com a sociedade e que promovam a sustentabilidade entre a ocupação e as formas de uso do solo com as condicionantes geoambientais. O direcionamento morfométrico a partir do que os índices revelaram, neste caso, se mostra útil para auxiliar na avaliação geoambiental e, assim, contribuir para o processo eficaz de gerenciamento do território de abrangência da sub-bacia do Rio Jacoca.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica; Morfometria fluvial; Elementos físico-naturais; socioeconomia; Rio Jacoca.

ABSTRACT

Studies on morphometric parameters are essential for understanding the geomorphological landscape, its evolution, and dynamics, as they provide recognition of typical geomorphic elements for characterizing areas under the influence of tectonic activities and distinguishing them from erosive ones. Thus, in evaluating the hydrographic behavior of a drainage basin, in addition to the topographic characteristics of the environment and other variables of the natural physical setting, as well as land use and occupation patterns, it becomes necessary to express quantitative characteristics to clarify how drainage systems respond to interactive environmental conditions. In this context, the present research aimed, in general terms, to apply fluvial morphometric parameters to the Jacoca River sub-basin to assess the potential and behavior of the drainage network within the landscape dynamics, in association with land use and occupation processes. The sub-basin is located within the Agreste Central and Nossa Senhora das Dores Territory, part of the Médio Sertão Sergipano Region. To achieve the defined objectives, the study adopted a systemic and quantitative morphometric approach to understand the phenomena in an integrated manner. The research procedures were conducted in three distinct stages: a bibliographic survey and collection of cartographic documents and other records; office work involving laboratory analysis; and fieldwork with photographic documentation. The results of this study demonstrate that the application of morphometric parameters to evaluate drainage network behavior in the landscape is of fundamental importance, as it helps indicate how land use and occupation should be distributed concerning water availability. Given the characteristics of the Jacoca River sub-basin's drainage network—such as short longitudinal profiles and intermittent flow regimes—it is imperative to rationalize land use and preserve headwater areas to prevent the intensification of siltation in river channels, which could affect the main channel's capacity and flow competence. Notably, both capitalist-modeled economic activities and uncontrolled deforestation for pasture formation and agricultural practices in rural areas have varying impacts on the drainage network, especially in the middle and lower sections of the Jacoca River sub-basin. Therefore, it is urgent to devise management and conservation strategies grounded in a systemic analysis to better integrate nature with society and promote sustainability between land use and geoenvironmental conditions. The morphometric guidance revealed by the indices in this study proves useful in supporting geoenvironmental assessment and thereby contributes to the effective territorial management of the Jacoca River sub-basin.

Keywords: Watershed; Fluvial Morphometry; Physical-natural elements; Socioeconomics; Jacoca River.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
Contexto geográfico da sub-bacia.....	3
Etapas e procedimentos técnicos e operacionais.....	7
Etapa 1 - Levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros.....	7
Etapa 2 - Trabalho de gabinete, com análise laboratorial.....	7
Etapa 3 - Trabalho de campo, com registro fotográfico.....	12
1.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL E METODOLÓGICA	15
1.1 - A Teoria dos Sistemas e Análise morfométrica quantitativa como abordagens metodológicas.....	15
1.2 - A categoria paisagem como produto de relações complexas.....	25
1.3 - Bacias hidrográficas, planejamento e gestão dos recursos hídricos.....	32
2.ELEMENTOS FÍSICO-NATURAIS E OS TENSORES ANTRÓPICOS NA CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM	42
2.1 - Dinâmica climática.....	42
2.2 - Geomorfologia.....	48
2.3 - Geologia e Hidrogeologia.....	56
2.4 - Vegetação.....	62
2.5 - Características e distribuição dos solos.....	68
2.6 – Hidrografia.....	71
2.7 - Uso e ocupação das terras.....	77
3. ANÁLISE MORFOMÉTRICA E TOPOLÓGICA	90
3.1 - Hierarquia Fluvial.....	90
3.2 - Aspectos lineares.....	93
3.3 - Análise areal.....	102
3.4 - Análise hipsométrica.....	110
CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
REFERÊNCIAS	127

INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são definidas como áreas delimitadas por divisores topográficos que drenam o escoamento das águas para um ponto em comum, geralmente um rio principal ou corpo d'água receptor. Essas áreas compreendem um sistema integrado composto por diversos elementos, como os canais de drenagem, as áreas de cabeceira, os interflúvios, os solos, a vegetação e uso e ocupação das atividades humanas.

Além de desempenharem papel fundamental na manutenção dos ciclos hidrológicos, as bacias hidrográficas apresentam grande relevância socioeconômica, haja vista que suas características influenciam na disponibilidade dos recursos hídricos, na fertilidade dos solos e em condições ambientais que são fundamentais para a vida humana.

Como sistemas abertos, as bacias hidrográficas recebem múltiplas influências de outros sistemas e podem ter sua dinâmica alterada pela mínima intervenção em qualquer uma de suas partes. Daí a necessidade de discutir academicamente a problemática, pensando as bacias hidrográficas como instrumento de planejamento e gestão dos recursos naturais/ambientais por serem conjuntos complexos formados pela interação entre componentes bióticos e abióticos.

Neste sentido, a interação entre os elementos naturais das bacias hidrográficas e as ações humanas desempenham papel fundamental na dinâmica paisagística. Atividades antrópicas, como desmatamento, expansão agrícola e uso intensivo dos recursos naturais muitas vezes resultam impactos negativos na rede de drenagem, incluindo-se assoreamento, redução da recarga hídrica e a degradação de áreas de nascentes. Essas ações, quando sem sustentabilidade, comprometem não apenas o equilíbrio hidrológico, mas também a dos ecossistemas e os benefícios extraídos pela sociedade.

O reconhecimento da bacia hidrográfica como unidade geomorfológica fundamental provém de longa data e se encontra marcado nos trabalhos do engenheiro hidráulico R. E. Horton, nos quais, desde 1945, detecta-se a abordagem quantitativa das bacias de drenagem, onde se percebe o relacionamento entre as formas e os processos reconhecidos no presente como o cerne da Geomorfologia Fluvial *hodierna*.

Atualmente, na esfera do planejamento e gestão, a avaliação do potencial de recursos hídricos superficiais já se faz sentir, notadamente pelo uso dos dados morfométricos, induzindo satisfatoriamente a pesquisa para o campo da análise dinâmica da paisagem, favorecida pela caracterização flúvio-morfológica das bacias hidrográficas nela contidas.

Nesse viés, a aplicação de parâmetros morfométricos se torna indispensável para compreensão e avaliação da resposta das bacias hidrográficas às pressões ambientais a que estão submetidas e às

atividades humanas. Esses parâmetros permitem analisar características quantitativas, como densidade de drenagem, o coeficiente de compacidade, forma da bacia e os perfis longitudinais dos rios, fornecendo subsídios importantes para identificar as vulnerabilidades e potencialidades das bacias. Demais disso, tais análises auxiliam no planejamento territorial e na formulação de estratégias de manejo ambiental, integrando a preservação de recursos naturais com o uso sustentável dos solos e da água.

Não é sem razão que Machado e Torres (2012), ressaltam a importância do uso de parâmetros morfométricos como alternativa metodológica para entendimento do funcionamento, fragilidades e potencialidades de uma bacia hidrográfica. Os índices morfométricos servem de auxílio nas análises mais complexas, revelando o comportamento das variáveis que afetam a dinâmica hidrosedimentológicas de uma bacia hidrográfica e que impactam no uso e ocupação das terras e no equilíbrio do sistema.

Nessa perspectiva, sendo o rio Jacoca um dos mais importantes afluentes da margem direita do rio Sergipe na faixa de transição climática entre o Agreste e o Sertão, tornou-se relevante e imperativa a necessidade de aplicar a abordagem morfométrica quantitativa associada a teoria sistêmica, pelo pioneirismo no contexto do território da bacia hidrográfica e da importância econômica desempenhada pela produção das atividades agropecuárias ao longo do tempo histórico, que impôs novas configurações socioespaciais, com saldos ambientais de degradação que mereciam um olhar geográfico prevendo cenários futuros.

A sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca é permeada de desafios comuns a todos os sistemas fluviais brasileiros, entretanto, em seu contexto territorial existem algumas peculiaridades que mereciam ser analisadas, visto que a pressão exercida pelas atividades agropecuárias ao longo do tempo histórico, tem acarretando impactos nas funções ecossistêmicas da sub-bacia. Soma-se a esse aspecto, a poluição hídrica através dos efluentes domésticos e industriais e frequência do desmatamento para dar lugar às pastagens possibilitando a extinção de nascentes, o assoreamento dos canais e a erosão do solo, bem como a contaminação da água pelos dejetos animais e produtos químicos (fertilizantes e agrotóxicos), limitando tanto o potencial ecológico quanto econômico da área.

Situações que tais revelam que os estudos dos impactos causados pelas intervenções antrópicas acabam sendo o ponto de partida para entender o comportamento das águas, sendo a bacia hidrográfica uma possibilidade de recorte espacial ideal para estudos do comportamento hídrico das diversas redes hidrográficas espalhadas mundo afora, pelo fato de apresentarem dinâmica própria e complexa.

Baseado no exposto, a presente pesquisa visou aplicar parâmetros morfométricos fluviais na sub-bacia do Rio Jacoca, para avaliação do potencial e comportamento da rede de drenagem da paisagem associando ao processo de uso e ocupação do solo. De modo específico priorizou: a) caracterizar os elementos físico-naturais enfatizando suas potencialidades, restrições de uso e o

rebatimento no comportamento da rede fluvial na dinâmica da paisagem e; b) aplicar parâmetros morfométricos fluviais como elementos básicos para o cálculo de índices, relações e valores fundamentais na interpretação da rede de drenagem, na perspectiva de subsidiar a atividade de planejamento e gestão territorial/ambiental.

Para compreensão da proposta investigativa, a dissertação está estruturada em capítulos, como segue:

Em caráter introdutório, apresenta-se um panorama geral sobre o tema abordado, sequenciado pela justificativa, objetivos, localização geográfica do objeto e as etapas dos procedimentos técnicos e operacionais.

O **capítulo 1** aborda o método aplicado nos estudos integrados da natureza e as bases teórico-conceituais de sustentação à investigação do objeto, contemplando os seguintes tópicos: A teoria dos sistemas e Análise morfométrica quantitativa como abordagens metodológicas; A categoria paisagem como produto das relações complexas e, Bacias hidrográficas, planejamento e gestão dos recursos hídricos.

O **capítulo 2** apresenta os elementos físico-naturais na dinâmica ambiental da sub-bacia, de fundamental importância para a compreensão do comportamento da rede fluvial no processo evolutivo da paisagem.

O **capítulo 3** trata da aplicabilidade dos parâmetros morfométricos como forma de expressar as características quantitativas e de esclarecer a resposta do sistema de drenagem às condições ambientais interativas no território da sub-bacia.

Nas considerações finais, enfatiza-se, entre outros aspectos, a necessidade de se pensar em estratégias de manejo e conservação dos recursos naturais em áreas específicas do território da sub-bacia que promovam a sustentabilidade entre a ocupação e formas de uso do solo com as condicionantes geoambientais. Para isso, o emprego de variáveis morfométricas auxiliará na avaliação ambiental, direcionando o gerenciamento e ordenamento do território da sub-bacia.

CONTEXTO GEOGRÁFICO DA SUB-BACIA

A sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca localiza-se entre as coordenadas geográficas de 10° 30' 18" e 10° 35' 10" de latitude S e 37° 22' 58" e 37° 13' 34" de longitude W. O Rio Jacoca, curso principal da sub-bacia que lhe empresta o nome, afluente da margem direita do Rio Sergipe, nasce a cerca de 300 m de altitude, na Serra do Machado, em terras do município de Ribeirópolis e, após percorrer 36 Km de extensão deságua no Rio Sergipe em forma de estuário e sob um regime de drenagem endorreica no município de Nossa Senhora das Dores.

A sua área geográfica é de aproximadamente 86,85 km², abrangendo terras parciais dos municípios de Ribeirópolis e Moita Bonita, inseridos no Território Agreste Central e Nossa Senhora das Dores, integrante do Território Médio Sertão Sergipano (Figura 1).

A área da sub-bacia está compreendida na faixa de transição climática entre o Agreste e o Sertão, por isso apresenta dois tipos climáticos cuja transição ocorre de leste a oeste, havendo um decréscimo no volume de precipitação e quantidade de meses chuvosos, saindo do clima sub-úmido para o clima semiárido brando, com até 6 meses secos. Os índices pluviométricos não ultrapassam os 800 mm anuais, com períodos chuvosos nos meses de maio a agosto. As temperaturas são elevadas, com médias térmicas de 24,3°C. (EMDAGRO, 2022).

Diversas formações geológicas do Domínio Vaza-Barris, Grupo Miaba, abrangem o substrato rochoso da sub-bacia com litologias do embasamento cristalino, majoritariamente metamórficas, como as metagrauvas, metaconglomerados, filitos, etc.

O arcabouço geomorfológico da área compreende os maciços residuais e o pediplano sertanejo. O pediplano sertanejo formado por terrenos erodidos e de baixas altitudes, é a unidade do relevo predominante na sub-bacia, apresentando colinas com topos arredondados e planos. No cenário morfológico-paisagístico também se destacam, com as maiores elevações altimétricas, as serras residuais, a exemplo das serras do Machado e do Capunga (Souza, 1982).

A fitofisionomia, regionalmente é conhecida como vegetação de agreste, apresentando variações ora florestais de resquícios de mata-atlântica semidecidual, ora arbustivas e campestres, semelhantes ao cerrado. Algumas das espécies mais tradicionais encontradas na área são o Cajueiro (*Anacardium occidentale*), a Palmeira Dicuri (*Syagrus coronatae*) e as Juremas (*Mimosa tenuiflora*).

Os cursos d'água apresentam padrão dendrítico, mostrando pouco controle estrutural e homogeneidade litológica. Os perfis longitudinais são de curtas extensões, com regimes, em sua maioria, temporários ou intermitentes. Os açudes são bastante utilizados para a irrigação e dessedentação de animais. As águas captadas para abastecimento humano, são transportadas por caminhões pipas, sobretudo no verão, estação mais seca onde a população possui dificuldades de acesso ao recurso (Figura 2).

As atividades vinculadas ao setor primário da economia estão voltadas para o abastecimento local e comercialização em feiras próximas. Destaca-se a criação do rebanho bovino, galináceos, muares e suínos. Na agricultura, predomina o policultivo de culturas com ciclo vegetativo curto, destacando-se na produção o milho, amendoim, inhame, batata doce, macaxeira, batatinha, hortaliças, feijão e fava. Na mecanização agrícola, utiliza-se água dos poços artesianos e afluentes do rio Jacoca, principalmente nos períodos chuvosos.

FIGURA 1: Sub-bacia do Rio Jacoca – Localização geográfica, 2025.

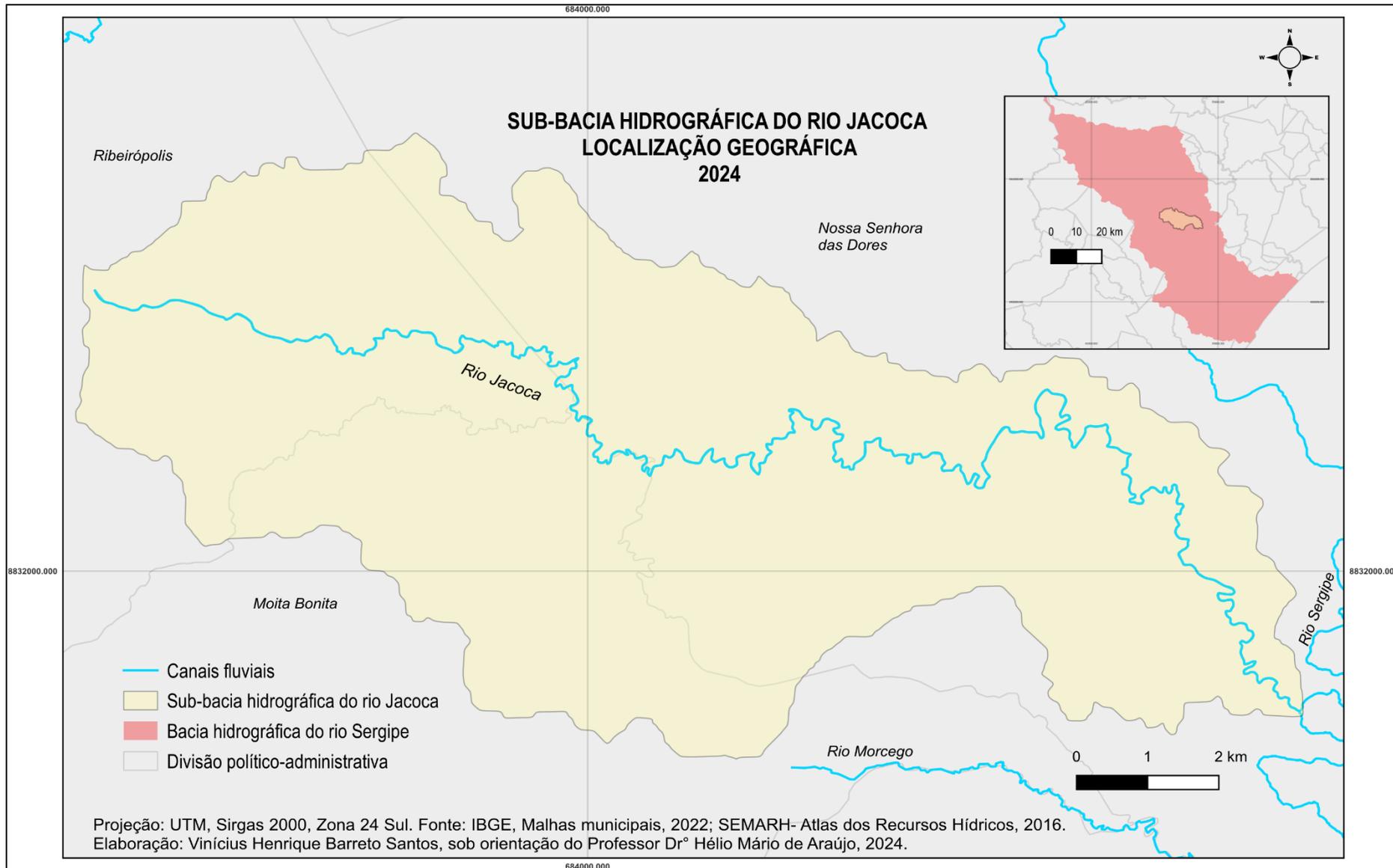


FIGURA 2: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Rede hidrográfica, 2025.



ETAPAS E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS OPERACIONAIS

Na realização da pesquisa, os procedimentos investigatórios foram conduzidos em três etapas distintas: levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros; trabalho de gabinete, com análise de laboratório e trabalho de campo, com registro fotográfico, conforme detalhamento a seguir:

ETAPA 1 - Levantamento bibliográfico e de documentos cartográficos e outros registros

Essa etapa consistiu no levantamento do material bibliográfico indispensável aos fundamentos teórico/conceituais e metodológicos de sustentação científica da pesquisa, onde priorizou-se leituras baseadas nas abordagens sistêmica e morfométrica quantitativa enfatizando as categorias analíticas *paisagem, bacias hidrográficas e recursos hídricos*, veiculadas nos artigos científicos, livros e capítulos, monografias e outras fontes informativas que discorreram sobre a temática proposta, a exemplo de relatórios técnicos de pesquisa. Como suporte de apoio para a sistematização do conhecimento nessa fase, acessou-se ao Repositório Institucional e Base de Dados da Universidade Federal de Sergipe, de modo específico a página da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações local – BDTD/UFS e nacional – BDTD/IBCT, além da consulta ao Sistema Integrado de Bibliotecas da UFS - SIBIUFS.

Em órgãos governamentais da administração pública, fez-se o levantamento da cartografia disponível em bases digital e analógica sobre diferentes épocas e escalas (mapas, cartas), além das imagens de satélite disponíveis para subsidiar na análise dos elementos físico-naturais e ordenação fluvial da sub-bacia do Rio Jacoca. Entre os principais órgãos de referência estão, a Secretaria de Estado Geral de Governo - SEEG, através da Superintendência Especial de Planejamento, Monitoramento e Captação de recursos – SUPEPLAN/Observatório de Sergipe, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e a Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH/SE), entre outros.

ETAPA 2 - Trabalho de gabinete, com análise laboratorial

Nesta etapa, fez-se o estudo quantitativo/analítico da sub-bacia do rio Jacoca baseado no critério proposto por Strahler (1952) com a aplicação de 26 índices e parâmetros morfométricos, conforme sugere Christofletti (1980), e pesquisadores sucessores que adotando sua referência na aplicabilidade da metodologia realizaram estudos empíricos em diferentes níveis escalares sobre as mais diversas realidades (Florenzano, 2008; Machado; Torres, 2012; Santos; Ladeira; batezelli, 2019; Cherem *et al.*, 2020; Manosso, 2020; Lima; Menezes; Silva; Monteiro, 2022).

A aplicabilidade teve início com a ordenação da sub-bacia para estabelecer a hierarquia fluvial (*ordem dos canais, magnitude fluvial, frequência de ligamentos*), seguindo com o processamento dos

aspectos lineares (*relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre o índice de comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, comprimento do rio principal, extensão do percurso superficial, gradiente dos canais*), aspectos areais (*área da bacia, comprimento da bacia, relação entre o comprimento do rio principal e a área e a área da bacia, forma da bacia, densidade de rios, densidade de drenagem, densidade de segmentos, coeficiente de manutenção, índice de sinuosidade*) e aspectos hipsométricos (*curva hipsométrica, cota mais alta e mais baixa, amplitude altimétrica, relação de relevo, índice de rugosidade*), conforme definição e fórmulas matemáticas expostas no Quadro 1.

QUADRO 1: Variáveis da análise morfométrica, 2024.

ANÁLISE MORFOMÉTRICA	
VARIÁVEIS	DEFINIÇÃO / FÓRMULA
Ordem	Classificação do curso d'água segundo a proposição de Strahler
Magnitude	A magnitude fluvial se refere ao número total de segmentos de canais de drenagem.
Frequência de ligamentos	É dado pela frequência de ligamentos igual ao total de ligamentos multiplicado pela área da bacia, ou seja, $F = 2n - 1A$.
Relação de bifurcação	Corresponde a: $R_b = N_u / N_{u+1}$. Essa relação (R_b) é igual ao número de segmento de determinada ordem (N_u) dividido pelo número de segmentos da ordem diretamente superior (N_{u+1}).
Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem (km)	Refere-se a aplicação de $L_m = L_{m_u} / L_{m_{u-1}}$, o resultado (L_m) é igual ao comprimento médio dos canais (L_{m_u}) dividido pelo comprimento da ordem diretamente inferior ($L_{m_{u-1}}$).
Relação entre o índice do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação (km)	Calculado pela relação índice do comprimento médio entre duas ordens subsequentes dividido com a relação de bifurcação entre as mesmas ordens.
Comprimento do rio principal (km)	Refere-se ao curso de água mais longo, medido da nascente até a desembocadura segundo Shreve.
Extensão do percurso superficial (km)	Dada a extensão do percurso superficial (E_{ps}) igual a um dividido como valor da densidade de drenagem (D_d), ou seja, $E_{ps} = 1 / 2 D_d$.
Relação do equivalente vetorial	É o resultado obtido entre a grandeza média do equivalente vetorial de determinada ordem (E_{v_u}) dividido pela grandeza média dos equivalentes vetoriais de ordem diretamente inferior ($E_{v_{u-1}}$), simplificado em $Rev = E_{v_u} / E_{v_{u-1}}$.
Gradiente dos canais	Constituído na relação dos gradientes igual a declividade média dos canais de determinada ordem (G_{c_u}) dividido pela declividade média dos canais de ordem imediatamente superior ($G_{c_{u+1}}$) a partir da fórmula, $R_{gc} = G_{c_u} / G_{c_{u+1}}$.
Perfil Longitudinal	É a representação gráfica que ilustra a variação de altitude ao longo do curso do rio, desde sua nascente até a foz.
Área da bacia (km²)	Diz respeito a toda a área drenada pela bacia hidrográfica.
Comprimento da bacia (km)	Relação da distância entre a desembocadura e o ponto mais alto localizado no perímetro da bacia.
Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia (km/km²)	Para a obtenção de (L) é necessário utilizar-se da seguinte expressão: $L = 1,5 \cdot A^{0,6}$, onde: L = Comprimento do rio principal, em Km e A = área da bacia, em Km ² .
Forma da bacia	Segundo a proposta feita por V.C. Miller, em 1953, a forma da bacia consiste na relação existente entre a área da bacia e a área do círculo de mesmo perímetro. A partir de: $I_c = A / AC$, índice de circularidade (I_c) igual a área da bacia (A) dividido pela área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada (AC).
Densidade de rios (km)	Corresponde à relação existente entre o número de rios ou cursos de água e a área da bacia hidrográfica. Descrita em: $D_r = N / A$, onde a

	densidade dos rios é igual ao número total de cursos d'água dividido pela área bacia.
Densidade de drenagem (km)	Aplica-se a seguinte fórmula: $Dd = L_t / A$. A densidade de drenagem (Dd) é igual ao comprimento total dos canais (L_t) dividido pela área da bacia (A).
Densidade de segmentos	É a quantidade de segmentos existente em determinada bacia hidrográfica por unidade de área. Calculado por $F_s = \sum n_i / A$, onde: número de segmento de determinada ordem (n_i) é dividido pela área da bacia (A).
Coefficiente de manutenção	Calculado por $Cm = 1 / Dd \cdot 1000$, onde, o resultado (Cm) é igual a um dividido pelo valor da densidade de drenagem (Dd) multiplicado por 1000.
Índice de sinuosidade	Relação entre o comprimento do canal e a distância do eixo do vale. A partir do valor de 1,5 é considerado para determinar se o curso d'água é meândrico.
Curva Hipsométrica	Para a elaboração do gráfico da curva hipsométrica é necessário calcular cada faixa altimétrica, as quais apresentaram os valores relacionados às altitudes (m) e a área (Km ²).
Cota mais alta e mais baixa (m)	Refere-se a altitude mais baixa e mais alta constatada no relevo.
Amplitude altimétrica (m)	Calculada a partir da diferença entre a altitude mais baixa e mais alta.
Coefficiente de massividade e o coefficiente orográfico	Essas duas variáveis estão relacionadas entre si, visto que para obter a informação do coefficiente orográfico é necessário ter o conhecimento do coefficiente de massividade que é dado pela divisão da altura média do relevo da área pela sua superfície.
Relação de relevo	Resulta da divisão entre a amplitude topográfica máxima (H_m) com o comprimento da bacia (L_h), ou seja, $Rr = H_m / L_h$.
Índice de rugosidade	Resulta da multiplicação da amplitude altimétrica (H) e a densidade de drenagem (Dd), em: $Ir = H \cdot Dd$.

Fonte: Christofoletti, 1980.

Para delimitação da sub-bacia do Rio Jacoca e a extração de sua rede de drenagem, utilizou-se o *software* ArcGIS, versão 10.5 a fim de processar as informações geográficas obtidas da referida sub-bacia e atingir os fins supracitados. Como etapa inicial desse processo, houve a necessidade de se obter um Modelo Digital de Elevação.

Procedeu-se ao *download* de uma imagem de satélite Sentinel-1 (SAR) pelo Copernicus Browser, com resolução espacial de 10 metros. Depois utilizou-se do *software* SNAP para converter a imagem de satélite baixada em um MDE. No SNAP, selecionou-se a opção *Open Product*, que possibilitou buscar o arquivo na pasta onde estava salvo. Em seguida, projetou-se a imagem na tela do aplicativo, foi-se até a opção no menu chamada *Raster* e na sequência até *Subset*, opção que possibilitou recortar uma área mais próxima do que era necessário para delimitar a sub-bacia do Rio Jacoca.

Buscou-se a ferramenta de conversão de imagem de satélite em *raster* do SNAP, identificada por *Range-doppler terrain correction*, contida em Radar (opção do menu, na parte superior da tela) > Geometria > *Terrain Correction*. Após esse processo, foram criados arquivos de elevação que serviram como base para obter o MDE. Com a imagem de satélite transformada em imagem com dados de elevação, procedeu-se a utilização do *software* QGIS 3.22 para salvar o MDE corrigido e pronto para uso.

Com o MDE pronto, procedeu-se à utilização do ArcGIS, projetando-se, inicialmente, a imagem raster para logo em seguida se utilizar a caixa de ferramentas do referido *software* chamada de

Arctoolbox. Dentro dessa caixa de ferramentas, selecionou-se a opção Ferramentas do *Spatial Analyst* > *Hidrology* > *Fill*. A opção preencher possibilitou ajustar as imperfeições de depressões contidas no MDE. O próximo passo foi determinar o direcionamento do fluxo fluvial. Para isso, utilizou-se a opção direção de fluxo, contida no mesmo sequenciamento da operação anterior. Após esse procedimento, buscou-se definir a acumulação do fluxo a partir do seu direcionamento. Essa opção permitiu delimitar a sub-bacia do Rio Jacoca. Na delimitação da sub-bacia, foi necessário determinar o ponto de exutório, procedendo-se a criação de uma camada *Shapefile*. Com a criação da camada do ponto onde o exutório da sub-bacia se encontrava, utilizou-se a opção da caixa de ferramentas *Arctoolbox* > *Spatial Analyst* > *Hidrology* > *Watershed*.

Após a obtenção da área da sub-bacia, a próxima etapa foi transformá-la em formato *shape*. Para isso, foi-se até a opção da caixa de ferramentas > ferramentas de conversão > Raster para Polígono.

Para extrair a hierarquia fluvial, fez-se uso do mesmo MDE e dos mesmos procedimentos anteriores, com exceção do processo “vertente”. Após a acumulação do fluxo, procedeu-se ao uso da calculadora Raster do ArcGIS e a partir daí se aplicou uma condicional, na qual foi possível determinar o fluxo mínimo para determinação de um canal fluvial a partir dos seguintes passos: calculadora Raster > Con “*Flow Accumulation* > 1000,1”. Depois disso, com a opção “curso de água para feição”, a rede de drenagem obtida foi transformada em formato *shape*.

Para recortar a rede de drenagem, utilizou-se a opção “recortar” do ArcGis, adotando como base a área do polígono em formato *shape* da sub-bacia do Jacoca. Com o recorte da rede de drenagem, obteve-se a hierarquia fluvial da sub-bacia do Rio Jacoca. Recorreu-se as ferramentas do ArcGIS, novamente, seguindo o caminho *Spatial Analyst* > *Hidrologia* > *Stream Order*. Com as ordens da rede de drenagem determinadas, fez-se a conversão em formato *shape*, com o caminho *Spatial Analyst* > *Hidrologia* > *Curso de água para feição*. Depois da conversão em *shape*, recorreu-se as propriedades da camada para alterar o rótulo e a simbologia da feição de modo a poder visualizar a hierarquia fluvial.

A área da sub-bacia do Rio Jacoca foi obtida automaticamente pelo ArcGIS, utilizando para isso o *shape* em coordenadas planas UTM, SIRGAS 2000, Zona 24 Sul. Com o *shape* da área da sub-bacia à vista, seguiu-se a seguinte sequência: Camadas > *Shape* da sub-bacia do Rio Jacoca > Abrir tabela de atributos > Adicionar campo > Calcular geometria > Área.

Processo similar foi feito para obter o comprimento total dos canais de drenagem. Com o *shape* dos canais projetado em coordenadas planas UTM, SIRGAS 2000, Zona 24 Sul, procedeu-se ao sequenciamento: Abrir tabela de atributos do *shape* da rede drenagem > Adicionar campo > Calcular geometria > Comprimento.

Para obter a curva hipsométrica utilizou-se a camada *Shapefile* da sub-bacia do Rio Jacoca e o Modelo Digital de Elevação com imagem SRTM de resolução espacial de 30 metros do estado de

Sergipe, disponibilizado pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH/SE) no seu Atlas dos Recursos Hídricos versão 2021. Após isso, obteve-se o MDE da sub-bacia propriamente dita recorrendo à caixa de ferramentas nas opções Extração > Extrair por Máscara, obtendo-se assim o recorte do MDE para área de estudo.

Para elaboração do gráfico da curva hipsométrica se fez necessário o uso do *software* Qgis versão 3.36.3. Para tanto, foi projetada a camada raster do MDE da sub-bacia do Rio Jacoca e na sequência, recorreu-se à caixa de ferramentas do programa para ir na opção curvas hipsométricas extrair os intervalos de cotas e a porcentagem do acumulado da área correspondente a cada faixa de altitude. Derivou desse processo um arquivo de texto contendo os intervalos de cotas e a porcentagem corresponde. Feita essa etapa, procedeu-se à utilização do programa Excel versão 2019 para gerar o gráfico, onde os dados foram importados e processados para com isso ir até à opção gráficos recomendados e realizar edições como inserir título, inserir títulos dos eixos e outras formatações afins.

As técnicas de geoprocessamento foram levadas a efeito com o intuito de subsidiar o agrupamento de dados morfométricos e outros de interesse ambiental/econômico para a formação de um SIG (Sistema de Informação Geográfica), que facilitou a sistematização de informações e confecção dos mapas temáticos do meio físico, de localização da sub-bacia e do uso e ocupação das terras, com o uso do sistema de projeção UTM e SIRGAS 2000 Zona 24S, através da base de dados disponibilizada no Atlas Digital de Recursos Hídricos de Sergipe (versão 2021) pela Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH/SE) e Malhas municipais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2022.

Na elaboração do mapa de localização geográfica da área, utilizou-se do *software* Qgis versão 3.36.3. Adicionou-se as camadas *shapefile* dos elementos das malhas municipais, estado de Sergipe, na escala 1:250.000, bem como os arquivos *shapefile* do Rio Jacoca e dos rios Sergipe e Mosquito, inseridos na área abrangida pelo *layout* do mapa. Na sequência, projetou-se o *layout* de mapas do Qgis para proceder a organização dos elementos de identificação do mapa (título, escala, legenda, etc.).

Os mapas temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia e vegetação foram obtidos a partir de processos semelhantes aos do mapa de localização. A diferença é que, omitiu-se alguns elementos do mapa de localização para dar maior visibilidade a área da sub-bacia e destacar os elementos naturais.

Utilizou-se também do Qgis versão 3.36.3 para projetar as camadas dos elementos, malhas municipais de Sergipe e da sub-bacia do Rio Jacoca, que foram recortadas e adequadas ao cenário do mapa. Os procedimentos seguintes se referiram à elaboração dos elementos do mapa na tela de *layout* do mapa do Qgis.

No mapa de uso e ocupação das terras, a base cartográfica das informações contidas no mapa foi obtida a partir do levantamento do satélite Sentinel-2 da Esri, em parceria com a Microsoft e a Start

Up Impact Observatory sobre uso e ocupação das terras do globo, numa resolução espacial de 10 metros, para o ano de 2023. Primeiro, utilizou-se a imagem *raster*, delimitaram-se as classes de uso e ocupação, para depois convertê-las em camada *shapefile* recortada sobre a área da sub-bacia em tela. A classificação dos tipos de uso se deu conforme o proposto pela fonte citada e descrito pelo quadro 2 a seguir.

QUADRO 2 – Definição das classes de uso e ocupação, 2024.

NÚMERO REPRESENTATIVO-CLASSES DE USO	DESCRIÇÃO
1- Reservatórios d'água	Locais onde a água esteve presente ao longo de todo o ano, não podendo cobrir áreas de água esporádica e/ou efêmera; contém pouca ou nenhuma vegetação esparsa, nenhum afloramento rochoso nem estruturas construídas, como docas. Exemplos: rios, lagoas, lagos, etc. Na sub-bacia do rio Jacoca, refere-se especialmente aos tanques de dessedentação de animais, localizados pontualmente na área.
2- Vegetação nativa (florestal)	Qualquer agrupamento significativo de vegetação alta e densa e acima de 4.5 metros de altura, normalmente com uma copa fechada ou densa. Enquadrou-se, na sub-bacia do rio Jacoca tanto a vegetação de Floresta Estacional Semidecidual quanto a vegetação de transição/ecótono de Agreste, ambas atendendo a essa especificação, embora a última conte com arbustos menores e espaçados.
5- Lavouras agrícolas	Plantações de cereais, gramíneas, culturas plantadas. Exemplo: milho, soja, trigo, pousio de terras estruturadas. Na sub-bacia do rio Jacoca representa alguns pontos esparsos de maior concentração, com culturas temporárias.
7- Área de construções antrópicas	Estruturas antrópicas como casas, rodovias, grandes superfícies impermeáveis homogêneas, etc. Na área da sub-bacia do rio Jacoca corresponde aos núcleos povoados, concentrado habitações e pavimentos que os configuram como área relativamente contínua de construções antropizadas, além das rodovias pavimentadas que passam ali.
11- Pastagens	Áreas abertas cobertas por gramíneas homogêneas com pouca ou nenhuma vegetação mais alta. Respondeu pela grande maioria da área da sub-bacia, já que essa é composta por cerca de 80% dessa vegetação não natural.

Fonte: Esri, 2024.

ETAPA 3 - Trabalho de campo, com registro fotográfico

A pesquisa de campo, auxiliada através de mapas, caderneta de anotações, GPS e câmera fotográfica digital, constituiu-se de 2 saídas.

Dado o conhecimento de pontos estratégicos e muitas vias de acesso pelas quais drenam alguns dos afluentes do Rio Jacoca e/ou do próprio Rio Jacoca, pôde-se traçar um panorama esclarecedor do contexto geoambiental e econômico da sub-bacia, mesmo porque os mapas de vegetação, uso do solo,

hidrografia, etc, permitiram a localização geoespacial de algumas localidades com a marcação das coordenadas de cada ponto.

Em todo caso, utilizou-se o *Google Earth* para localizar pontos estratégicos importantes na análise da sub-bacia e sua área delimitada geograficamente.,

Com o auxílio do programa Qgis, versão 3.36.3, os *shapes* da área de estudo foram sobrepostos às imagens de satélite dentro do próprio *software*, fornecendo boa noção dos pontos visitados, que puderam ser checados nas imagens de satélite.

Para o êxito dessa operação, fez-se a abertura de uma extensão do citado programa, através do *Quick MapServices*, que permitiu a visualização do *Google Earth* no Qgis, bem como do aplicativo *Waze Word*, que forneceu visão clara das vias de acesso da localidade.

Na primeira saída de campo, fez-se o reconhecimento geográfico do território da sub-bacia do Rio Jacoca, objetivando verificar as condições dos diferentes ambientes presentes na área e cotejo de algumas informações obtidas a partir dos cálculos das variáveis morfométricas e outras existentes nos mapas temáticos.

Em razão de ainda não se conhecer muito bem alguns pontos, povoações e estradas de acesso, recorreu-se não somente ao auxílio em ambiente remoto, mas também das informações prestadas por populares, que foram fundamentais em determinados momentos.

O trajeto percorrido envolveu a saída pelo município de Ribeirópolis, percorrendo a SE-240, passando pelo povoado Serra do Machado e a cidade de Moita Bonita, até chegar ao povoado Capunga, onde a partir dali partiu-se até o povoado Itapicuru. De Itapicuru, adentrou-se pela estrada vicinal que dá acesso à SE-339. Da SE-339, pôde-se acessar os povoados Gado Bravo do Sul e Cachoeirinha. Dali seguiu-se pelo caminho em direção ao povoado Massaranduba, seguindo pela SE-139, onde houve o deslocamento final pelos povoados ribeiriopolenses de Esteios e Serra do Machado.

A segunda saída de campo, foi mais incisiva no que diz respeito aos objetivos da pesquisa, buscando mais pontos e tentando obter ao máximo um panorama que atendesse satisfatoriamente a checagem de informações. As áreas de difícil acesso ou que tinham muitos animais ariscos foram evitadas, a fim de preservar a integridade da equipe. Nessa segunda saída, houve uma mudança na rota, com o intuito de passar por mais pontos estratégicos.

Deu-se início a esse trajeto indo desde o município de Ribeirópolis pela SE-240, mas dessa vez desviando a trajetória para o povoado Fazendinha, onde foi possível encontrar o ponto extremo oeste tanto da área da sub-bacia, quanto da rede de drenagem. Dali, percorreu-se a SE-170 em direção ao povoado Massaranduba. Do povoado Massaranduba, foi-se até o povoado Itapicuru e já nas proximidades do povoado Capunga, foi-se em direção ao povoado Borda da Mata, próximo à confluência do Rio Jacoca com o Rio Sergipe, limite leste do território abrangido pela sub-bacia.

Dos equipamentos auxiliares, na busca das informações coletadas na pesquisa de campo, utilizou-se a caderneta com vistas a fazer anotações de detalhes importantes que por ventura fossem esquecidos, bem como para registro das coordenadas dos pontos de visitação. A câmera fotográfica do aparelho celular de modelo portado, de boa resolução, também foi bastante acionada, haja vista a necessidade de registro de imagens.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-CONCEITUAL E METODOLÓGICA

1.1 – A TEORIA DOS SISTEMAS E ANÁLISE MORFOMÉTRICA QUANTITATIVA COMO ABORDAGENS METODOLÓGICAS

1.1.1 – A abordagem sistêmica como concepção metodológica integrativa para os estudos ambientais

Durante o período clássico da ciência até meados do século XX, as abordagens se pautavam no mecanicismo, estudando os objetos de estudo de forma separada, como partes de um relógio, que se autorregulam independentemente. Contudo, ao longo do tempo, foi-se notando o esgotamento dessa abordagem e a necessidade de estudos de caráter sistêmico (Gonçalves, 1989).

O vocábulo *sistema*, representando conjunto organizado de elementos e de interações entre os elementos, tem uso antigo e difuso no conhecimento científico (Christofletti, 1999). Entretanto, a preocupação em se realizar abordagem sistêmica conceitual e analítica rigorosa surgiu explicitamente na Biologia teórica na década de 1930 pelo biólogo Ludwing Von Bertalanffy, sendo difundida como Teoria Geral dos Sistemas. A partir de então, constituiu-se em amplo campo teórico e conceitual baseado na visão de totalidade, onde a realidade deve ser estudada globalmente envolvendo suas interdependências (Jesus; Araújo, 2023).

Atribui-se a Bertalanffy o pioneirismo nessa abordagem, contribuindo para a superação do reducionismo científico que ainda reinava na contemporaneidade desse autor. Para muitos cientistas da época, Bertalanffy tentou unificar o pensamento científico a partir dessa abordagem. Essa concepção abarcaria todas as ciências dentre as quais a Biologia, as ciências sociais, a Matemática, etc., em busca de uma linguagem científica universal (Klir, 1991).

Nessa seara, a abordagem sistêmica têm sido inspiração para estudos que visam entender o objeto de análise de forma complexa, para além de superficialidades que uma análise particularizada poderia oferecer. Os estudos visam entender a realidade a partir do princípio holístico. Perante isso, a abordagem sistêmica:

[...] é uma concepção metodológica e um meio para o estudo de objetos integrados e das dependências e interações integrais. Destina-se a compreensão dos mecanismos de integração de sistemas, ou formações integradas, que são unidades integrais, todos constituídos por elementos inter-relacionados e interagindo, que não raramente são heterogêneos (Rodríguez; Silva, 2013, p. 22).

Na Geografia, desde os anos 1950 que essa concepção vem sendo adotada, particularmente visando a estudos de caráter climatológico e hidrológico. Autores da escola estadunidense como Strahler

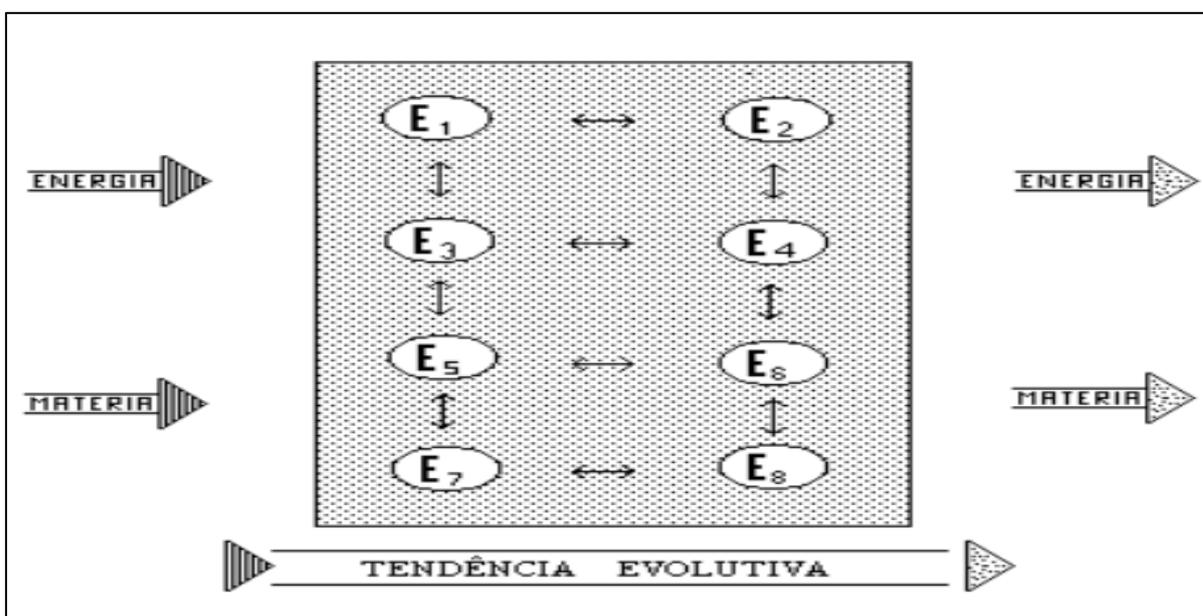
(1952) e Culling (1960), valeram-se pioneiramente da associação entre a abordagem sistêmica e os estudos geográficos, não só aplicando-a, como promovendo inovações aos estudos de até então. Chorley (1962), em artigo sobre Geomorfologia, também é considerando um expoente dessa abordagem na ciência geográfica.

Nesse contexto, o cerne da concepção sistêmica permeou os estudos teóricos e/ou empíricos de diversos autores da literatura internacional e nacional, sobressaindo-se Sochava (1963), Bertrand (1972), Tricart (1977), Christofolletti (1980), Casseti (1991), Ross (1994), Troppmair (2004), entre tantos outros. Sobre a abordagem, refere-se Christofolletti (2000):

A abordagem holística sistêmica é necessária para compreender como as entidades ambientais físicas, por exemplo, expressando-se em organizações espaciais, se estruturam e funcionam como diferentes unidades complexas em si mesmas e na hierarquia de aninhamento. Simultânea e interativamente há necessidade de focalizar os subconjuntos e partes componentes em cada uma delas, a fim de melhor conhecer seus aspectos e as relações entre eles. A abordagem reducionista, também se enquadra como básica na pesquisa dos sistemas ambientais, sem contraposição com a holística (Christofolletti, 2000, p. 1).

Na visão de Bertalanffy (1976), na medida em que os sistemas são abertos, estes sofrem constantes retroalimentações dos ambientes de que fazem parte, que são chamadas *feedback* positivo em caso de serem benéficas e *feedback* negativo em caso de não serem aproveitadas. Assim, nos sistemas, busca-se o equilíbrio, de modo que alterações benéficas são absorvidas, enquanto alterações negativas, são “espelidas” do sistema, evitando, que entre em colapso e perca o equilíbrio (Christofolletti, 1990) (Figura 3).

FIGURA 3: Modelo geral de um sistema conforme Bólos (1992).



Fonte: Bólos, 1992.

Na estruturação do modelo sistêmico, parte-se do pressuposto de que essas unidades funcionais são conformadas pela matéria, energia e pela estrutura, todos esses alimentados e retroalimentados pelos elementos do sistema.

A definição de matéria se refere aos componentes físicos e substâncias componentes do sistema, incluindo-se a água, a terra, os seres vivos, etc. A matéria pode ser transformada e reciclada dentro do sistema, mas o saldo geral de sua massa permanece constante.

A energia, é o elemento motor do sistema, permitindo seu funcionamento. No contexto de um sistema ecológico, por um exemplo, a energia proveniente do sol é que permite a absorção de luz pela fotossíntese das plantas, sendo sintetizada e repassada aos outros componentes da cadeia alimentar e, com isso, fazendo o ciclo se perpetuar em seus processos interatuantes.

A estrutura é o componente individual elementar do sistema, ou seja, é a forma como se encontram arranjadas as partes componentes do sistema, incluindo-se como os elementos estão interligados e interagem entre si. Podem ser elementos bióticos e/ou abióticos, abstratos e/ou concretos, tudo irá depender do tipo de sistema. Num sistema hidrográfico, o rio é seu elemento principal. Já num sistema econômico, os diferentes recursos humanos, financeiros, políticas governamentais, etc., constituem-se alguns de seus elementos.

Os sistemas são unidades que podem conformar outros sistemas, desde as menores escalas, até as mais abrangentes. Tomando como exemplo as bacias hidrográficas, elas se subdividem em sub-bacias, que por sua vez se subdividem em microbacias, mas que interagem mutuamente num contexto mais amplo. O mesmo vale para os ecossistemas, que podem abranger desde grandes biomas, até pequenos micros habitats tão pequenos quanto uma gota d'água.

Considerando as etapas de análise sobre os sistemas reformulados por Christofolletti (1978), a partir da proposição apresentada por Chorley e Kennedy (1971), e utilizada por Fontes (1997), Araújo (2007), Bezerra (2014) e Silva e Araújo (2022), entre outros, o estudo sistêmico em bacia hidrográfica pode ser direcionado em três fases, como segue:

a) **Análise morfológica** – que conduz à individualização, caracterização e hierarquização das partes componentes do sistema. As análises morfométricas, topológicas e topográficas, como aqui consideradas, se enquadram perfeitamente nesse procedimento de abordagem metodológica;

b) **Análise dos processos atuantes** – esse enfoque compreende a funcionalidade que se opera no sistema hidrográfico e as repercursões das condições climáticas sobre os outros elementos do geossistema, controlando os processos morfogenéticos, a cobertura vegetal, a formação dos solos, os regimes fluviais, entre outros. Toda dinâmica do geossistema deve ser analisada nos processos manifestados em cada elemento, nas relações e fluxos de matéria e energia entre os elementos e na caracterização da unidade integrativa;

c) **Análise dos processos-resposta** – busca-se a interação entre a análise morfológica e a dos processos atuantes favorecendo o estudo globalizante do geossistema com modificações na distribuição de matéria e energia e, conseqüentemente, influenciando nas formas, dando origem aos sistemas de controle geográfico.

1.1.2 – A abordagem morfométrica e sua aplicabilidade quantitativa nos estudos de bacias hidrográficas

As metodologias utilizadas nos estudos integrados das bacias hidrográficas têm considerado, cada vez mais, o uso de parâmetros morfométricos para produção de dados fidedignos nos estudos acerca das bacias hidrográficas. Esses dados auxiliam na compreensão das relações de causa e efeito contidas nos sistemas hidrográficos que integram a área estudada da bacia.

Num primeiro momento, as análises morfométricas foram utilizadas para entender a dinâmica geomorfológica, mas paulatinamente foram sendo introduzidas nas abordagens de bacias hidrográficas, por não se ter, ainda, a adoção de uma gama elevada de parâmetros. Mas, foi com o engenheiro hidráulico R.E. Horton, em 1945, que os estudos sistematizados desses parâmetros foram aplicados a Bacias Hidrográficas. A partir de então, vários pesquisadores incorporaram novos indicadores.

Para Cherem *et al.* (2020):

O desenvolvimento de métodos quantitativos em geomorfologia intensificou-se a partir das décadas de 1940 e 1950 com os esforços pioneiros de Robert E. Horton (1945) e Arthur Strahler (1952^a, b). Esses e outros pesquisadores – como Stanley A. Schumm (1956) e Richard J. Chorley (1962) – foram responsáveis por dar um caráter mais objetivo e matemático a análise de bacias hidrográficas. Nesse período foram também estabelecidas as leis matemáticas iniciais sobre o funcionamento e a dinâmica dos rios e de suas bacias de drenagem denominados parâmetros morfométricos (Cherem *et al.*, 2020, p. 175–176).

Com a difusão do meio técnico-científico-informacional e o conseqüente aperfeiçoamento da robótica, da informática e do sensoriamento remoto, especialmente a partir da década de 1970, o geoprocessamento de uma grande quantidade de dados geoespaciais a partir da análise de imagens de satélites forneceu importante subsídio às aplicações desses dados em estudos que tratam ou se utilizam da morfometria. Antes disso, apesar da paulatina evolução tecnológica, ainda não se tinham meios capazes de tratamento de dados por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), haja vista a necessidade de modernos satélites e computadores (Zaidan, 2017). A morfometria fluvial, ganha, assim, grande impulso.

Na visão de Cherem *et al.* (2020):

O avanço tecnológico teve papel crucial para o desenvolvimento e divulgação das análises morfométricas de bacias hidrográficas por disponibilizar base de dados para toda a superfície terrestre continental e plataformas computacionais amigáveis (*hardware e software*) que dão maior velocidade ao processamento de dados espaciais. Assim, as análises morfométricas passarão a ser realizadas em Sistema de Informações Geográficas (SIG), com uso de dados vetoriais e matriciais obtidos por dispositivos sensores (como, por exemplo, sensores orbitais) e conversores de dados analógicos em digitais. Utilizando-se dessas ferramentas, a análise morfométrica tem avançado desde os anos 2000, muito embora persistam perguntas relativas à qualidade das análises conduzidas com o uso dessas novas bases de dados (Cherem *et al.*, 2020, p. 176).

Antes da difusão de tecnologias ligadas aos ambientes SIGs, os cálculos morfométricos eram obtidos manualmente por meio de levantamentos topográficos e técnicas de aerofotogrametria. A mensuração de informações como a área de uma bacia hidrográfica, por exemplo, era obtida de forma morosa e, muitas vezes, imprecisa, já que a ausência de modelos de terreno e bancos de dados significativos e precisos, dificultava a acurácia da área mensurada (Leite; Rocha, 2015).

Foi a partir dos anos 1980 que houve o crescimento acelerado da tecnologia relacionada aos SIGs. No Brasil, essa tecnologia foi sendo implementada a partir de 1982 pelo professor Jorge Xavier da Silva (UFRJ), que trouxe, neste ano, o criador do primeiro SIG (*Canadian Geographical Information System*). Desse pioneirismo, desenvolveram-se grupos de pesquisas a respeito das técnicas de geoprocessamento nas universidades brasileiras (Zaidan, 2017).

A partir desse marco histórico, apesar de ainda existirem dificuldades na obtenção de informações do espaço brasileiro, as pesquisas que se utilizam de cálculos morfométricos tiveram suas abordagens facilitadas pelo aporte de bancos de dados que facilitam a realização dos cálculos, pois informações com maior precisão sobre altitude do relevo foram divulgadas. Um dos aportes mais significativos de dados sobre o território nacional brasileiro foi o projeto RADAM Brasil, criado em 1970, a fim de conhecer as potencialidades dos recursos naturais do país (Serviço Geológico do Brasil, 2024).

Na atualidade, imagens de satélite de alta precisão e levantamentos geológico-geomorfológicos facilitaram em grande medida os estudos de especialistas de diversas áreas, incluindo-se, obviamente, os geógrafos (Maia; Facury; Magalhães Júnior, 2023).

A partir de imagens de satélites fornecidas por grandes companhias de estudos aeroespaciais, tais como a NASA, COPERNICUS e ALASKA e de levantamentos geológico-geomorfológicos como os fornecidos pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos e de satélites espaciais com capacidade de alta resolução espacial como SENTINEL-1 e 2, ALOS PAUSAR e SRTM, foi possível obter dados de elevação do relevo necessários à produção de Modelos Digitais de Elevação, essenciais ao recrutamento de informações sobre a rede de drenagem (Eos data analytics, 2024).

No entanto, o uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE) não se traduziu em garantia de estudos geomorfológicos e hidrológicos de alta qualidade devido às distorções que esse tipo de tecnologia pode trazer, como por exemplo na identificação de feições geológico-geomorfológicas e de canais fluviais de pequenas dimensões, que malgrado a existência de imagens de satélite com altas resoluções, ainda assim podem ser insuficientes para uma análise acurada, sendo fundamental a capacidade analítica do pesquisador para poder correlacionar as avaliações aos modelos de maneira a mais precisa possível, evidenciando a necessidade de estudos de campo para validação do que foi obtido em ambiente SIG (Souza; Almeida, 2014).

No cenário nacional, um importante expoente da abordagem morfométrica foi o geomorfólogo Christofolletti, que publicou diversos trabalhos entre as décadas de 1970 e 1980, incluindo seu principal livro de geomorfologia publicado em 1980, onde se encontra capítulo com vários parâmetros morfométricos detalhados, no momento em que a geografia quantitativa/teórica ainda estava com prestígio (Christofolletti; Azevedo, 2016).

Em termos conceituais, a análise morfométrica aplicada às bacias hidrográficas refere-se à utilização de cálculos matemáticos para evidenciar a distribuição espacial e a quantificação dos atributos pertencentes ao conjunto de variáveis de uma bacia de drenagem, tais como área, volume, vazão, perímetro, magnitude. Esses componentes contribuem para entender o comportamento da rede de drenagem sobre o relevo e a susceptibilidade à ocorrência de desastres naturais, a exemplo de inundações e enchentes, bem como indicar o potencial de uso e ocupação das terras e possíveis empecilhos (Machado; Lobão; Vale; Souza, 2011).

Os parâmetros morfométricos são de suma importância quando aliados a metodologias que visam entender os processos na dinâmica geomorfológica, principalmente na geomorfologia fluvial, auxiliando na avaliação e reconhecimento de elementos geomórficos que indiquem padrões de evolução oriundos de natureza tectônica ou erosiva (Passarella *et al.*, 2016).

De acordo com o dicionário geológico do IBGE (1997, p. 138), os resultados expressos pelos cálculos morfométricos estão diretamente relacionados à morfoestrutura, de modo que: “a forma de relevo e a drenagem estão estreitamente relacionadas à estrutura geológica, seja ela de caráter dobrado, falhado ou lineagênico, podendo apresentar feição positiva ou negativa, ou ainda estar a superfície ou então inumada por espessa sequência sedimentar”.

Os atributos a serem utilizados nos estudos que utilizam cálculos morfométricos dependem dos interesses do pesquisador, pois se a ênfase no estudo forem as condições referentes ao sistema de vertentes de uma bacia, o foco é dado a parâmetros adequados ao cumprimento desse objetivo, assim como se o pesquisador desejar estabelecer cálculos sobre às variáveis hidrológicas dos canais fluviais, devem ser considerados parâmetros que respondam a esse fim, bem como pode integrar a maior

quantidade de parâmetros possíveis a fim de um estudo com maior nível de detalhamento, etc. Tudo isso fica a cargo do que a proposta do pesquisador quer para se adequar e obter os resultados desejados.

Na medida em que as bacias são sistemas complexos e que só podem ser entendidos a partir da integração dos múltiplos componentes que as integram, faz-se necessário a aplicação de cálculos morfométricos, levando-se em consideração a sistematização dos componentes, que ao serem quantificados, permitem identificar padrões de comportamento.

Os parâmetros morfométricos podem ser classificados em três tipos: lineares, zonais e hipsométricos. Quanto ao primeiro tipo, são quantificadas variáveis da rede de drenagem e o seu padrão distributivo em uma bacia. Os parâmetros zonais dizem respeito à relação entre a rede de drenagem e a sua distribuição espacial em uma bacia, com representação vinculada à sua área de abrangência. Por último, os parâmetros de natureza hipsométrica, referem-se às relações estabelecidas entre as três dimensões presentes na bacia, não possuindo uma especificidade de uso quanto às unidades de medida envolvidas (Christofolletti, 1980).

A título de exemplo, índices morfométricos lineares são hierarquia fluvial, magnitude fluvial, relação de bifurcação, relação ponderada de bifurcação, relação entre gradientes altimétricos dos canais, índice de sinuosidade dos canais, etc. Os índices zonais compreendem: índice de circularidade, densidade de drenagem, densidade hidrográfica, relação entre bacias e coeficiente de manutenção. Finalmente, os parâmetros altimétricos referem-se a curva hipsométrica, índice de rugosidade e declividade.

Na Geografia, tem sido farta a aplicabilidade desses parâmetros validando os estudos morfométricos em bacias hidrográficas. Na dissertação de Souza (1982), considerando a escassez de estudos geográficos na Geografia Física do estado de Sergipe à época, utilizou-se da abordagem morfométrica para analisar e interpretar 11 bacias hidrográficas do Estado, sendo 5 na zona úmida e 6 na semiárida, afluentes dos rios Sergipe, Piauí e Japarutuba. Como ainda não se tinha acesso a modernas tecnologias de geoprocessamento, utilizou-se largamente para embasamento das análises as cartas topográficas, procedimentos tradicionais de mensuração como os curvímetros e linhas, entre outros, além dos trabalhos de campo, para checagem de informações visualizadas nas cartas topográficas e mapas temáticos e captação de dados primários.

Muito embora os dados obtidos ainda não fossem de precisão ideal, dada as dificuldades do contexto em que a pesquisa foi feita, o estudo de Souza (1982), marcado pelo seu pioneirismo na Geomorfologia Fluvial na escala local, foi de suma importância para o fortalecimento de estudos morfométricos e o conhecimento mais detalhado da hidrografia sergipana. Souza (1982), não se limitou a uma análise rasa, apenas considerando os resultados matemáticos apontados pelos índices aplicados, mas, trouxe uma contextualização geológica-geomorfológica para explicar o padrão de drenagem das

bacias e sub-bacias hidrográficas analisadas associando com os aspectos climáticos, o que possibilitou a correlação com os índices obtidos.

Com o emprego de 16 variáveis morfométricas, o estudo avaliou e concluiu que não houve variações preponderantes no comportamento morfológico das bacias selecionadas para o estudo, em que pese as diferenciações climáticas na área de ocorrência dos sistemas hídricos sergipanos.

Em 2021, Vale *et al.* demonstraram a importância da utilização de parâmetros morfométricos para o conhecimento das potencialidades da bacia do Rio Mocajuba, situado no setor leste da zona costeira amazônica abrangendo quatro municípios paraenses. Os pontos de destaques na análise basearam-se na propensão dessa bacia a desastres naturais e uso e ocupação das terras.

As etapas metodológicas incluíram a utilização de geotecnologias de análise e processamento de dados espaciais, valendo-se, para tanto, do uso de imagens SRTM (satélite) e cartas topográficas, para delimitação da rede hidrográfica, assim como para extração de demais índices necessários ao estudo.

Entre alguns índices obtidos para referida bacia, ressaltam-se o fator de forma de 0.14, índice de circularidade de 0.31, coeficiente de compacidade de 1,75, cotas altimétricas modestas (altitude média de 29,5 metros), densidade de drenagem de 0.80 km/km² e hierarquia fluvial de quarta ordem. A partir dos resultados apresentados pelos índices, evidenciou-se que a referida bacia, por ser alongada, não é susceptível a tais eventos, mas que se tem observado a retirada da cobertura vegetal para o plantio e formação de pastagens, devendo-se ater às consequências negativas que tais práticas consubstanciam, como o assoreamento dos canais fluviais repercutindo negativamente no processo evolutivo da bacia.

França e Pinto (2021) fizeram análise morfométrica da microbacia do Riacho Flamengo, em Garanhuns, Pernambuco, visando associar índices morfométricos às características socioambientais. Adotou-se como parâmetros de análise os índices morfométricos propostos por Christofolletti (1980), procedendo-se às análises areal, linear e hipsométrica, de modo a subsidiar a compreensão socioambiental do espaço da microbacia.

As autoras, no processo investigatório, utilizaram ferramentas de geoprocessamento, assim como bancos de dados relativos a informações que pudessem ser processados por essas ferramentas, sendo a utilização de Modelo Digital de elevação por meio de imagem SRTM, obtido pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos. Na etapa de processamento, fez-se uso do *software* ArcGis versão 10.3. Essa etapa, de acordo com as autoras, foi essencial para obtenção da base de atributos físico-naturais, como a extração de curvas de nível do terreno, delimitação da rede hidrográfica e estabelecimento das cotas altimétricas.

A pequena extensão da área de estudo (35,8 km²), permitiu o seu enquadramento hierárquico na condição de microbacia, com nível de hierarquia fluvial baixo (terceira ordem), canal principal de 11,59

km, padrão de drenagem dendrítico, bem como variação média de altitude superior a 820 metros. Tais resultados permitiram a análise subjetiva das potencialidades e limitações ao uso e ocupação, assim como alternativas adequadas de planejamento socioambiental.

Lima (2022), analisou os processos e feições geomorfológicas na Faixa de Dobramentos Sergipana do Domínio Vaza-Barris, e se utilizou de parâmetros morfométricos para caracterizar a hidrografia e relevo priorizando os parâmetros hierarquia fluvial, relação de bifurcação, padrões de drenagem, densidade de drenagem, densidade de rios, perfis longitudinais, gradientes, declividade, hipsometrias, curva e integral hipsométrica e isobase. A autora ponderou a necessidade de utilização desses parâmetros em virtude de entender como a rede de drenagem influenciou na morfologia e se houve influência do controle estrutural.

Os estudos morfométricos desenvolvidos por Cherem *et al.* (2011), foram concentrados no alto curso dos canais fluviais visando subsidiar investigações geomorfológicas, o planejamento e gestão de bacias hidrográficas na região do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais. Em face da diversidade geomorfológica da paisagem, observaram a possibilidade de forte condicionamento litológico, estrutural e tectônico no condicionamento da rede fluvial.

A perspectiva da análise morfométrica foi destacada como de suma importância, haja vista possibilitar o subsídio de estudos geomorfológicos de outras naturezas, assim como o planejamento e a gestão ambientais e a compartimentação de grupos de sub-bacias hidrográficas com características similares. Foram agrupadas cinco sub-bacias, com base em suas características litoestruturais e tectônicas. Pelo menos, nove dos onze parâmetros morfométricos utilizados pelos autores serviram a esse fim.

No estabelecimento da hierarquia fluvial, utilizou-se de carta topográfica da SUDENE, na escala de 1:50.000, onde se constatou que a bacia do alto rio das velhas compõe-se de elevada hierarquia fluvial, indo até a sétima ordem. A magnitude fluvial obtida totalizou 6.014 cabeceiras de drenagem, com índices de sinuosidade variando de retilíneos a sinuosos (1,2 e 1,3), respectivamente para os canais de quarta e quinta ordem. Já os canais de sexta e de sétima ordem apresentaram os maiores índices, com respectivamente 1,5 e 1,6, se destacando por sua relativa sinuosidade.

Constatou-se que a bacia possui formato circular, com índice de circularidade equivalente a 0,48, evidenciando elevado potencial para enchentes. Os valores da densidade de drenagem e densidade de rios encontrados foram baixos, atestando pouca capacidade para geração de novos canais e capacidade de infiltração mediana. O índice de rugosidade considerou-se alto, decorrente da elevada amplitude altimétrica da área estudada.

Medeiros *et al.* (2019), utilizaram-se da morfometria para analisar e compreender o relevo da bacia hidrográfica do Rio Mimoso. Para isso, selecionaram a declividade, dissecação horizontal e vertical,

de modo que a correlação entre tais parâmetros revelou a energia potencial de erosão do relevo. Valeram-se, portanto, de MDE Modelo Digital de Elevação - MDE disponibilizado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos e processaram os dados no *software* ArcGis 10.

Para a área analisada, o estudo relevou que a energia potencial do relevo se mostrou diferente para cada trecho do curso fluvial do Rio Mimoso, justificada pela variedade de classes de declividades e dissecções horizontal e vertical. No baixo a médio curso as classes de erosividade variaram de muito fraca a moderadamente média, enquanto do médio para o alto curso, as classes médias a suavemente forte predominaram, devido à amplitude altimétrica do terreno.

Na pesquisa de Lima *et al.* (2022), aplicaram parâmetros morfométricos à bacia do rio da batateira e três sub-bacias localizadas no Ceará, para identificação da susceptibilidade delas a enchentes.

Utilizaram-se de Modelos Digitais de Elevação a partir de imagem SRTM, a fim de averiguar a atuação dos sistemas climático-meteorológicos atuantes nos anos de maior excedente hídrico na área de estudo (2011 e 2012). Para levarem a cabo a pesquisa utilizaram os parâmetros coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade e declividade do relevo. Dos resultados de maior interesse para a bacia do rio da Batateira, tem-se: fator de forma: 0.35; coeficiente de compacidade: 1.89209 e índice de circularidade: 0.27527. Já para as sub-bacias dos rios Granjeiro, do Saco e Riacho dos Macacos, os resultados respectivos foram: fator de forma: 0.197104; 0.265340 e 0.26917, coeficiente de compacidade: 2.11597; 1.891697 e 1.972377 e índice de circularidade: 0.22; 0.2753 e 0.2691.

Concluíram, portanto, que em condições normais, as bacias analisadas não são susceptíveis a enchentes, embora os eventos sejam frequentes. Quando tais eventos ocorrem estão relacionados aos desequilíbrios causados pelo uso e ocupação das terras.

Gil *et al.* (2019), tendo em vista a importância do uso de parâmetros morfométricos para interpretação da dinâmica e hidrologia das bacias de drenagem, em estudos na Argentina, visaram estabelecer parâmetros morfométricos aplicados a diferentes escalas espaciais, a fim de comparar as possíveis singularidades e rebatimentos advindos. Consideraram como área objeto de estudo *La Cuenca del Arroyo San Bernardo*, no centro-sul do sistema ventania, província de Buenos Aires.

Com a aplicação dos parâmetros selecionados concluíram que os valores obtidos para densidade de drenagem e coeficiente de torrencialidade, associados aos índices de bifurcação e razão de alongamento, revelam a propensão de uma bacia a eventos catastróficos, como inundações repentinas e enchentes. Assim, o uso de escalas cartográficas diferentes com maior e menor detalhe de informações distorcem os resultados obtidos com a aplicabilidade desses índices, sinalizando que os obtidos em escala mais detalhada possuem uma maior aproximação com a realidade. Salientaram, ainda, que um maior detalhamento produz resultados mais apropriados para parâmetros que são

diretamente influenciados pelas características da rede hidrográfica, potencializando estudos que utilizam análises morfométricas em pequenas bacias.

Oliveira e Belizário (2018), estudando índices e parâmetros lineares e areais da bacia hidrográfica do Ribeirão da Ponte Alta, no município de Poços de Caldas-MG, iniciaram a primeira etapa de um projeto que visava correlacionar as condições de uso e ocupação das terras e os fatores estruturais com os parâmetros morfométricos. Com esse fim, a escala espacial de análise adotada foi de 1:50.000. Utilizaram-se de cartas topográficas disponibilizadas pelo IBGE (Poços de Caldas e Caldas) e fizeram o processamento e interpretação das variáveis por meio de ambiente SIG, no *software* ArcGis versão 10.1.

Salientaram que o índice de circularidade obtido para a bacia (0.27), revelou pouca propensão à incidência de enchentes, mas que podem ocorrer, devido ao *input* de energia externa propiciado pelas ações humanas, alterando o tempo de concentração das águas através da impermeabilização causada pela expansão do solo urbano pouco permeável. Segundo os autores, Christofolletti (1970) atribuiu os índices de circularidade baixos no Planalto de Caldas devido à interferência de condicionantes morfoestruturais.

Além disso, a densidade de drenagem registrada de 1.01 km², é considerada baixa, mas que, a depender dos fins a que atende, o estabelecimento desse índice pode se ajustar às condições específicas de cada terreno, variando, também, o estabelecimento dos números para diversos autores.

No tocante a outros valores obtidos para drenagem da bacia do Ribeirão da Ponte Alta, os autores afirmam que Christofolletti (1970) atribuiu como causa para o desenvolvimento hidrográfico máximo das bacias hidrográficas encontradas no Planalto de Poços de Caldas, os valores de índice de bifurcação. Observaram os autores que a relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação se mostrou progressivo, sugerindo pela desigualdade de valores houve a interferência de fatores hidrológicos, geológicos e morfológicos, anteriormente enfatizado por Christofolletti (1980).

Os estudos reportados revelam a importância de se utilizar os índices morfométricos para analisar quadros mais complexos, para além da superficialidade dos números frios. Os resultados expressos pelos números ajudam a compreender a dinâmica paisagística, os fatores condicionantes, as potencialidades e as limitações dos diferentes sistemas de drenagem, fornecendo materiais bibliográficos e bancos de dados de suma importância para se poder planejar as diferentes realidades socioambientais das quais fazem parte o bem natural água.

1.2 - A CATEGORIA PAISAGEM COMO PRODUTO DE RELAÇÕES COMPLEXAS

O conceito de paisagem é um construto histórico bastante antigo. Segundo Naveh e Lieberman (1984), já existiam referências a esse conceito encontradas no livro do Salmos (48.2), do hebraico *noff*,

provavelmente estando relacionado à *yaff*, ambos os termos fazendo referência à beleza estética da paisagem.

Mas foi somente no século XIX que as bases científicas de utilização do conceito de paisagem foram consolidadas, confundindo-se, a sistematização desse conceito com a própria sistematização da Geografia enquanto ciência de cunho acadêmico.

A palavra paisagem é de uso recorrente no cotidiano das pessoas, sendo um conceito dotado de grande subjetividade. A paisagem, por ser conceito antigo, ressignificou-se e acabou adotando diferentes significados ao longo da história e até mesmo entre diversas áreas do conhecimento, sendo considerado um termo de sentido polissêmico. Para Baldin (2021) a Paisagem:

Também é um dos temas clássicos em que a Geografia se ocupa, um conceito-chave. O termo paisagem é extremamente polissêmico: se um geógrafo, um historiador, um arquiteto se debruçarem sobre a mesma paisagem, o resultado de seus trabalhos e a maneira de conduzi-los serão diferentes, segundo o olhar de cada um dos que a examinam (Baldin, 2021, p. 5).

No período Renascentista, esse conceito estava mais ligado aos ideais de contemplação estética. No entanto, só após o advento da Geografia é que essa visão de paisagem foi superada e passou a ganhar aprofundamento em termos de abordagem conceitual mais complexa, destacando-se como representação das relações entre o homem e o meio.

Segundo Morais (2007), a Geografia antes da sistematização era um conjunto de informações pontuais obtidas por naturalistas, exploradores, escrivães, etc., em suas expedições, com o intuito de descrever o que era visto. Essas informações dispersas não contavam com uma sistematização que permitisse o *status* de ciência acadêmica para a Geografia. Tal quadro resvalou no conceito de paisagem, considerado um dos objetos de estudo da Geografia.

Tendo em vista que a Geografia é uma ciência que busca a integração dos fenômenos presentes na superfície terrestre, o conceito de paisagem que desconsidera essas múltiplas relações acaba sendo um conceito empobrecido. Por isso, houve a necessidade de incremento das bases teóricas e conceituais do conceito de paisagem. Nessa seara, Moura-Fé (2014, p. 102) assevera que: "... a Geografia é uma ciência sintética (que trabalha com dados de todas as demais ciências), descritiva (que enumera os fenômenos abarcados) e que visa abranger uma visão de conjunto do planeta". Ainda segundo o autor, a paisagem como objeto de estudo da Geografia, "... é vista como uma associação de múltiplos fenômenos, [...] parte 1) descritiva, [...]; parte [...] 2) dinâmica, da inter-relação entre seus constituintes" (Moura-fé, 2014, p. 102). Assim,

O que a faz Ciência, no entanto, é perceber a conexão entre seus elementos. Dentro das perspectivas básicas de análise do conceito, temos então as questões morfológicas, que dizem respeito ao estudo da forma, da configuração e da aparência

externa da paisagem, os processos fisiológicos, de investigação sobre o funcionamento da natureza e, a partir da década de 1970, com seu escopo ampliado, inserem-se abordagens culturais (Moura-fé, 2014, p. 107).

Humboldt, viajante e botânico considerado pai da Geografia Física, enxergava a paisagem como aproximação entre sensibilidade e razão e se inspirava nos ideais românticos de contemplação estética de Goethe, enxergando-a como uma síntese entre o espírito e a natureza. Entra aí um forte entendimento da paisagem como um ente em constante processo de formação/transformação. Humboldt, ainda, entendia a paisagem como possibilidade de representação do finito no infinito (Silveira; Vitte, 2010). Na concepção de Passos (1997, p. 132), “A definição de natureza adotada por Humboldt está perfeitamente adaptada ao conceito de paisagem integrada: A natureza é a que cresce e se desenvolve perpetuamente o que só vive com uma mudança continua de formas e de movimento interior”.

Com a sistematização da geografia no século XIX, outros autores se utilizaram do conceito de paisagem em seus estudos, tais como na escola francesa de Paul Vidal de La Blache (1899). Esse autor dá relevo a análise morfológica da paisagem, com destaque para observação, descrição, intuição. A paisagem seria, nessa concepção, um dos aspectos que explicariam a conformação das culturas, ao lado das técnicas, instrumentos, etc.

Nessa escola francesa, a paisagem deriva de “*pays*”, “*paysage*”, tendo um sentido estético e que se aproximou dos estudos de geografia regional e das grandes monografias inspiradas no referido geógrafo.

Já na escola alemã, de Ferdinand Von Richthofen (1883), o termo provém de “*landschaft*”, considerada como uma “associação morfológica e cultural”, conjunto de elementos naturais e o ser humano. Para Von Richthofen, a superfície terrestre só pode ser entendida a partir da interação mútua entre as diferentes esferas que participam de sua conformação (litosfera, atmosfera, hidrosfera, biosfera, atrelados ao elemento humano) (Moreira; Mascarenhas; Rodrigues, 2023).

Na primeira metade do século XX, mais precisamente em 1934, com o surgimento da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), do biólogo austríaco Ludwig Von Bertalanffy, houve a tentativa de superação da visão mecanicista de René Descartes, em que o todo de um objeto de estudo seria analisado por meio da separação das partes de modo que juntas explicariam a totalidade. Nesse sentido, a ideia da TGS é a de que o todo é complexo e só pode ser explicado conjuntamente (Silveira, 2021).

A aplicação da Teoria Geral dos sistemas na geografia ocorre pelo geossistema, conceituado como um sistema relativamente homogêneo em que as partes estão ligadas solidamente. Essa interdependência produz manifestações de homogeneidade fisionômica na paisagem, permitindo, assim, a sua delimitação.

Um dos autores fundantes para os estudos de paisagem e que seguiu os pressupostos baseados na TGS foi o edafólogo H. Erhart. Para Erhart, as paisagens passariam por estados, em que o tipo de processo prevalecente indicaria a sua tendência de comportamento.

Erhart afirmava que espaços em que havia forte processo pedogenético e estabilidade vegetal, estariam em estado de Biostasia, enquanto os espaços onde a vegetação e o solo não se desenvolveram, prevalecendo os processos morfogenéticos de erosão e transporte de sedimentos, estariam em estado de Resistasia (Erhart, 1967).

Dentro da geografia, a abordagem sistêmica é incorporada inicialmente pelo geógrafo soviético Viktor Borissevich Sochava (1963), que propôs a primeira grande tentativa de classificação das paisagens através da Teoria dos Geossistemas.

Dado o contexto histórico da época associado à União Soviética da Guerra Fria, a ênfase no aspecto humano era suprimida para dar lugar a uma abordagem mais naturalista, tendo como objeto de estudo as inóspitas planícies da Sibéria. Assim, importantes estações experimentais de estudo da paisagem, cabendo destacar Irkutsk, Martkopi, Moscou, Tibilisi, dentre outras, auxiliaram na formulação de modelos teóricos e no entendimento quantitativo, bem como na possibilidade de prognósticos do complexo ecossistêmico, caros ao auxílio na ocupação territorial desse imenso território.

Um significativo aporte para os estudos integrados da paisagem veio com a proposição da teoria geossistêmica por Sochava (1977,1978) e difundida ao mundo ocidental por Georges Bertrand. Essa teoria representa nada mais que a teoria geral dos sistemas ao estudo das paisagens naturais, tanto modificadas ou não pela ação antrópica. Essa teoria se embasa na escola de tradição russa, em que a Geografia Física é integrada (*landschaftovedenie*).

Os principais avanços da proposta de Bertrand em relação à de Sochava dizem respeito a como o autor soviético avaliava o papel do homem na sua proposta de modelo conceitual. Bertrand aproximou mais os elementos sociais aos naturais, ao estabelecer, no seu modelo, o mesmo nível hierárquico entre eles. Tricart (1982) também salientou a necessidade de os estudos de Sochava apresentarem exemplos mais precisos e dialéticos em suas aplicações e menos verbais e vagos.

No Brasil, as ideias geossistêmicas foram difundidas por importantes geógrafos, tanto é que, em 1968, foi criada a disciplina Fisiologia das Paisagens na Universidade de São Paulo (USP) pelo Prof. Aziz Nacib Ab'Sáber e, posteriormente, inúmeros trabalhos que se utilizaram da criação e interpretação de modelos pautados na sistematicidade, entre as décadas de 1970 e 1990. Dentre os principais contribuintes dessa abordagem estão Christofolletti (1979,1999), Helmut Troppmair (1981), Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (2000) e Messias Modesto dos Passos (2015).

Importa salientar que o geossistema é um modelo teórico e, portanto, não pode ser observado na realidade, seu caráter é conceitual/abstrato. Dessa forma, a paisagem, nesse modelo teórico, é

produto da interação de diversos fatores. As intensidades desses fatores é o que vai diferenciar as paisagens e será tanto maior quanto mais intenso for as interações entre matéria, energia e informação. Essas interações são representadas esquematicamente nos modelos teóricos-conceituais sistêmicos.

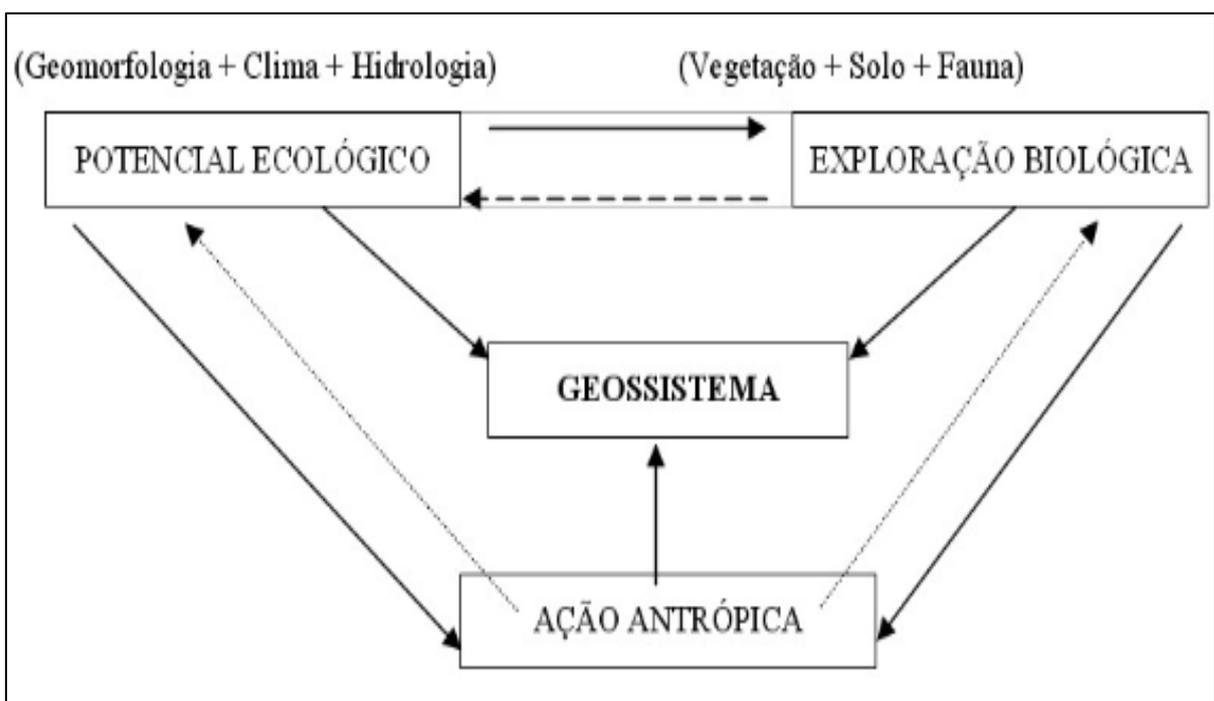
Na classificação de Bertrand, existem:

[...] seis níveis temporoespaciais agrupados em unidades superiores (zona, domínio e região) e unidades inferiores (geossistema, geofáceis e géotopos). As unidades superiores funcionam como contextualização, todavia são nas inferiores que as pesquisas têm se desenvolvido. O geossistema, correspondente ao quarto nível de hierarquização, é destacado por Bertrand como o mais importante, pois apresenta no âmbito escalonar, as maiores inter-relações entre os elementos da paisagem, e por ser a escala de atuação antrópica (Cruz, 2023, p. 24).

Inicialmente, Bertrand focou sua proposta de modelo teórico, na identificação e caracterização de unidades naturais. Posteriormente, com seu amadurecimento teórico, ele ampliou seu modelo conceitual, na medida em que enfatizou a relação entre os elementos humanos e naturais, possibilitando, assim, uma visão ainda mais holística e, portanto, geográfica, da análise das paisagens. Tal modelo ficou conhecido como Geossistema, Território e Paisagem.

A partir dessa concepção, as paisagens seriam influenciadas pelos elementos místicos, culturais, sociais, econômicos, confrontos e apropriações próprias das sociedades humanas, que fazem com que praticamente nenhum espaço não seja, mesmo que indiretamente, influenciado pelo *Homo sapiens*. Dessa forma, Bertrand elaborou seu esquema subdividindo as paisagens pelo seu Potencial Ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia, seres vivos), Exploração Biológica e Ação Antrópica (Figura 4.).

FIGURA 4: Esquema do Geossistema inicial proposto por Georges Bertrand, 1972.



Fonte: Bertrand, 1972.

Nesse aspecto, para Cavalcanti (2018):

A camada física pode ser chamada *potencial natural* e inclui o conjunto da estrutura e trajetória dos processos tectônicos e climáticos e a influência desses sobre a diversidade das formas de relevo e os regimes de drenagem superficial e subterrânea. A segunda camada é constituída pela *atividade biológica* que se desenvolve sobre um potencial natural vai condicionar ou limitar a história biogeográfica, bem como o arranjo ecológico da fauna e da flora e o produto de sua interação com o substrato na formação dos solos. Por último, a *apropriação cultural* inclui a história humana, enquanto história de suas representações sociais, interesses políticos, demandas econômicas e sua intervenção a partir de engenharia e atividades diversas (Cavalcanti, 2018, p. 17).

Os estudos do geógrafo francês Jean Tricart também foram importantes para as investigações científicas tendo como objeto de estudo a paisagem. Esse autor mostrou como se dá a evolução do modelado a partir de uma perspectiva da suscetibilidade de tal ou qual paisagem a transformações. Tricart (1977) em sua obra *Ecodinâmica*, subdividiu os meios naturais em meios estáveis, meios intergrades e meios fortemente instáveis.

Nos meios estáveis, há estabilização pela vegetação (fitoestasia) e predominam os processos de formação de solos. Nessa fase, o meio natural estaria em estado de *climax* e as formações vegetais teriam papel importante para suavizar o impacto da água da chuva no solo, não permitindo seu impacto de forma concentrada e, por conseguinte, retirada de nacos de solo, pela ação do efeito *splash*, que evidencia o processo erosivo.

Nos meios intergrades, não há uma situação concreta de equilíbrio, prevalecendo tanto a morfogênese quanto a pedogênese, existe a possibilidade de evolução do meio tanto para instabilidade quanto para estabilidade, a depender da tendência dos processos-respostas.

Os meios fortemente instáveis, possuem alta instabilidade e os processos morfogenéticos (erosão e intemperismo) predominam. A suscetibilidade dos meios instáveis aos processos de degradação dos solos é alta e a vegetação, por ser escassa, não cumpre papel fitoestabilizador (Tricart, 1977).

Tendo isso em vista, Jurandyr Ross (1994), em sua proposta da análise empírica da fragilidade ambiental, aprofundou os estudos de Tricart ao incorporar o elemento antrópico na definição dos estágios. Ross (1994), incorporou outros critérios para definir as unidades ecodinâmicas como estáveis ou instáveis, sendo que as unidades ecodinâmicas instáveis seriam aquelas sob forte intervenção antrópica e as unidades ecodinâmicas estáveis estão em equilíbrio dinâmico sem sofrer repercussões das atividades humanas.

Ross (1994), atentou para o fato de que as unidades ecodinâmicas estáveis apresentam potencial de instabilidade. As categorias de fragilidade observadas por Ross são a instabilidade potencial

e instabilidade emergente variando de muito fraca a muito forte. As classes foram subdivididas em vários elementos que influenciam a dinâmica paisagística, quantificando seu grau de alteração e potencialidade a fragilidade de 1 a 5. Quanto mais próximo de 5, maior será a susceptibilidade à degradação. Essa proposta de metodologia foi importante para avançar os estudos de Tricart e contribuir para posteriores (Ross, 1994).

Sem sombra de dúvidas, esses estudos propostos por Jurandy Ross foram importantes para o entendimento das paisagens, principalmente as que sofrem impactos diretos da ação antropogênica devido ao alto grau de fragilidade em que se mostra ao longo do tempo.

Nessa perspectiva, percebe-se que a utilização do conceito de paisagem ganhou novos enfoques, adquirindo maior complexidade a partir das transformações antrópicas, principalmente nos estudos posteriores à Segunda Guerra Mundial. Isso é decorrente das intensas transformações sociais, econômicas, tecnológicas e ambientais posteriores a esse período, o que revelou a necessidade de aprofundamento teórico e conceitual desse conceito. Assim:

As alterações nas paisagens naturais pelo homem é o ponto de partida para a construção da paisagem geográfica, que é entendida como uma unidade em constante transformação, constituída a partir das relações que envolvem os atores sociais e o espaço ocupado e percebido através de sua materialização, passando a paisagem a assumir as características que refletem o nível de desenvolvimento alcançado a partir da organização estrutural de cada grupo social (Cruz, 2023, p. 22).

Daí em diante, a paisagem passou a ser estudada de forma integrada, em que os elementos naturais estão associados aos fenômenos sociais, definindo simultaneamente o espaço geográfico que é o objeto de estudo da geografia. A paisagem é um organismo vivo que está em constante evolução, produto das relações entre sociedade-natureza (Bertrand, 1972). Para Suertegaray (2001):

a paisagem é vista como um processo de constituição e reconstituição de formas na sua conjugação com a dinâmica social. neste sentido, a paisagem pode ser analisada como a materialização das condições sociais de existência diacrônica e sincronicamente. nela poderão persistir elementos naturais, embora já transfigurados (ou natureza artificializada) (Suertegaray, 2001, p. 185).

Percebe-se, portanto, que os autores até aqui enfatizam a integração como condição essencial na composição da paisagem. Esses espaços visíveis e singulares da superfície terrestre estão como se apresentam porque foram gestados ao longo da atuação espaço-temporal dos elementos geográficos, imprimindo uma herança em sua composição. Diante disso, AB'Saber (2003) assevera que:

Todos os que se iniciam no conhecimento das Ciências da Natureza – mais cedo ou mais tarde, por um caminho ou por outro – atingem a ideia de que a paisagem é sempre uma herança. Na verdade, ela é uma herança em todo o sentido da palavra: herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio

coletivo dos povos que historicamente a herdaram como território de atuação das suas comunidades (AB'Saber, 2003, p. 9).

Com o incremento dos estudos paisagísticos aplicados ao planejamento, inclusive o de bacias hidrográficas e a difusão e aperfeiçoamento de tecnologias de geoprocessamento e sensoriamento remoto para análise das unidades paisagísticas, é evidente o crescimento de pesquisas que visam avaliar os efeitos do uso e ocupação da terra, qualidade, estado e conservação da paisagem levando em consideração o planejamento e a gestão dos recursos naturais (Neves; Salinas, 2017).

Desse modo, os estudos paisagísticos pela ciência geográfica no século atual, mostram-se de fundamental importância para a compreensão das relações que conformam as paisagens. Isso porque a ação antrópica gera impactos ambientais que de certa forma repercutem na dinâmica da paisagem de determinados locais.

Atividades como a agropecuária, a exemplo da produção de milho e a utilização de terras para criação de gado, são práticas que alteram a dinamicidade de uma bacia hidrográfica, como ocorre na sub-bacia do Rio Jacoca, onde a natureza é transformada para dar espaço a essas atividades econômicas, originando novas paisagens e, por conseguinte, novos arranjos funcionais.

Nos estudos das bacias hidrográficas, o conceito de paisagem é importante para compreensão dos aspectos atuantes dentro dos sistemas complexos que as compõem. A partir da incorporação dos estudos elucidados pelos teóricos a respeito do conceito de paisagem, verifica-se que as pesquisas nas análises das paisagens abrangendo as bacias hidrográficas são cada vez mais integradas, coadunando todos os elementos para se chegar à compreensão do todo. Isso, de certa forma, reveste-se de fundamental importância para a tomada de decisões a partir dos gestores em dada unidade de planejamento e gerenciamento.

1.3 - BACIAS HIDROGRÁFICAS, PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O surgimento das abordagens sistêmicas e a preocupação na conservação dos recursos naturais a partir da segunda metade do século XX, com a conferência de Estocolmo em 1972, devido às alterações antrópicas na dinâmica paisagística global, contribuíram para a adoção de estudos integrados das bacias hidrográficas, dado que as atividades antropogênicas “afetam o comportamento hidrosedimentológico de bacias hidrográficas, intervindo, por conseguinte, nos processos geomorfológicos” (Lima *et al.*, 2022).

O comportamento hidrosedimentológico de uma bacia hidrográfica é a maneira como as variáveis sedimentológicas, aliadas às características hidrológicas, atuam no equilíbrio de um sistema

fluvial. Índices tais como granulometria, mineralogia dos sedimentos, área-fonte dos sedimentos, etc., ajudam a entender o comportamento dos canais e vice-versa (Junior; Barros; Lavarini, 2020).

Nesse aspecto, percebe-se que o ser humano possui grande capacidade de interferir nos fluxos contidos em uma bacia hidrográfica perturbando toda a sistemática nela contida, podendo esgotar o seu potencial em termos de recursos hídricos, serviços biológicos e econômicos, comprometendo todos os organismos ali existentes, conforme afirmam Barros e Júnior (2020),

O ser humano pode influenciar a dinâmica fluvial por meio de ações diretas e indiretas. As ações diretas incluem barramentos, desvios ou retificação de cursos d'água, canalização artificiais, entre outros. As ações indiretas estão associadas, principalmente, às condições de uso e manejo inadequado do solo e remoção/degradação da cobertura vegetal, gerando condições favoráveis ao surgimento de focos de erosão acelerada que tendem a fornecer carga sedimentar às calhas. Esse processo pode levar ao entulhamento dos leitos, ao comprometimento da capacidade e competência de transporte do fluxo, ao surgimento de barras de canal e a mudança de padrões fluviais (Gregory, 2006, *apud* Barros; Júnior, p. 41, 2020).

Com as intervenções humanas, os estudos das bacias hidrográficas passaram a ter um cunho interdisciplinar, em que diferentes áreas do conhecimento são consultadas, tendo em vista que na gestão eficiente das águas, não se pode deixar de considerar a sistematização dos componentes que integram uma bacia, tais como os elementos bióticos (flora e fauna) e abióticos (relevo, clima, solo, etc.). Caso isso não ocorra, incorre-se no risco de não gerir adequadamente os recursos de uma bacia hidrográfica por deixar de levar em consideração variáveis que podem interferir no comportamento hídrico.

É por essa razão que para Christofletti (1999), as bacias hidrográficas são os recortes espaciais mais adequados para os estudos de análise geomorfológica e ambiental, pois podem integrar os processos de vertentes aos de planície e cursos fluviais. Essa capacidade de conexão permite a utilização de diversas variáveis morfométricas em suas análises.

A unidade territorial bacia hidrográfica, como objeto de estudo e planejamento formal, teve seu início nos Estados Unidos, em 1933, com o surgimento da *Tennessee Valley Authority* (TVA). A partir de então, foi difundida para outros países. Essa iniciativa deu origem aos comitês de bacias hidrográficas que serviriam para gerir e planificar a execução de obras hidráulicas de grande magnitude (SILVA, 2012).

As bacias de drenagem, por serem sistemas, estão conformadas por matéria, energia e estrutura, sendo essa última produto das associações entre os elementos, que são as partes componentes básicas que integram os sistemas. No caso de uma bacia hidrográfica, os elementos principais são os rios, que comandam a dinâmica evolutiva do sistema em que estão inseridos. Esses elementos estão em constante estado de instabilidade, pois as variáveis que as compõem se encontram

em constante dinamicidade para se equilibrar às modificações do meio. Diante disso, Araújo (2010) salienta que:

Sendo a bacia hidrográfica considerada dentro dessa concepção como um sistema aberto, sustentando-se num equilíbrio dinâmico em função de ciclos e flutuações que são processos não lineares, os seus elementos estão diretamente interligados em função, principalmente, do elemento água que desempenha papel fundamental no clima de uma dada região, como parte integrante do solo e da vegetação e, ao mesmo tempo, o responsável direto pela manutenção das atividades produtivas desenvolvidas na bacia (Araújo, 2010, p. 42).

A partir das análises sistêmicas, depreende-se que nos estudos das bacias hidrográficas é necessário levar em consideração todo o perfil longitudinal em que a bacia está inserida. Isso porque os impactos que ocorrem em qualquer que seja o trecho da bacia tem repercussão no todo e até mesmo em outros sistemas hidrográficos. Ou seja, as respostas do médio e baixo curso do rio principal de uma dada bacia são reflexos do que ocorre no alto curso e vice-versa.

É dado a isso que não se deve levar em consideração os limites político-administrativos para o gerenciamento de bacias hidrográficas, mesmo porque tais limites são definidos artificialmente, com as fronteiras naturais, muitas vezes, não coincidindo com essas divisões arbitrárias do ponto de vista geoambiental.

Outro subsídio à análise de bacias hidrográficas é a utilização dos perfis transversais. Esses perfis possibilitam uma boa visão da dinâmica espacial desses sistemas ao representá-los perpendicularmente à rede de drenagem. Com a utilização de gráficos, obtidos pelo recorte transversal, analisa-se diversas variáveis como largura do canal, altura da lâmina d'água, ação do canal sobre a dissecação do vale fluvial, declividade das margens do canal, etc.

As bacias hidrográficas podem ser conceituadas como o conjunto formado pela rede hidrográfica (canal principal, afluentes e subafluentes) e as terras em que são drenadas. De acordo com Dambrós (2018, p. 54) “a separação das unidades ocorre topograficamente e a linha de divisão é chamada de divisor de águas ou divisor topográfico”. Inúmeros autores como: Horton (1945), Chorley (1962), Granell-Pérez (2004), Pires *et al.* (2002) e Coelho *et al.* (2005) também discutiram a respeito do conceito de bacias hidrográficas.

Horton (1945) considera as bacias hidrográficas como sistemas constituídos por um conjunto de canais que drenam determinada área de limite naturalmente bem definido. Na sua visão é possível hierarquizar a rede de drenagem dos canais a fim de obter melhor compreensão do ciclo hidrológico, da dinâmica natural das bacias e da erosão.

Conforme Chorley (1962), uma bacia hidrográfica é um sistema aberto de captação de água composto por setores elevados topograficamente que a delimitam, de onde partem os canais que

alimentam um rio principal em direção a uma saída em comum. Daí o entendimento das bacias hidrográficas como sistemas abertos, onde interagem variáveis hídricas, morfogenéticas, pedogenéticas, etc.

Coelho *et al.* (2005) entendem que as bacias hidrográficas são áreas delimitadas pela topografia e que são drenadas por cursos d'água, de maneira que toda vazão e efluente seja descarregada por meio de um exutório.

Para Granell-Pérez (2004), a bacia hidrográfica pode ser conceituada como uma área formada pelo conjunto de superfícies, que por meio de canais e seus tributários drenam água pluvial, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal, onde há vazão e deflúvio no sentido da foz do canal principal, podendo também ser em outro rio, mar ou lago.

Magalhães Júnior *et al.* (2020) consideram as bacias hidrográficas como recortes físico-territoriais que permitem os estudos das conexões hidrosedimentológicas, onde os fluxos convergem em um único ponto de saída (oceano, lago, outro curso d'água, etc.), o que torna possível as relações entre as características das águas e dos sedimentos com as esferas dos quadros físico e humano.

Por outro lado, Pires *et al.* (2002, p. 17) afirmam que:

O conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo 'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. Embora tecnicamente o conceito implícito no termo seja preciso, podem existir variações no foco principal, conforme a percepção dos técnicos que o utilizam em seus estudos (Pires *et al.*, 2002, p. 17).

A afirmativa evidencia que todo curso d'água possui a sua bacia hidrográfica correspondente, que é a área contribuinte em termos de fluxos hídricos e material sedimentar. A bacia hidrográfica de um curso principal pode estabelecer conexões com sub-bacias, as quais são formadas pelos afluentes e subafluentes do canal principal. A depender do tamanho da escala de análise, as sub-bacias poderão ser contempladas no recorte espacial adotado para o estudo.

Para análise de sub-bacias ou mesmo microbacias, dado a sua escala espacial mais reduzida, é necessário cautela e atenção aos mínimos detalhes pelos pesquisadores, para que não haja equívocos e omissões, que muitas vezes são atenuadas nos estudos de bacias hidrográficas de grandes extensões, caso em que se pode recorrer a níveis de generalização maiores.

Dito isso, não há consenso entre os especialistas para a classificação de bacias hidrográficas. Alguns consideram microbacias hidrográficas as que possuem tamanho inferior a 100 km². Entretanto, sabe-se que cada ambiente possui suas particularidades e o que se considera como micro em dado contexto pode não ser em outro. Por isso, vários autores consideram microbacia como sendo exíguos

sistemas fluviais atrelados às cabeceiras de drenagem, chegando até um máximo de segunda ordem (Gomes; Bianchi; Oliveira, 2021).

Os sistemas fluviais independentes da classificação hierárquica da bacia, em sua distribuição espacial, tendem a seguir caminhos preferenciais na tentativa de equilibrar o fluxo de acordo com a energia disponível. Por isso, os canais tendem a conformar padrões de drenagem que podem responder ao tipo de litologia ou mesmo ser controlado estruturalmente por falhamentos. Segundo Dambrós (2018, p. 59), “A rede de drenagem de uma bacia hidrográfica pode apresentar estruturas e padrões diferenciados, por exemplo, formas paralelas, dendríticas, radiais, entre outros. Essas variações devem-se, principalmente, às características litológicas e climáticas”.

Outra questão a não se perder de vista nos estudos integrados de bacias hidrográficas é a dinâmica de entrada (*input*) e saída (*output*) de matéria e energia, uma vez que a bacia hidrográfica é considerada um sistema aberto. O *input* se dá a partir dos elementos do clima induzindo ao intemperismo e à erosão e abastecendo a bacia de água. Por outro lado, *output* é a saída de matéria e energia de uma bacia a partir da evapotranspiração, do transporte de sedimentos e da vazão (Araújo, 2010).

Segundo Santana (2019), os sistemas fechados são aqueles em que existe permuta de energia, e não de matéria, enquanto nos sistemas abertos ocorre a constante troca entre matéria e energia, seja perdendo ou ganhando, evidenciando a dinamicidade e complexidade dos sistemas de bacias hidrográficas. Neste sentido:

A geração e deposição de sedimentos fluviais dependem da dinâmica dos fluxos hídricos e, portanto, do regime de precipitações e do escoamento superficial. As condições hidrodinâmicas dos cursos d'água são influenciadas por variáveis climáticas, como os índices pluviométricos, a intensidade de precipitação e variabilidade espaço-temporal das chuvas. Mudanças na carga sedimentar e nos fluxos condicionam ajustes na geometria e nos padrões dos cursos d'água, envolvendo profundidade, largura e declividade (Schumm, 2005, *apud* Barros; Júnior, 2020, p. 29–30).

Ante o exposto, é evidente que as bacias hidrográficas são vulneráveis à ação antrópica, podendo diminuir sua produtividade (trocas de matéria e energia) e, por vezes, até cessá-la. Algumas das atividades danosas em canais fluviais são as obras de engenharia hidráulica, como usinas hidrelétricas e barragens, bem como atividades agrícolas que utilizam intensamente agrotóxicos e despejos de efluentes domésticos e industriais.

1.3.1 - Da água enquanto recurso hídrico às unidades de gerenciamento e planejamento ambiental

A bacia hidrográfica tem sido utilizada internacionalmente como meio para gerir os recursos hídricos devido à grande demanda pelas águas com a intensa atividade urbano-industrial e agrícola,

principalmente após as décadas de 1990, além de fornecer um indicativo da qualidade ambiental. Países como França, Espanha, Portugal, Holanda, adotam-na como delimitação para o planejamento e gestão (Machado; Torres, 2012). Na opinião de Santos e Araújo (2009):

Estudos que visem oferecer subsídios ao planejamento de ações que tenham por objetivo a promoção do desenvolvimento regional sustentável, necessariamente devem levar em consideração a questão dos recursos hídricos e, assim, são indispensáveis as pesquisas que tenham por base analisar as bacias hidrográficas como unidade de estudo, uma vez que a bacia se constitui numa unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista da integração, como da funcionalidade dos seus componentes (Santos; Araújo, 2009, p. 1).

Quando se fala de recurso hídrico, refere-se a um elemento natural, embora segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos (1997) “é dotado de valor econômico”. As águas são recursos naturais renováveis, mas que se não bem geridos podem estar indisponibilizados para uso humano, uma vez que grande parte das águas que se encontram na superfície terrestre estão indisponibilizadas, seja por falta de acesso econômico ou natural (Nascimento *et al.*, 2022).

No Brasil, a preocupação com a gestão dos recursos hídricos pode ser vislumbrada desde o ano de 1904 para respaldar a construção de usinas hidrelétricas. Mas foi em 1934, durante o governo de Getúlio Vargas, com a instituição do Código de Águas (Decreto Nº 24.643 de 10 de julho de 1934), que a primeira lei de regulamentação desse recurso natural foi instituída. Tal decreto passou, então, a ser considerado um marco na regulamentação dos recursos hídricos no Brasil, uma vez que discutia concessões das águas nacionais para uso público e privado e penalidades ao uso indiscriminado. No próprio documento consta que:

[...] considerando que o uso das águas no Brasil tem se regido até hoje por uma legislação obsoleta, em desacordo com as necessidades e interesses da coletividade nacional; considerando que se torna necessário modificar esse estado de coisas, dotando o país de uma legislação adequada que, de acordo com a tendência atual, permita ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas; considerando que, em particular, a energia hidráulica exige medidas que facilitem e garantam seu aproveitamento racional; (...) resolve decretar o seguinte código de águas... (Brasil, 1934).

A partir de 1984, as unidades da federação brasileira consideram a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). A Constituição de 1988, ao contemplar um capítulo sobre o meio ambiente, coloca em vigor o SINGREH que impacta a gestão dos recursos hídricos. No capítulo VI da supracitada constituição, no seu artigo 225, encontra-se o arcabouço normativo do direito ambiental brasileiro. É a partir da constituição de 1988, também, que se passa a adotar um “modelo sistêmico de participação integrativa” (Rosa; Guarda, 2019).

Em 1997, a Política Nacional dos Recursos Hídricos passa a substituir o código de águas de 1934, trazendo como inovações novos temas e possibilidades para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, como a gestão descentralizada, que considera como participantes desse processo não só o Estado, como também os agentes locais. Para Uga (1991, p. 97) a gestão descentralizada é:

[...] um processo de distribuição de poder que pressupõe, por um lado, a redistribuição dos espaços de exercício de poder ou dos objetos de decisão – isto é, das atribuições inerentes a cada esfera de governo e a redistribuição dos meios para exercer o poder, ou seja, os recursos humanos, financeiros, físicos (Uga, 1991, p. 97).

Neste aspecto, é importante salientar que a água passa a ser tratada pelo aparelho burocrático brasileiro de planejamento e gestão como um recurso, ou seja, dotado em termos de valor econômico, diferenciando-se da água como elemento natural em que não se leva em consideração seu caráter econômico passível de utilização (Carvalho *et al.*, 2023).

A principal utilidade da PNRH é considerar que a água como um bem de domínio público, deve ser considerada em seus usos múltiplos e que em situações de escassez seu fim principal é o do abastecimento humano. A PNRH é condizente com a necessidade de se estudar essas unidades físico-territoriais de modo sistemático, tanto é que em seu Artigo 3º, considera que para gerir os recursos hídricos não se deve dissociar os aspectos quantitativos e qualitativos, sendo imperativo o respeito à diversidade física, biótica, abiótica, econômica, demográfica, social e cultural englobada nas diversas bacias espalhas pelo território brasileiro (PNRH, 1997).

Outro importante aparelho burocrático que norteia a gestão dos recursos hídricos é a Agência Nacional de Águas (ANA). A ANA foi instituída em 2000 por meio do Decreto Lei nº 9.984 de 7 de junho de 2000, regulamentada pelo Decreto nº 3.692 de 19 de dezembro de 2000. Essa autarquia é considerada autônoma e é responsável por fazer colocar em prática a PNRH (Dambrós, 2018).

Os trabalhos desenvolvidos pela ANA podem ser acompanhados pela sociedade civil através de documentos periodicamente publicados. Não obstante, há o acompanhamento, também, de como a sociedade tem reagido às medidas de planejamento e gestão, como no caso de concessão ao uso dos recursos hídricos.

Em consonância com a criação do PNRH e da ANA, em 2003, por meio da Resolução nº 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, foram criadas as Regiões Hidrográficas brasileiras, totalizando-se em 12, a saber: Região Hidrográfica Amazônica; Região Hidrográfica Atlântico Leste; Região Hidrográfica Atlântico Sudeste; Região Hidrográfica Nordeste Ocidental; Região Hidrográfica Nordeste Oriental; Região Hidrográfica Tocantins-Araguaia; Região Hidrográfica Parnaíba; Região Hidrográfica São Francisco; Região Hidrográfica Atlântico Sul; Região Hidrográfica Paraguai; Região Hidrográfica Paraná e Região Hidrográfica Uruguai (Porto; Porto, 2008) Figura 5.

FIGURA 5: Regiões hidrográficas brasileiras.



Elaboração: André Koehne, 2008.

A justificativa para essa criação se deve às diferenças culturais, sociais e econômicas do território brasileiro. Mesmo sendo uma delimitação que permite um melhor entendimento do recorte espacial de cada bacia, ainda assim implica grandes desafios, pois a Bacia Amazônica, por exemplo, abrange uma área de cerca de 45% do território nacional. Por isso, ressalta-se a importância de haver a subdivisão dessas regiões hidrográficas em inúmeros recortes espaciais desde o macro ao micro, devendo considerar as sub-bacias e mesmo as microbacias, por menores que sejam.

A subdivisão é importante para que se tenha um planejamento dos recursos hídricos de forma integrada, sendo que quanto maior a escala, maior será a análise dos dados, resultando em estudos fidedignos das relações causais e seus rebatimentos para os seres vivos que dependem dos recursos hídricos. Essa subdivisão e estudos detalhados se inserem, por exemplo, na sub-bacia hidrográfica do

Rio Jacoca, inserida dentro dos limites territoriais da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, enquadrada na Região Hidrográfica Atlântico Leste.

No Brasil, as bacias hidrográficas também são consideradas como unidades territoriais de planejamento. Entretanto, desafios como conflitos socioambientais, políticos e econômicos, permeiam-nas. Por isso, as bacias hidrográficas são sistemas complexos em que não se pode levar em consideração os limites político-administrativos para sua delimitação, pois, muitas vezes, essas ultrapassam os limites municipais ou até mesmo fronteiras entre países (Miranda, 2020).

Atenção importante deve ser dada a regiões onde o regime hídrico é intermitente, pois existe a necessidade de um cuidado ainda maior no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Isso porque as nascentes tendem a configurar uma hierarquia fluvial de baixa ordem, torna-as muito susceptíveis às ações antrópicas que podem, facilmente, levar a assoreamentos dos cursos fluviais e, conseqüentemente, perda do recurso hídrico ali contido. Essa situação revela a necessidade da implementação de ações de Proteção Ambiental (Soares *et al.*, 2016).

Nessa perspectiva, propor ações mitigadoras para os impactos causados em uma bacia, torna-se instrumento de suma importância para os gestores que tem o papel de colocarem em prática a PNRH. Nas discussões de Lollo (2016) ele aborda que:

Um programa de melhora de índices de produtividade agrícola associada à conservação dos recursos naturais proposto por Food Alliance (2014) lista uma relação de estratégias para atingir tais objetivos: (1) controlar e reduzir a erosão; (2) identificar indicadores de qualidade para verificar produtividade e saúde do solo; (3) uso de plantio direto, rotação de culturas e aproveitamento de resíduos; (4) adotar estratégias de conservação da água; (5) proteger as fontes de água da contaminação; e (6) promover rotação entre pastagem e culturas de grãos (Lollo, 2016, p. 34).

Além disso, na divisão de recursos, alguns municípios podem representar parcela exígua da área de uma bacia hidrográfica, o que gera a necessidade de analisar também da sua participação no planejamento e gestão. Vale *et al.* (2021) esclarecem que:

Para o planejamento e gerenciamento de bacias hidrográficas é fundamental conhecer tanto as suas características físicas quanto os processos de uso e cobertura da Terra que ocorrem nos seus limites territoriais, pois a correlação entre a morfometria e os usos permite estabelecer o grau das intervenções antrópicas na unidade, ou seja, avaliar a suscetibilidade natural frente às ações externas à bacia (Vale *et al.* 2021, p. 538).

Para se ter uma gestão de qualidade é preciso que haja a descentralização, ou seja, os agentes locais devem ter protagonismo na tomada de decisão. Por mais que a constituição de 1988 assegure essa descentralização e seja respaldada pela Lei 9.433/1997 (Política Nacional das Águas), ainda se

observa que na tomada de decisões prevalece a centralização, que muitas vezes atende aos interesses políticos e particulares, favoráveis ao capital.

A partir da década de 1980, a palavra descentralização ganha força no cenário internacional, sendo aplicada a políticas de vários países, inclusive sobre o gerenciamento dos recursos hídricos, delegando maior participação política aos agentes locais. Diante disso, ocorre a diferenciação entre desconcentração, em que os atores locais ainda são subordinados ao poder central e descentralização, na qual existe a efetiva participação dos agentes locais (Mesquita, 2018).

Os comitês de bacia são órgãos incumbidos de proporcionar a descentralização participativa no gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos no Brasil. No entanto, os comitês, por vezes, não atendem aos objetivos, pois existem desafios de ordem técnica e financeira, fazendo com que esses órgãos atendam aos interesses do poder hegemônico local. O que deveria ser decidido conjuntamente, apenas é repassado para os representantes da população, que apenas tem o papel de concordar com o que já foi decidido previamente (Trindade; Scheibe, 2014).

Apesar das diferentes conceituações atribuídas por cada autor, é consenso, entre eles, a necessidade de pensar o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas a partir de um enfoque sistêmico. Para tanto, urge que as leis reguladoras das políticas dos recursos hídricos no Brasil se façam cumprir e sejam fiscalizadas tanto pelos gestores quanto pela sociedade civil.

Cabe ressaltar que no presente estudo a bacia hidrográfica é abordada tanto sobre o seu viés econômico e estratégico para os seres humanos, quanto no sentido de sua importância geoambiental, entendendo que não se deve separar os aspectos bióticos e abióticos da geoeconomia.

2.ELEMENTOS FÍSICO-NATURAIS E OS TENSORES ANTRÓPICOS NA CONFIGURAÇÃO DA PAISAGEM

2.1 DINÂMICA CLIMÁTICA

2.1.1 – Contexto climático geral dos sistemas atmosféricos atuantes no Nordeste do Brasil

O clima exerce influência preponderante no desenvolvimento de processos que atuam sobre a atmosfera e demais esferas componentes do planeta terra regulando a entrada e saída de energia, fundamentais para a existência dos tipos climáticos, dos solos, das diferentes formações vegetais, da disponibilidade hídrica, formas de relevo, etc.

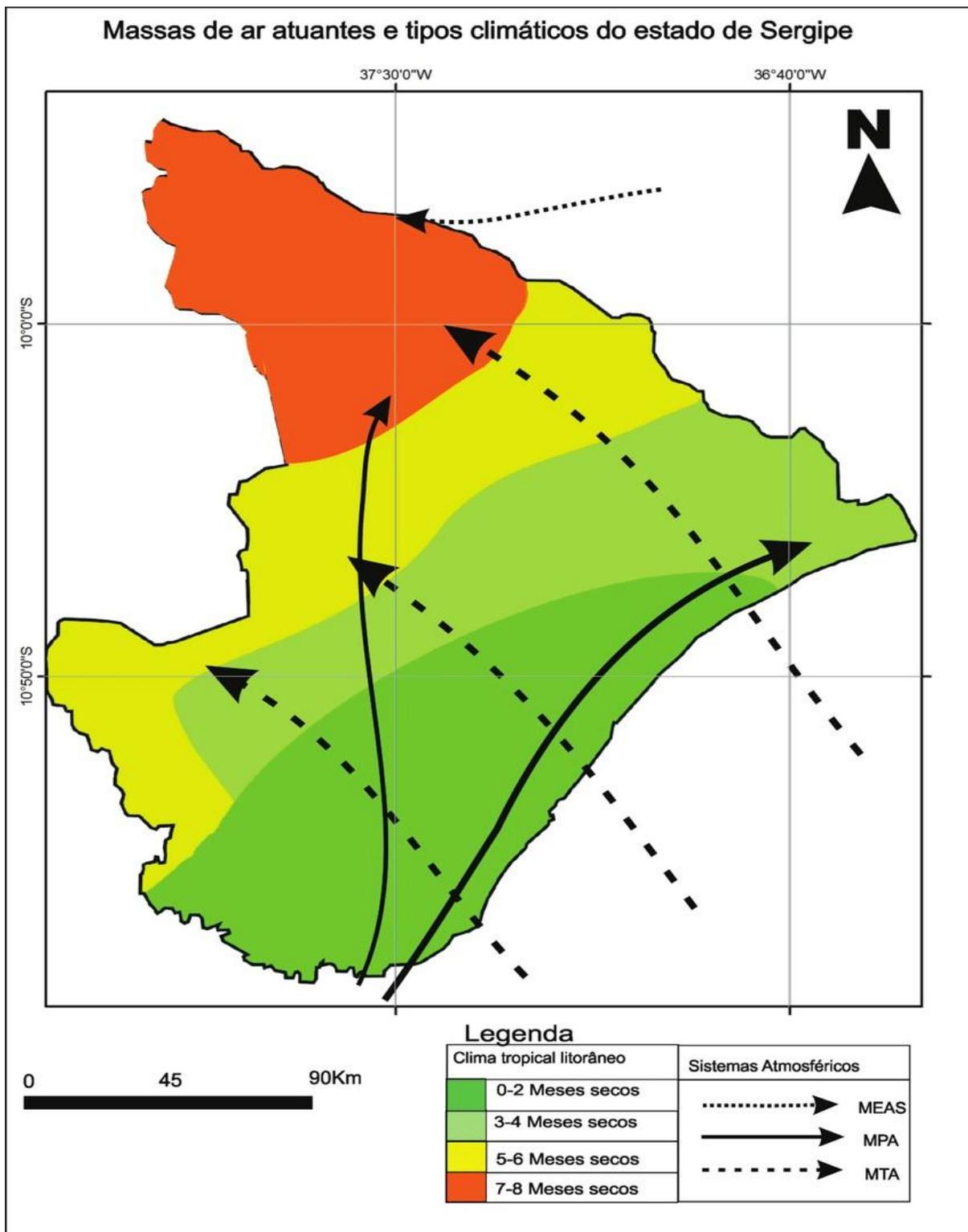
Como sistema, a dinâmica climática global influencia na dinâmica climática regional, que exerce influência na dinâmica climática local, não sendo viável, portanto, estudar os condicionantes climáticos apenas considerando as características climáticas e de condições de tempo na escala da sub-bacia.

O estado de Sergipe, é influenciado diretamente pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A sua localização geográfica nas proximidades da zona equatorial recebe incidência da radiação solar direta durante o ano. A convergência de ventos pela Zona de Convergência Intertropical, ocasiona chuvas de trovoadas e aguaceiros de verão, contribuindo para dinâmica climática regional em suas diferentes escalas. Outro mecanismo de grande escala que regula o clima sergipano são os sistemas frontais, que no período preponderante de sua atuação, causam perturbação atmosférica, ocasionando chuvas de inverno (Diniz; Medeiros; Cunha, 2014).

As massas de ar, bolsões de ar que carregam características próprias do clima onde se originam e que também adquirem características climáticas das áreas por onde passam (temperatura, umidade), igualmente impactam a dinâmica climática. No contexto geoambiental em que está inserida a sub-bacia do Rio Jacoca atuam principalmente a Massa Tropical Atlântica (MTA) e a Massa Polar Atlântica (MPA), sendo impulsionadas pela relativa continentalidade que ali se encontra.

A MPA é originada dos climas polares ao extremo sul da América do Sul e da Antártida. No inverno, essa massa ganha impulso e acaba influenciando o clima, especialmente, do litoral nordestino, provocando baixa nas temperaturas e precipitações. A MTA é quente e úmida, atuando especialmente no litoral das regiões sudeste e sul, mas chegando a atuar sobre o clima da região Nordeste, aumentando a temperatura e umidade no verão e, dessa forma, contribuindo para a ocorrência de chuvas torrenciais (Santos; Barros; Ferreira, 2023) Figura 6.

FIGURA 6: Sergipe - Massas de ar atuantes e tipos climáticos do estado de Sergipe, 2014.



Fonte: Diniz *et al.* (2014).

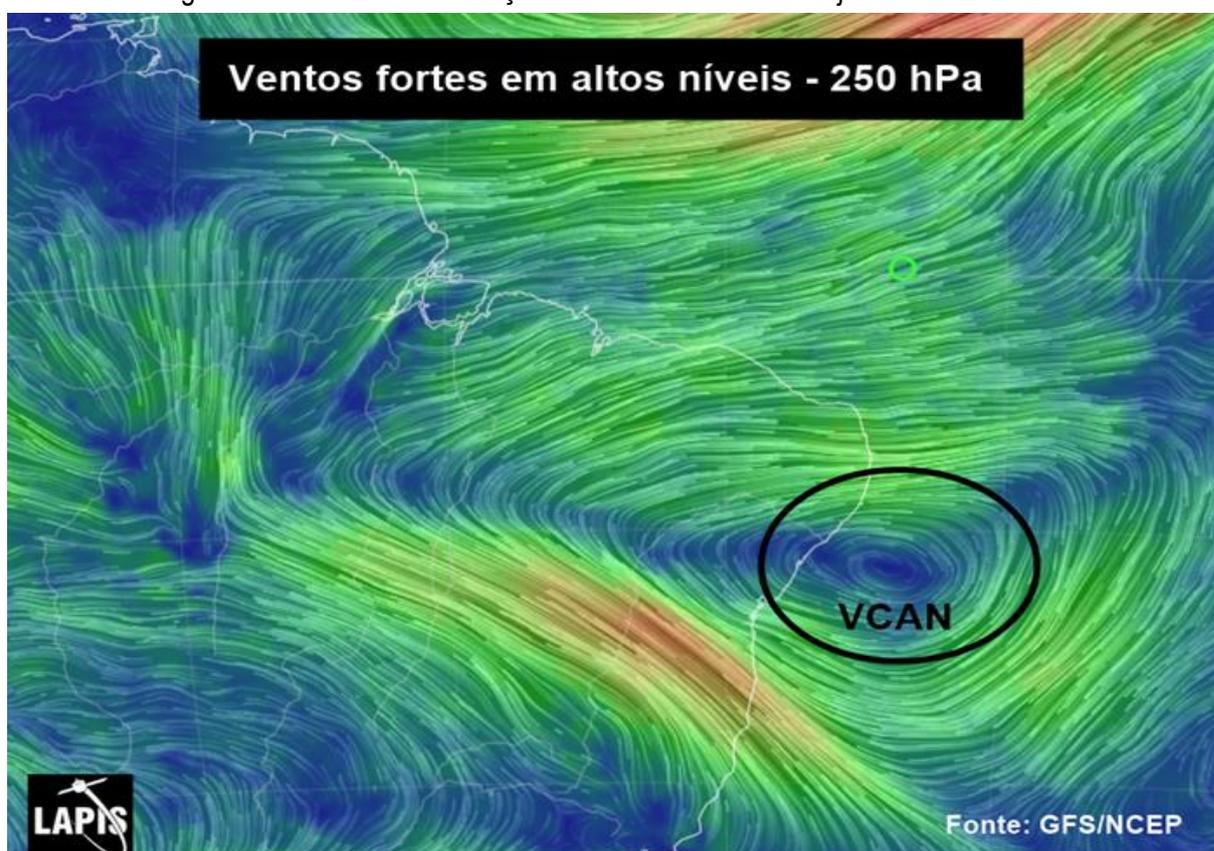
Outro fator determinante nas condições climáticas locais, é a atuação do anticiclone semifixo do atlântico sul (ASAS), que atua de modo a causar estabilidade nas estações secas de primavera e verão. É no ASAS que são originadas as massas de ar Tropical Atlântica, Equatorial Atlântica e os ventos alísios

de sudeste. O ASAS se desloca dos centros de alta pressão de onde se forma e estaciona mais interiorizado na estação de verão, atraído pelas baixas pressões. No inverno, a atuação do ASAS é afastada pelas perturbações frontais causadas pela Frente Polar Atlântica e perturbações ondulatórias de leste, mecanismos reguladores de suma importância para que haja precipitações mais abundantes características de outono-inverno (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs), também atuantes, se caracterizam pela circulação ciclônica de baixa pressão com o ar subsidente central mais baixo que sua periferia. A movimentação vertical descendente na parte central do vórtice inibe a formação de nuvens e a ascensão de ar nas suas partes periféricas provocando chuvas precedidas de nuvens convectivas. A região central do vórtice, portanto, apresenta céu limpo, já nas extremidades ocorre instabilidade/nebulosidade e formação de chuvas (Lyra; Arraut, 2023).

A atuação desse fenômeno (VCAN) pode durar semanas e promove estiagens no estado de Sergipe, o que inclui a área da sub-bacia do Rio Jacoca. Geralmente aparecem nos altos níveis da troposfera, sem causar instabilidade. Mas seus efeitos se sentem com maior intensidade quando estão de 3 a 9 km acima do nível do mar. Nos anos de ocorrência de *El Niño* sua ação se vê potencializada (Lima; Pinto, 2012) Figura 7.

FIGURA 7: Região Nordeste Brasil – Atuação do fenômeno VCAN em janeiro de 2024.



Fonte: GFS/NCEP (2024).

Os fenômenos do *El Niño* e *La Niña* também são condicionantes importantes do clima da sub-bacia do Rio Jacoca. O *El Niño* caracterizado pelo aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico inibe o fenômeno da *ressurgência*, provocando o enfraquecimento dos ventos alísios, não possuindo explicações e periodicidade bem estabelecidas para sua ocorrência pela ciência. Sabe-se apenas que esse evento costuma aparecer em espaços de 2 a 7 anos. Como um de seus principais efeitos, o *El Niño* promove a intensificação das estiagens na região Nordeste (INPE, 2024).

Leite (2020), na dissertação de mestrado, observou que houve menores índices de precipitação em Nossa Senhora das Dores, município de inserção de parte da sub-bacia do Rio Jacoca, nos anos de 1983, 1990 e 1998 e que estariam diretamente associados à ocorrência do *El Niño*. Com a *La Niña*, ocorre o inverso, pois a intensificação dos ventos alísios e impulsão da *ressurgência* nas águas do oceano pacífico (costas do Peru e do Chile), promovem maiores totais pluviométricos, o que pode estar por trás da explicação do porquê Nossa Senhora das Dores, segundo o citado autor, apresentou maiores precipitações nos anos de 1975, 1977, 1988 e 1989.

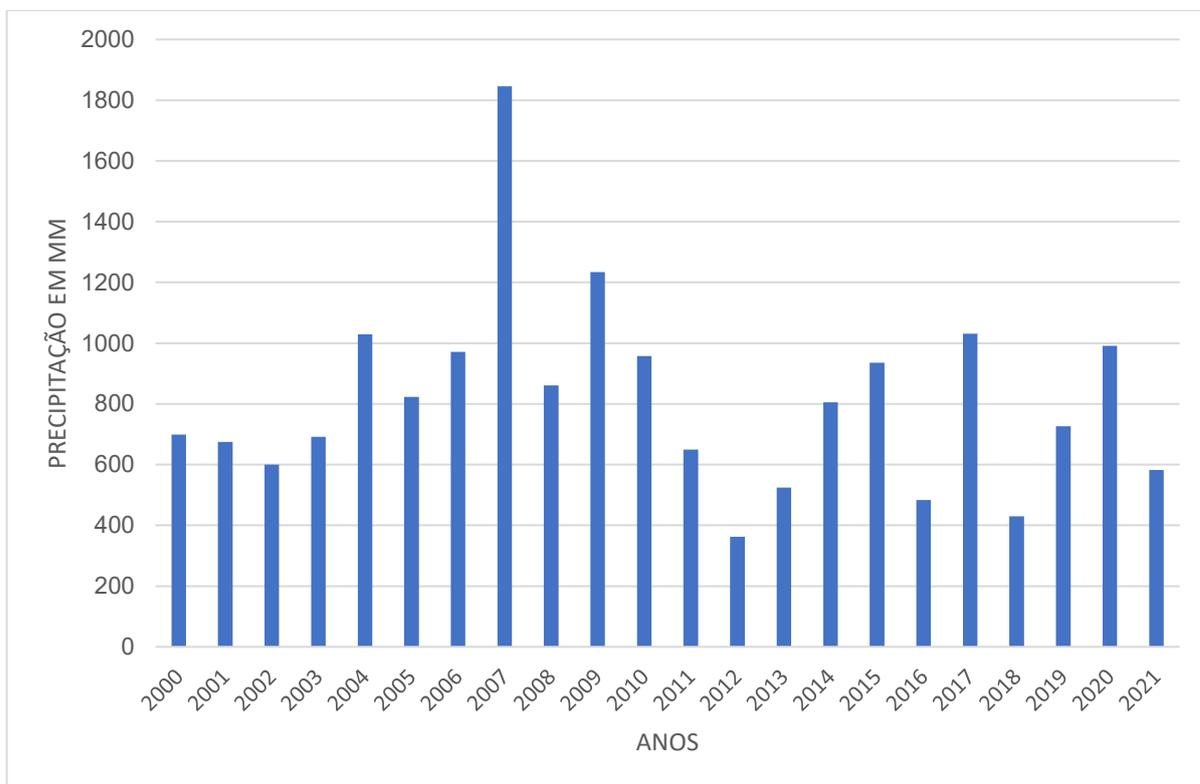
2.1.2 - Contexto climático local da sub-bacia do Rio Jacoca

O clima do município de Ribeirópolis varia de sub-úmido seco à semiárido, englobando a porção mais ocidental da sub-bacia do Rio Jacoca e onde os totais pluviométricos são mais baixos. Dado ao distanciamento do oceano, o clima nesse trecho da sub-bacia sofre influência da continentalidade, apresentando precipitação média anual relativamente baixa (814 mm) quando comparada com às médias registradas para os municípios litorâneos e temperaturas médias anuais de 24,3°C (EMDAGRO, 2024). Na série anual de precipitações, apenas os anos de 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2005, 2017 e 2020 apresentaram valores pluviométricos um pouco acima da média, com destaque para o ano de 2007 cujo índice ultrapassou os 1800 mm (Figura 8).

Em Ribeirópolis, face a proximidade com a Linha do Equador, as estações do ano não são bem definidas, não havendo nítidas distinções entre uma e outra e, portanto, seu verão é tido como longo e o inverno curto. As temperaturas locais, em geral, variam de 19°C a 34°C, raramente são inferiores a 17°C e superiores a 36°C.

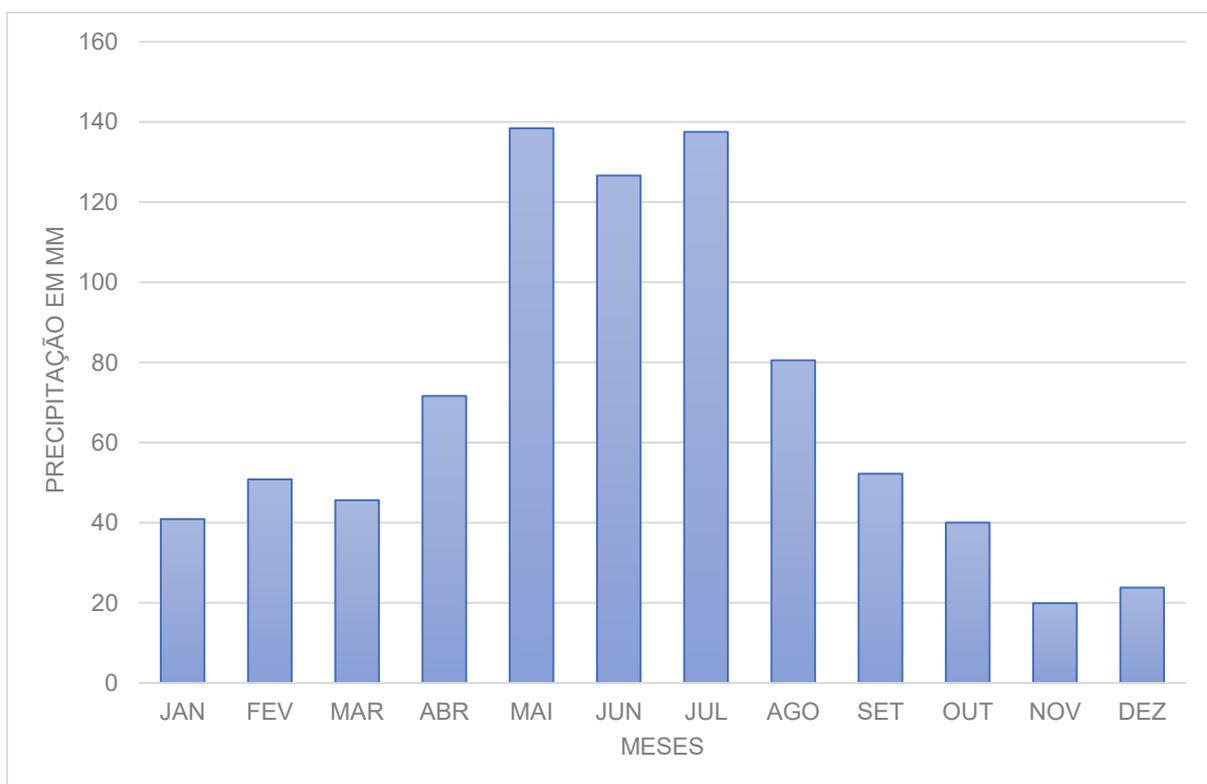
O período chuvoso do município de Ribeirópolis se estende dos meses de março a agosto a precipitação mensal de chuvas sofre variação sazonal significativa, sendo o mês de maior pluviosidade maio, com média de 138,4 mm. Entre setembro e março, há um déficit pluviométrico/hídrico, chegando o mês de novembro, em média, a ser menos chuvoso, com 19,9 mm (EMDAGRO, 2022) (Figura 9).

FIGURA 8: Ribeirópolis – Pluviosidade anual, 2000 a 2021.



Fonte: EMDAGRO (2022).

FIGURA 9: Ribeirópolis – Precipitação média mensal, 2000 a 2021.



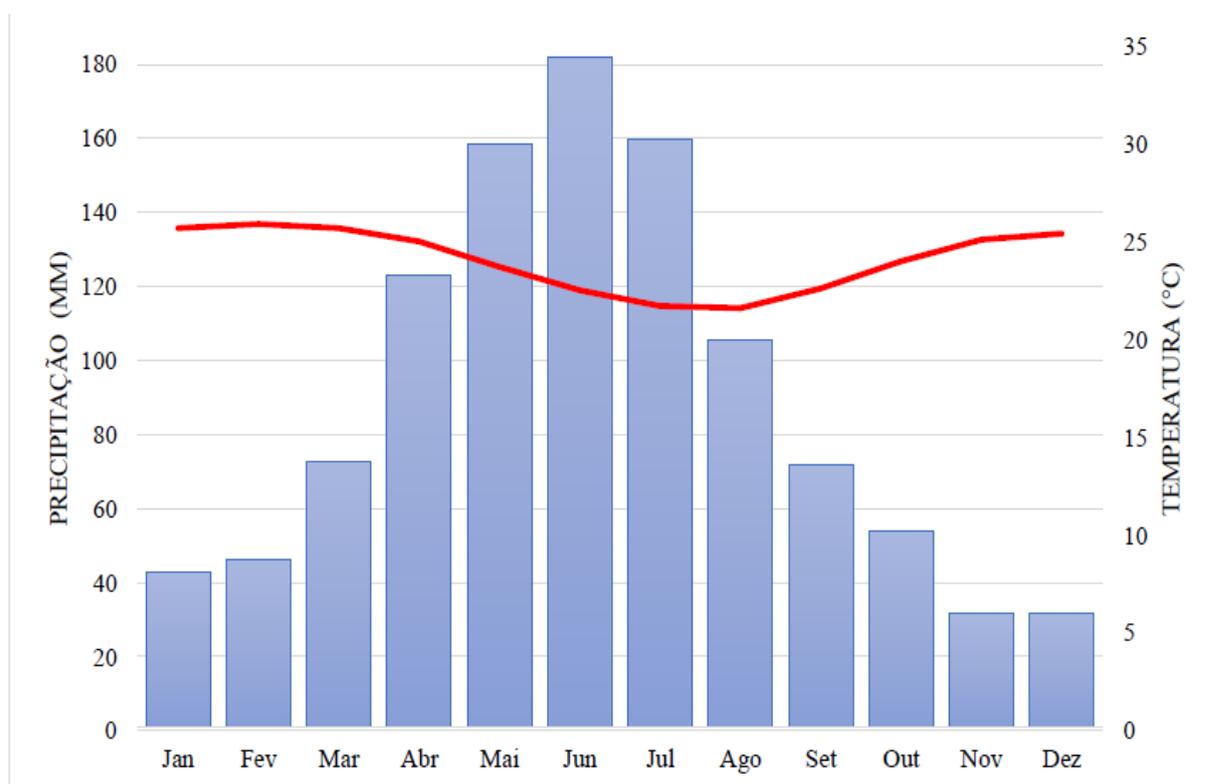
Fonte: EMDAGRO (2022)

No trecho da sub-bacia abrangido pelo município de Moita Bonita, predomina o clima sub-úmido a seco, semelhante ao de Ribeirópolis, com médias térmicas anuais de 24°C e período chuvoso de março a agosto e precipitações médias anuais de cerca de 1000 mm. Os meses de junho e julho costumam ser os de maior pluviosidade, constantemente ultrapassando 150 mm, ao passo que os meses de outubro, novembro e dezembro, por vezes, apresentam índices de precipitação nulos. Ao longo do ano, a temperatura de Moita Bonita raramente é inferior à 17°C ou superior a 35°C, com uma amplitude térmica oscilando entre 19°C e 33°C. Maio é o mês de maior pluviosidade média, com 94 mm de precipitação, enquanto dezembro, é o mês menos chuvoso, com média de 22 mm de chuva (SEDETEC, 2024).

O clima de Nossa Senhora das Dores é sub-úmido a seco, com estação chuvosa no inverno, nos mesmos meses e, à exemplo dos municípios anteriores, com temperatura média anual de 23,9°C. Sua precipitação média anual é de aproximadamente 1100 mm e as temperaturas médias mais altas em fevereiro (25,7°C) e as mais baixas em julho (21,5°C). A amplitude térmica é baixa, geralmente oscilando em apenas 4,2°C ao longo do ano (SEDETEC, 2024).

Junho é o mês em que habitualmente se registram as maiores médias pluviométricas com 189 mm de chuva. Entre o mês mais seco e o mais chuvoso, há uma diferença de 156 mm, atestando sazonalidade climática e um déficit pluviométrico considerável entre as estações de maior e menor precipitação (SEDETEC, 2024) (Figura 10).

FIGURA 10: Nossa Senhora das Dores – Climograma, 2020.



Fonte: Lucas Silva Leite (2020).

Na classificação de Köppen-Geiger, a sub-bacia do Rio Jacoca apresenta-se variando de sub-úmido seco a sub-úmido, no sentido oeste-leste, com a denominação regional de Clima Tropical do Nordeste Oriental possuindo 4 a 5 meses secos. Na direção oeste, o clima se apresenta um pouco mais seco dado a aproximação com o clima semiárido. Na direção leste, o clima se apresenta mais chuvoso.

Ainda nessa mesma classificação, o clima da sub-bacia é quente, com todos os meses ultrapassando média de 18° C e estação chuvosa no inverno, que corresponde aos meses de maio a julho. Na estação mais seca (estação de verão), a precipitação é inferior a 60 mm, correspondendo a menos de 4% da precipitação total.

De acordo com a SEMARH (2021), as precipitações na sub-bacia do Rio Jacoca variam entre 1100 e 1400 mm de leste à oeste, o que segundo a classificação de Köppen-Geiger, não configura nem clima semiárido, nem clima tropical litorâneo, mais bem, clima transicional, marcante da região do Agreste. Outras fontes corroboram essa informação ao atestar que, no agreste sergipano, chove em média entre 800 a 1200 mm anuais (Cruz, 2009).

2.2 - GEOMORFOLOGIA

A geomorfologia da sub-bacia do Rio Jacoca (Figura 11), é resultado da influência de diversas fases e contextos morfogenéticos ao longo de milhares de anos, expressando a manifestação da justaposição desses diferentes momentos na escala geológica do tempo.

Duas macros unidades geomorfológicas sobressaem na paisagem morfológica da área: a depressão sertaneja embutida na superfície pediplanada e as serras residuais. A depressão sertaneja caracteriza-se pela extensa área de superfície de erosão, onde predominam formas aplainadas de relevo plano a suavemente ondulado, muito embora compreenda uma diversidade de conjunto de padrões de relevo. As serras residuais se constituem como resquícios da erosão de superfícies cristalinas que outrora tiveram altitudes muito mais elevadas, mas que na atualidade se apresentam muito desgastadas (Figura 12 A e B).

De acordo com a proposta de Ab'Saber (1969) sobre os perfis geológico/geomorfológicos do Nordeste brasileiro, a origem da superfície pediplanada nordestina está ligada a eventos de interação entre mudanças climáticas e processos tectônicos. A intercalação entre climas pretéritos secos de chuvas esporádicas e concentradas e climas mais úmidos, possibilitou a formação de paleosuperfícies no Nordeste.

Neste sentido, as superfícies pediplanadas do Nordeste brasileiro tem sua origem relacionada a sucessivas fases de soerguimento e aplainamento do nível de base regional, o que permitiu não só o recuo de vertentes, mas também a possibilidade de remanescentes isolados de relevos residuais, além de superfícies pediplanadas interrompidas.

FIGURA 11: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Geomorfologia, 2024.

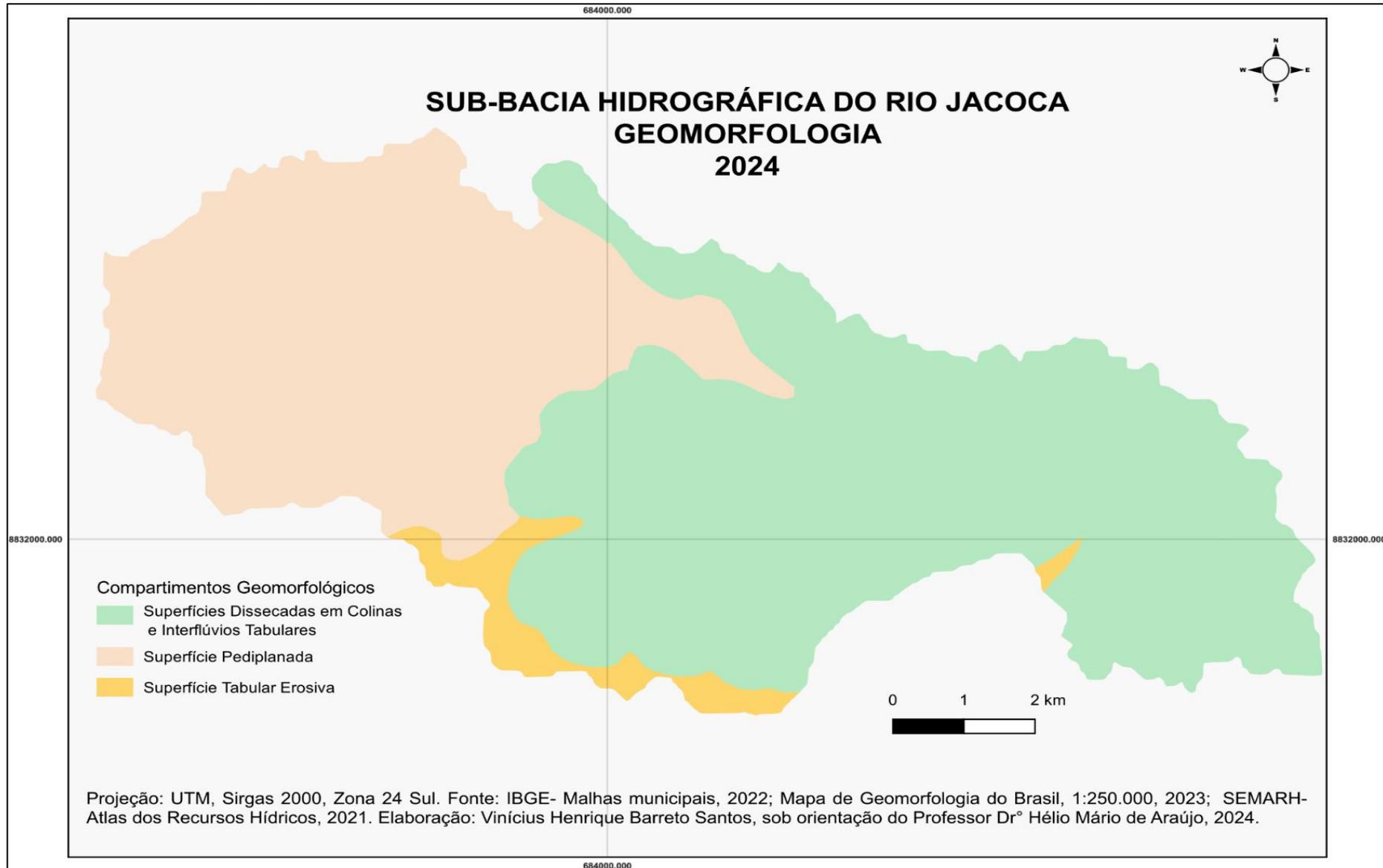


FIGURA 12 A - Serra do Itapicuru (N.S.das Dores); **B** - Serra do Capunga (Moita Bonita).



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Em Sergipe, as superfícies pediplanadas se encontram nas porções ocidental, central e sudoeste, abrangendo a maior parte da sub-bacia do Rio Jacoca. Sua localização se limita à leste pelos tabuleiros costeiros, pela superfície colinosa da bacia de Sergipe e pelo Domo de Itabaiana e ao sul, com o Planalto de Palmares.

Aparecem, vez por outra, formas residuais isoladas na paisagem, testemunhando os *inselbergs*, heranças de relevos de tempos pretéritos e que resistiram ao ataque das distintas formas de intemperismo às suas rochas. Na maioria das vezes, as superfícies aplainadas da depressão sertaneja se encontram entalhadas de forma incipiente em relevos de colinas amplas e suaves ou colinas dissecadas, conforme o condicionamento litológico propiciado pelos canais de drenagem. As cotas altimétricas dessas superfícies arrasadas normalmente não ultrapassam os 300 metros.

Na porção central do estado de Sergipe, *locus* da área objeto de estudo, sobressaem-se os *hogbacks*, cuja estrutura é condicionada por antigas falhas de empurrão, mantidos por metaconglomerados e quartzitos das Formações Itabaiana e Ribeirópolis, de idade Neoproterozóica, que se projetam sobre terrenos mais intemperizados e erodidos, modelados em substrato metamórfico e igualmente de idade Neoproterozóica, integrado por filitos, metarritmitos, metarenitos, metagrauvascas e mármore pertencentes às Formações Ribeirópolis e Frei Paulo.

A unidade geomorfológica Depressão Sertaneja é a mais extensa de Sergipe, sendo constituída por rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano da faixa de dobramentos sergipana, onde se encontra o Domínio Vaza-Barris abrangendo o território da sub-bacia do Rio Jacoca.

As serras residuais são produtos do arrasamento de antigos embasamentos rochosos, que atualmente funcionam como superfícies arrasadas de erosão, heranças de relevos com rochas mais resistentes. Na sub-bacia do Rio Jacoca, encontram-se duas dessas principais heranças, a Serra do Capunga e a Serra do Machado, as quais pertencem ao Domo de Itabaiana e Simão Dias (Carvalho; Martins, 2017).

O Domo de Itabaiana localizado na porção central do estado de Sergipe, está delimitado à leste pelos tabuleiros dissecados do Grupo Barreiras e pelos relevos de colinas da bacia de Sergipe; à oeste, pelas superfícies planas e relevos arrasados do pediplano sertanejo; e a sul, pelo vale encaixado do rio Vaza-Barris (Lima, 2017).

O Domo de Itabaiana se destaca por ser um alto estrutural formado por grande estrutura antiformal, grandemente atacada por processos denudacionais. Os flancos do Domo de Itabaiana são sustentados por rochas resistentes em forma de cristas anelares, atingido cotas relativamente elevadas em relação ao contexto local, cujas altitudes variam entre 300 e 650 metros, dando origem às serras. Os flancos arrasados do Domo de Itabaiana se elevam abruptamente em relação às áreas circunvizinhas, deixando depositados em seus sopés extensas rampas de colúvio (Lima, 2017).

2.2.1 - Subunidades geomorfológicas

Nas macros unidades do relevo da sub-bacia do Rio Jacoca, se expressam 3 subunidades: as superfícies dissecadas em colinas e interflúvios tabulares, as superfícies pediplanadas e as superfícies tabulares erosivas.

As superfícies dissecadas em colinas e interflúvios tabulares, de maior expressividade areal, ocorrem na parte centro-leste da sub-bacia. Esses tipos geomorfológicos evoluíram a partir da dissecação de relevos constituídos por rochas cristalinas do Grupo Vaza-Barris. Os vales fluviais dessa forma de relevo se apresentam, a mais das vezes, com formato de “v”, entalhados pela capacidade erosiva dos rios, podendo o surgimento de anomalias no padrão de drenagem estarem relacionadas à tectônica de falhas.

Os relevos dissecados em colinas e morros baixos, apresentam altitudes que variam entre 70 m e 160 m. Os morros baixos ocorrem de forma isolada, apresentando topo curto, alongado, convexo e eventualmente aguçados, com altimetrias entre 40 m a 90 m. Esse tipo de feição se encontra esculpido em diferentes rochas na área da sub-bacia do Rio Jacoca (Figura 13 A e B).

FIGURA 13 A e B - Superfície dissecada em colinas e interflúvios tabulares, N.S. das Dores.



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Nas superfícies dissecadas em colinas pode haver a ocorrência de anomalias de drenagem, com representação em leitos rochosos, desvio abrupto de direção, bem como evidências de controle estrutural. Os morros baixos são caracterizados por serem formas de relevo alongadas e isoladas, apresentando vertentes de declividade forte e equivalentes, as quais acabam se interceptando e formando linha contínua, podendo se apresentar com cristas nos seus topos relacionadas à dissecação.

As vertentes das superfícies dissecadas em colinas e morros baixos são majoritariamente convexas, com setores retilíneos a côncavos nos seus terços médio e inferior. Em áreas onde há a presença de colinas, as vertentes possuem declividade ondulada a forte ondulada, normalmente oscilando entre 8° a 24°. Há trechos do vale do Rio Jacoca, onde o gradiente de declividade supera os 24°, sendo, pois, uma exceção à regra.

Litotipos variados do Grupo Vaza-Barris, do Domínio Vaza-Barris, formam a base esculpida das superfícies dissecadas em colinas e morros baixos, a exemplo de filitos, metagrauvas e metarritmitos da Formação Frei Paulo.

Outras feições morfológicas presentes nessa subunidade, são as superfícies dissecadas em colinas e espigões, cujas altitudes estão na faixa dos 120 m a 260 m, aumentando gradativamente para noroeste. Geralmente são encontradas nos interflúvios colinosos que separam a sub-bacia do Rio Jacoca

da do Riacho Zaloc. Canais fluviais de pequenas extensões nascem nos seus interflúvios (Figura 14 A e B).

FIGURA 14 A e B: Superfícies dissecadas em colinas e espigões no município de Moita Bonita.



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Colinas amplas de topo largo se destacam nessa feição, com declividade moderada, de até 5°, bem como vertentes de gradiente ondulado a forte ondulado (5° a 24°). A superfície dessas feições possui amplitude que varia, em relação ao terreno subjacente, de 4 a 40 m. Como suas vertentes mergulham em direção a vales de amplitudes e incisões diferenciadas, intervenções antrópicas para barramento de canais, em geral, intermitentes, são utilizados para formação de tanques e/ou reservatórios de dessedentação animal. Formas erosivas de diferentes estágios evolutivos, como sulcos, ravinas e terracetes formados pelo pisoteio do gado, ocorrem com frequência nos terços médio e inferior dessas vertentes, contribuindo para degradação ambiental da área (Figura 15 A, B e C).

FIGURA 15 A, B e C: Cicatrizes no solo em forma de terracetes. Capungua (A e C); Massaranduba (B).



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

A superfície pediplanada domina a porção oeste da sub-bacia. Os modelados de dissecação da superfície pediplanada são de natureza homogênea, de relevo suave-ondulado a fortemente ondulado sobre rochas do embasamento cristalino recobertas, em parte, por sedimentos inconsolidados de idade tércio-quaternária (Figura 16 A e B).

FIGURA 16: Vista da superfície pediplanada em Ribeirópolis (A) e Nossa S. das Dores (B).





Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

A superfície tabular erosiva, pertence a um grupo de morfologia de topo horizontal a sub-horizontal, sendo integrados por gradientes de declividade plana a ondulada (0 a 8°) e delimitados por vertentes de declividade suave a fortemente ondulada (5° a 24°), decorrente de processos de dissecação em superfície. Tais formas de relevo são relictuais, formadas em tempos pretéritos, mas que sofrem a ação da morfodinâmica atual. Essas formas de relevo são delimitadas por rampas e/ou espigões, os quais parecem a forma de uma lombada. Os tabuleiros na sub-bacia do Rio Jacoca são esculpidos pelas rochas metamórficas do Domínio Vaza-Barris.

As superfícies tabulares em rampas e pedimentos, são uma das variações encontradas nessa subunidade de relevo. Sucessivas fases erosivas compõem seus ciclos de aplainamento, gerando sistemas de rampas inclinadas, moderadamente côncavas, mas que não chegam a alterar sua fisionomia plana. Apresentam rochas com pouca alteração, truncadas pelos processos denudacionais.

A superfície tabular erosiva possui inclinação no sentido leste, com o topo convexo e eventualmente côncavo, situado em área de cabeceira de drenagem. As declividades dessa feição variam de ondulada a suavemente ondulada, chegando a 8° de inclinação.

Essa feição se encontra localizada no sopé da escarpa leste da Serra do Itapicuru, onde ocorre a mobilização de sedimentos que alimentam as rampas colúvio-pedimentares. Sua constituição litológica é integrada por rochas da formação Itabaiana, como: quartzitos, metaconglomerados, metarenitos e metapelitos. É nessa feição que se encontra as principais cotas altimétricas da sub-bacia do Rio Jacoca, variando de 150 a 260 m de altitudes. A amplitude topográfica das morfologias da superfície tabular em rampas e pedimentos é de até 35 m, desenvolvendo-se unicamente em litotipos da Formação Itabaiana.

O vale encaixado do Rio Sergipe também é considerado um modelado de dissecação com feições próprias que modela a sub-bacia do Rio Jacoca em trechos de seu baixo curso. Essa feição é resultado da competência do Rio Jacoca em entalhar seu leito, produzindo um vale encaixado em rochas do embasamento cristalino.

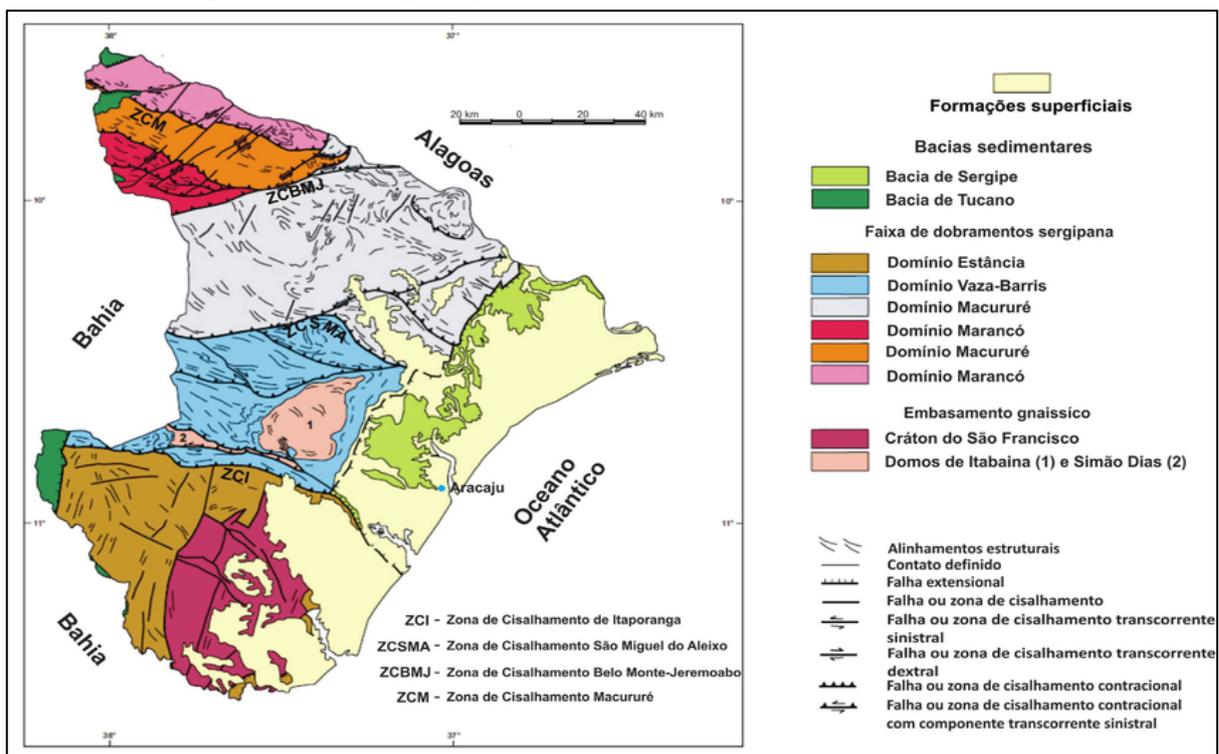
As feições estão associadas a vertentes com alta declividade em terrenos rodeados por relevos colinosas, alcançando uma amplitude altimétrica entre 8° a 24° (forte ondulada a escarpada). De um modo geral, essa feição associa-se à tectônica de falhas da área de ocorrência.

2.3 - GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA

Geologicamente, o estado de Sergipe se encontra na transição entre três províncias estruturais: a Província do São Francisco, a Província Borborema e a Província Costeira e Margem Continental.

A planície da Borborema corresponde à região de dobramentos do Nordeste, estendendo-se por grande parte dessa região. Caracteriza-se por presença marcante de plutonismo granítico e grandes zonas de cisalhamento transcorrentes, em função do Ciclo Brasileiro. Em tal contexto, ocorrem faixas de dobramentos meso a Neoproterozóico, alternadas com relevos granítico-gnáissicos, majoritariamente arqueanos a paleoproterozóico, denominados maciços medianos. Em Sergipe, destaca-se na Faixa de Dobramentos Sergipana (Silva; Pereira, 2020) Figura 17.

FIGURA 17: Sergipe – Domínios geológicos, 2001.

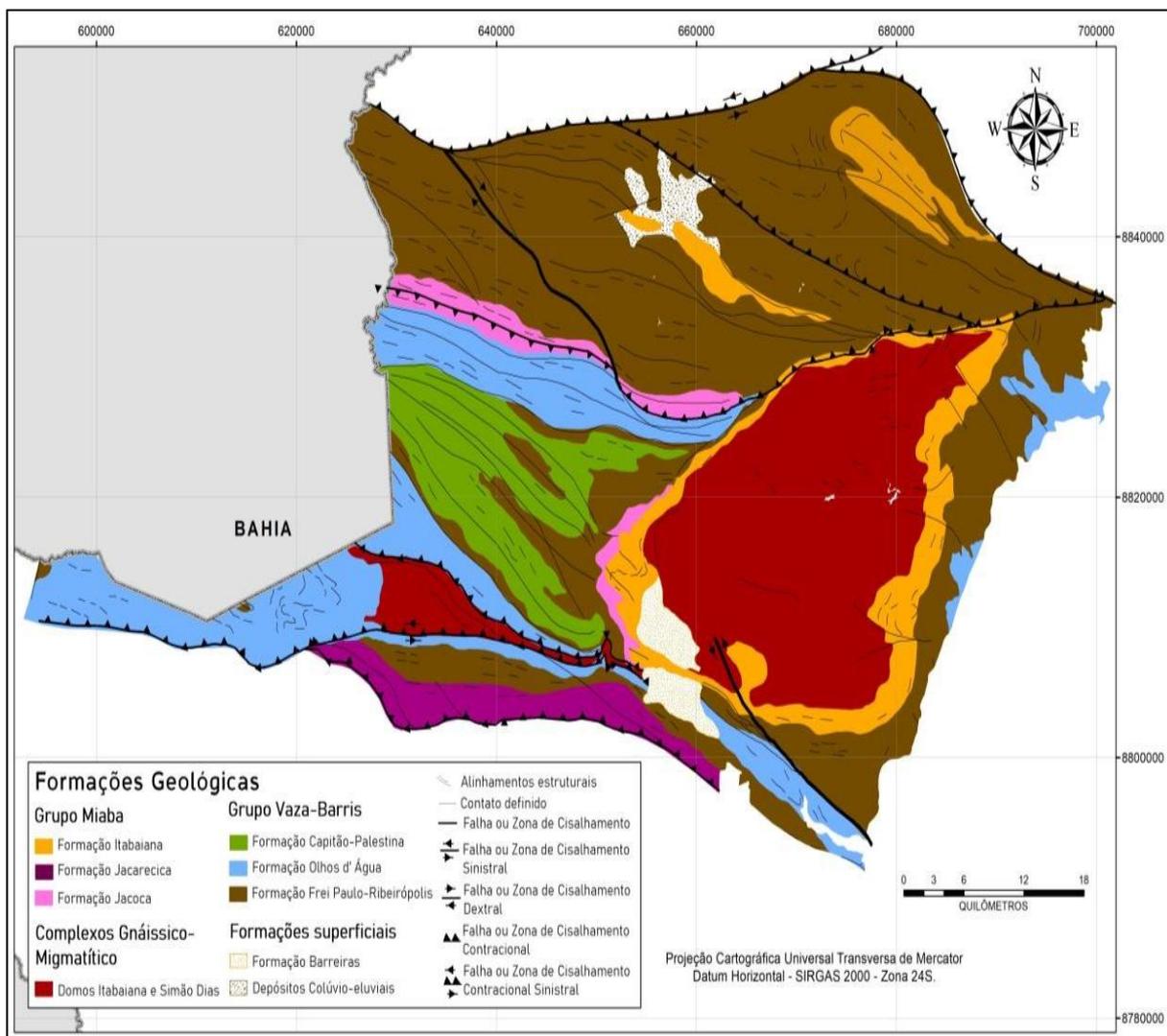


Fonte: Santos *et al*, 2001.

A Faixa de Dobramentos Sergipana está associada ao ciclo Brasileiro, evento orogênico de ocorrência datada entre o final do Proterozóico e o início da era paleozóica. Durante a ocorrência desse ciclo houve a colisão de placas tectônicas e a formação de cinturões orogênicos espalhados em diferentes partes da América do Sul (Almeida, 2019).

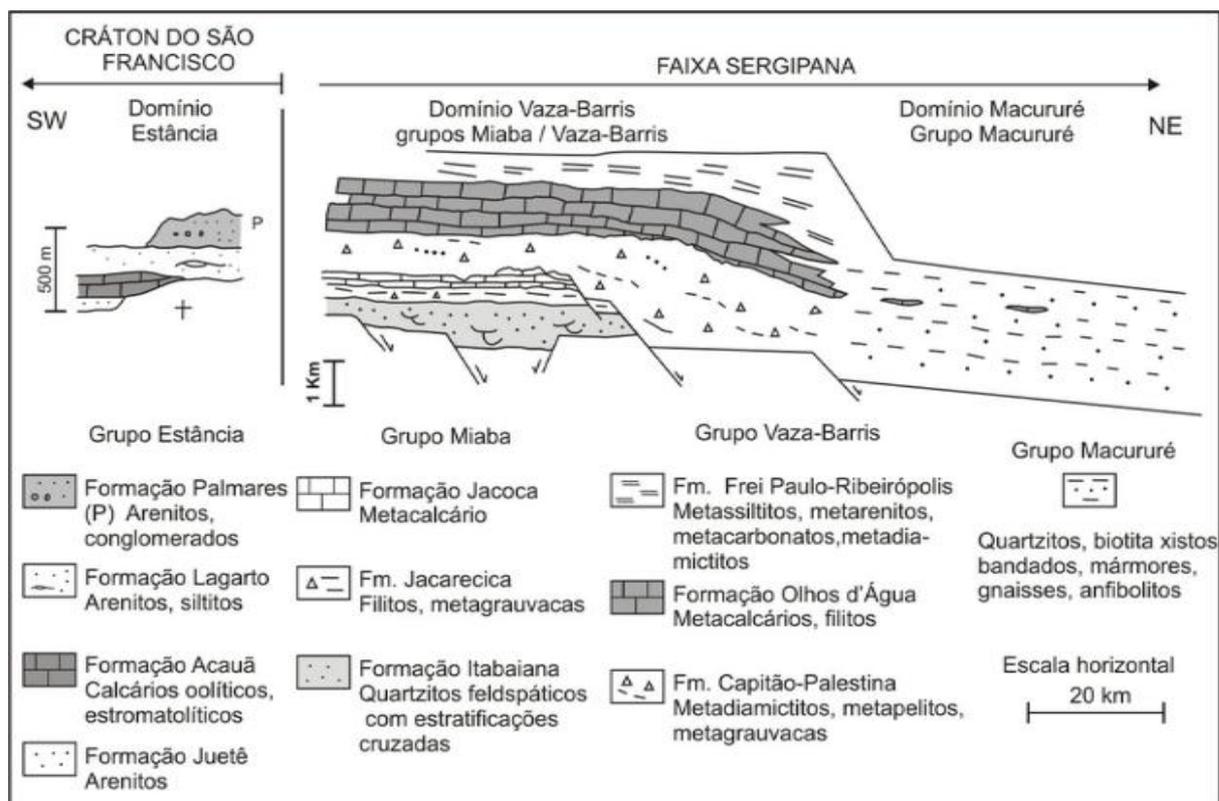
A sub-bacia do Rio-Jacoca se insere no Grupo Miaba, do Domínio Vaza-Barris, da Faixa de Dobramentos Sergipana, incluindo-se nas Formações Frei-Paulo-Ribeirópolis, Itabaiana e no Domo de Itabaiana/Simão Dias. O Domínio Vaza-Barris se localiza na parte central do estado de Sergipe, prolongando-se à oeste além dos limites do Estado e para leste até a bacia sedimentar sergipana, limitada por falhas que vem sofrendo reativações desde sua formação. O Grupo Miaba (Figura 18) apresenta distribuição nas bordas dos domos de Itabaiana e Simão Dias e em trechos no sentido WNW-ESSE, preponderando nas faixas central e norte do Domínio Vaza-Barris (Lima; Araújo, 2023) (Figura 19).

FIGURA 18: Faixa de Dobramentos Sergipana, Domínio Vaza-barris, 2022.



Fonte: Lima, 2022.

FIGURA 19: Faixa de Dobramentos Sergipana, Estratigrafia do Grupo Miaba, 2011.



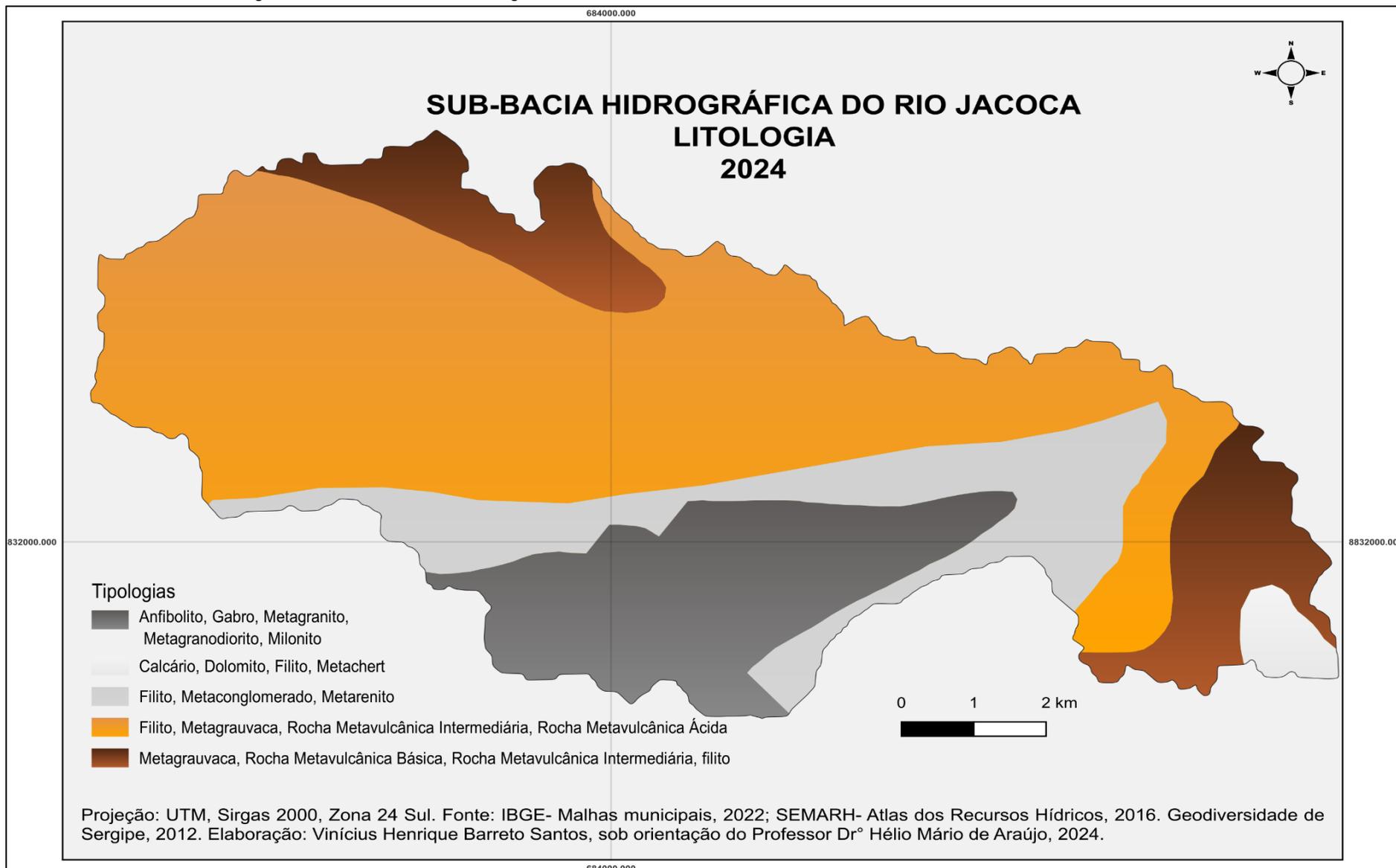
Fonte: Uhlein *et al*, 2011.

O Domínio Vaza-Barris engloba quatro bacias hidrográficas sergipanas, dentre as quais: Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. A sub-bacia do Rio Jacoca faz parte do braço direito do Rio Sergipe e, portanto, geologicamente, pertence a esse Domínio.

A Formação Frei-Paulo se encontra nas porções norte-noroeste e sudeste, em trecho próximo ao exutório da sub-bacia. Caracteriza-se pela presença de filitos, siltitos, metarenitos impuros, metarritmitos (margas, calcários, folhelhos e siltitos) Figura 20. As condições de sua formação foram em ambientes de plataforma lamosa, com eventuais condições de ambientes intramaré. Na sub-bacia do Rio Jacoca, destaca-se a presença de filitos.

A Formação Ribeirópolis engloba grande parte da área da sub-bacia do Rio Jacoca. Essa Formação é de idade muito antiga, datando do éon proterozóico, mais especificamente no período criogeniano. A formação Ribeirópolis está composta por filitos siltosos ou seixos com intercalações de metagrauvas; metaconglomerados e metavulcanismo ácido a intermediário (Figura 20). Esses tipos litológicos estão amplamente distribuídos na sub-bacia do Rio Jacoca. Acredita-se que essa Formação esteja relacionada à ambiente deposicional com correntes de detritos; ambientes instáveis e/ou mesmo vulcanismo pré-orogênico (Santos; Martins; Neves; Leal, 2001).

FIGURA 20: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Litologia, 2024.



Na sub-bacia do Rio Jacoca, encontram-se as variações de litofácies do tipo 1 (MNr1) e litofácies de tipo 3 (MNr3), conforme proposição de Santos *et al.* (2001). A litofácia do tipo 1 (MNr1) se encontra de forma exígua na porção sudoeste da sub-bacia, junto à litofácia 3, que engloba a ampla maioria dessa Formação na área (Santos; Martins; Neves; Leal, 2001).

A litofácies do tipo 1 (MNr1) compõe-se de filitos siltosos ou seixos com intercalações de metagrauvas; metaconglomerados e metavulcanismo ácido a intermediário. A litofácia de tipo 3 (MNr3), engloba metagrauvas seixosas, metagrauvas e metaconglomerados predominantes (Figura 19).

As áreas de abrangência do Domo de Itabaiana, apresentam formações geológicas que se encontram principalmente na porção centro-sul da sub-bacia. As litologias dominantes são do complexo gnáissico-migmatítico, principalmente ortognaisses miloníticos bandados (Figura 19). Decorrem disso, rochas extremamente antigas, datando do período pré-cambriano, éon arqueano, com idade de mais de 2.5 bilhões de anos, chegando a quase 3. Nota-se nesse trecho da sub-bacia do Rio Jacoca, a existência de anfibolitos e gabros com feições migmatíticas.

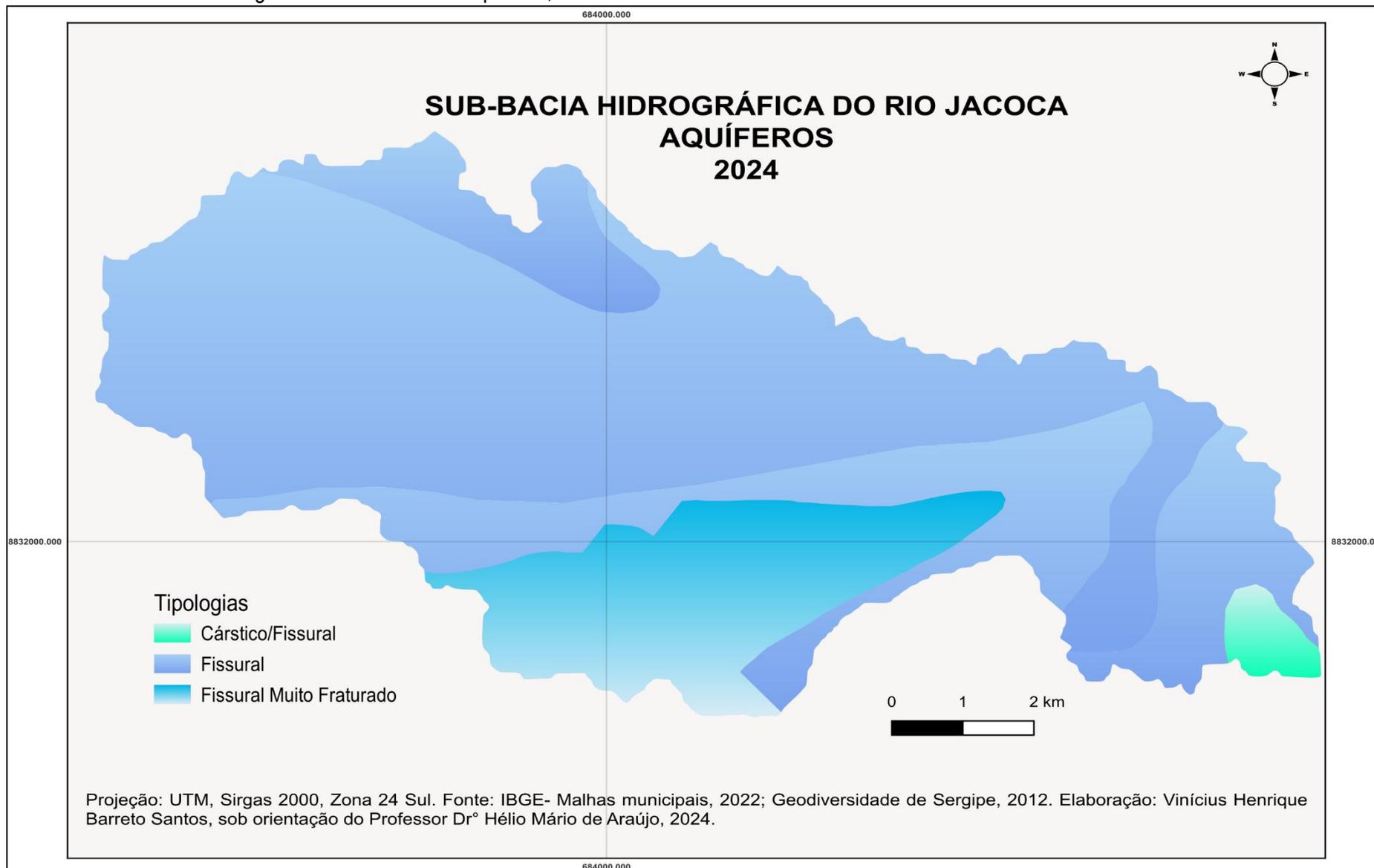
A Formação Itabaiana recobre a bacia do Rio Jacoca em uma faixa relativamente estreita, que se estende no sentido oeste-leste, interseccionando grande parte de sua distribuição junto as áreas de influência do Domo de Itabaiana. Na porção extremo leste da sub-bacia, próximo a confluência do Rio Jacoca com o rio Sergipe, encontra-se uma pequena área de Formação Itabaiana.

A Formação Itabaiana está composta por conglomerados intercalados de clastos do embasamento, metarenitos e quartzitos médios a grossos, quartzitos finos, filitos às vezes negros; metarenitos conglomerático no topo, bem como estruturas paralelas e cruzadas planas e festonadas; ondulações e estrutura de escape de fluidos. Na sub-bacia do Rio Jacoca, no sentido centro oeste/leste, destacam-se os metarenitos e na porção junto à desembocadura, litologia calcária.

Existe ainda a ocorrência de aquíferos na sub-bacia do Rio Jacoca, abrangendo categorias, tais quais: cárstico/fissural, fissural e fissural muito fraturado (Figura 21). O aquífero cárstico/fissural se desenvolve devido a existência de rochas solúveis/carbonáticas, que fazem com que a água percole por aberturas e ou cavidades criadas por essa condição de solubilidade. Não obstante, esse tipo de aquífero não apresenta características inteiramente associadas às feições cársticas, sendo mescladas por aspectos do tipo fissural (Almeida, 2019).

Nos aquíferos do tipo fissural, as águas circulam por fraturas, falhas ou fendas encontradas nas rochas, armazenando-se a água nas fraturas interconectadas das rochas de tipos mais resistentes, tais quais as magmáticas e metamórficas. Sua capacidade de armazenamento de água está condicionada a quantidade de fraturas existentes nas rochas, o que determina o tipo aquífero fissural muito fraturado, dada a intensidade da existência dessas fraturas.

FIGURA 21: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Aquíferos, 2024.



2.4 - VEGETAÇÃO

A vegetação é resposta das múltiplas influências geoambientais das áreas em que se encontram distribuídas, à exemplo do substrato rochoso, dos tipos de solos, do regime climático/hidrológico, da insolação. Desse modo, as diferentes fitofisionomias se adaptaram ao longo da história geológica do planeta terra, evoluindo e mutando perpetuamente até se encontrar com as feições atuais.

A sub-bacia do Rio Jacoca apresenta formação Florestal Estacional Semidecidual, atestando o caráter contrastante entre um período chuvoso e outro seco. Essa cobertura florestal deriva de uma das tipologias de remanescentes de Mata Atlântica, sendo menos densa que a Floresta Ombrófila Densa, porém se confundindo com ela na ocasião do período chuvoso. A vegetação de Floresta Estacional Semidecidual chega a um máximo de 20 metros, com árvores de tronco delgado, eretos e de copas um tanto estreitas (Brasil, 1983) Figura 22 A e B.

FIGURA 22 A e B: Floresta estacional semidecidual nos períodos seco (A) e úmido (B).



Créditos: Figura A: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024. Figura B: José de Araújo Coelho Filho, 2009

Com o processo de adaptação às condições ambientais, percebe-se ao longo do ano, quando se acentua a condição de estiagem, a perda de folhas de parte dessa vegetação como mecanismo de adaptação às condições de déficit hídrico. Ainda assim, existe rica variedade de espécies de plantas e animais nessas formações vegetais (IBGE, 2012).

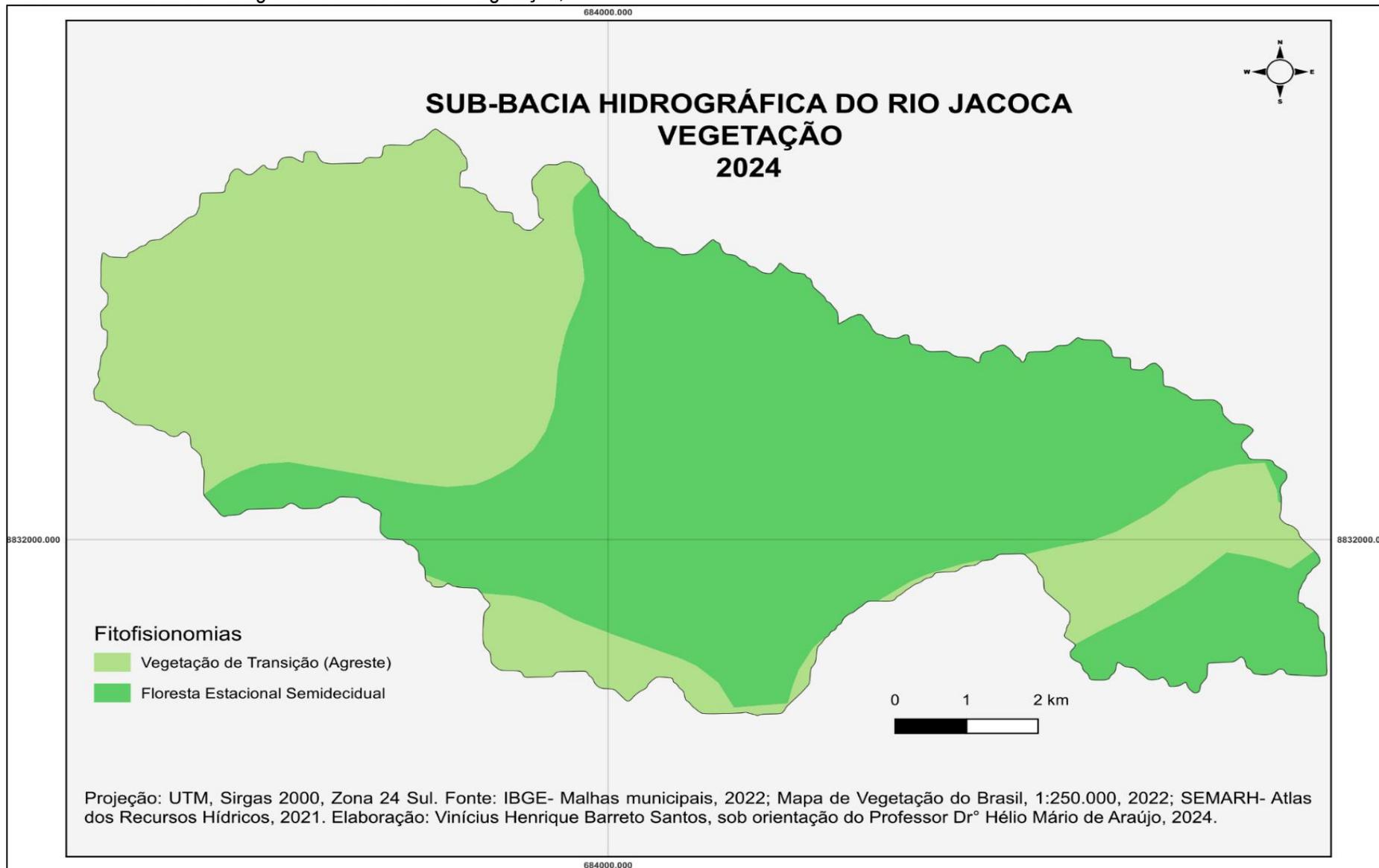
A Floresta Estacional Semidecidual ocorre na região Nordeste respondendo a um regime climático de temperaturas acima de 22°, com período seco de 4 a 6 meses. Dois estratos de Floresta Estacional Semidecidual ocorrem na sub-bacia do Rio Jacoca: As Florestas Estacionais Semidecíduais de terras baixas e as Florestas Estacionais Semidecíduais Sub-montanas. As Florestas Estacionais Semidecíduais de terras baixas ocorrem na faixa de 5 a 100 metros de altitude, podendo chegar até os 200 metros. Por outro lado, as Florestas Estacionais Semidecíduais Sub-montanas se encontram, especialmente, em Tabuleiros Costeiros, Depressões Interplanálticas, planaltos e chapadas, sendo tipo florestal típico de áreas cristalinas de faixa altitudinal entre 100 a 600 m (Brasil, 1983) (Figuras 23 A e B e 24).

FIGURA 23 A e B: Floresta Estacional Semidecidual em Massaranduba, N. S. das Dores.



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

FIGURA 24: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Vegetação, 2024.



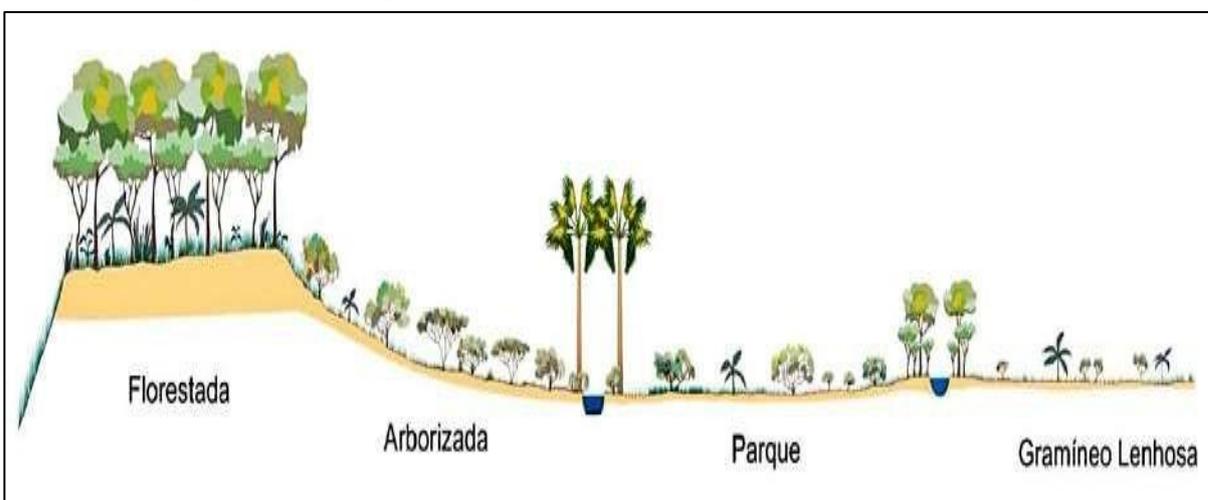
Nas demais áreas da sub-bacia do Rio Jacoca, existe vegetação de transição (contato/ecótonos), regionalmente conhecida como vegetação de agreste e que assemelha à vegetação de cerrado, contendo alguns tipos típicos de Caatinga mesclados com tipos de Floresta Estacional Semidecidual. A Vegetação do Agreste é em geral de pequeno porte e esparsa, contendo aqui e ali alguns arbustos, a exemplo da tradicional Jurema (*Mimosa tenuiflora*). Existem, ainda, nesse contexto, cactáceas, combretáceas e mirtáceas, além de leguminosas (Figuras 25 e 26).

FIGURA 25: Vegetação de transição/contacto-ecótonos (Agreste), povoado Esteios-Ribeirópolis.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

FIGURA 26: Representação esquemática das fitofisionomias de cerrado.



Fonte: IBGE, 2012.

É difícil estabelecer delimitações rígidas para fins cartográficos em se tratando de aspectos tão complexos como a constituição vegetal, mas, em geral, começa-se a perceber a transição entre a Floresta Estacional Semidecidual e a Vegetação de Agreste quando há o predomínio de arbustos sobre árvores e outras espécies típicas de Mata Atlântica. Entre as espécies arbóreas e arbustivas mais comuns do Agreste se encontram: o Cajueiro (*Anacardium occidentale*), a Sucupira (*Bowdichia virgilioides*), o Mandacaru (*Cereus jamacaru*), o Cajueiro-bravo (*Curatella americana*), a Mangabeira

(*Hancornia Speciosa*), o Dicurizeiro (*Syagrus coronata*), o Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), entre tantas outras (Figura 27 A, B, C e D).

FIGURA 27 A, B, C e D: Juazeiro (A); Cajueiro (B); Umbuzeiro (C) e Dicurizeiro (D).





Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

É geralmente nas cotas mais elevadas (topos de serras e colinas, interflúvios) e ao longo de canais fluviais (nascentes, riachos, rio) que se encontram os remanescentes de vegetação original da sub-bacia do Rio Jacoca, amplamente devastada para dar lugar, principalmente, às pastagens.

Normalmente, as fitofisionomias de Floresta Estacional Semidecidual se encontram distribuídas nas encostas, fundos de vales e bordas de tabuleiros. As espécies de gramíneo-arbustivas colonizam o terço superior de vertentes, morros e serras. Quando se observa o predomínio da espécie Jurema (*Mimosa tenuiflora*) é indicativo de que o bioma caatinga está cada vez mais próximo (Figura 28).

FIGURA 28: Jurema (*Mimosa tenuiflora*).

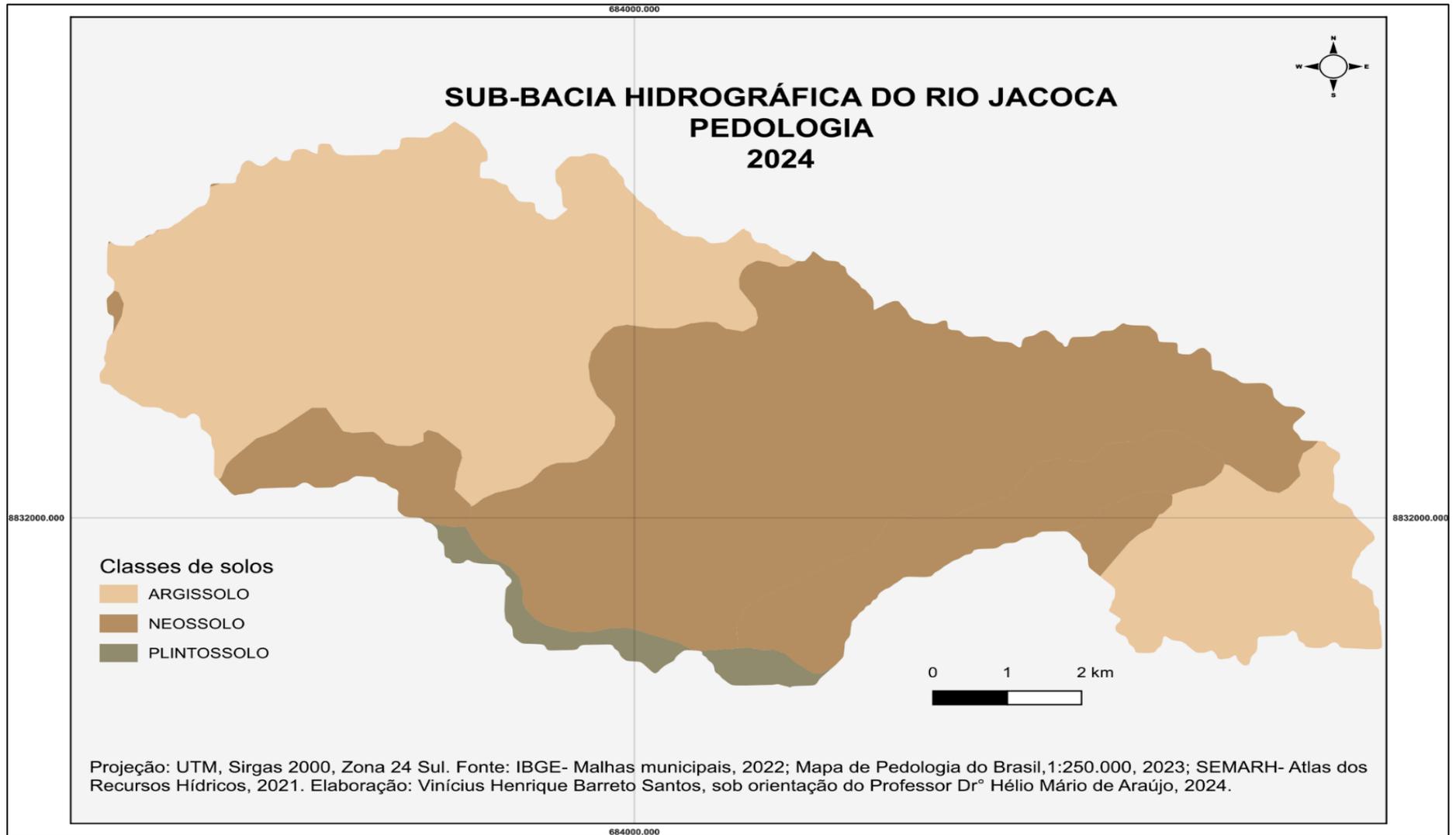


Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

2.5 - CARACTERÍSTICAS E DISTRIBUIÇÃO DOS SOLOS

Dentre os tipos de solos encontrados na sub-bacia do Rio Jacoca, destacam-se os Argissolos, Neossolos e Plintossolos. No que tange aos argissolos, na sub-bacia do Rio Jacoca, encontra-se os Argissolos Argilúvico, litólicos, quartizarênicos, vermelho-amarelo (Figura 29).

FIGURA 29: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Pedologia, 2024.



Os argissolos são solos que variam de profundidade moderada a alta, relativamente drenados, com horizonte **B** pronunciado, com cores vermelhas a amarelas e textura argilosa. Nesses solos o teor de matéria orgânica é baixo. A atividade de argila é baixa e a saturação por bases, alta. Seu desenvolvimento se dá a partir de sedimentos de origem diversa, em áreas de relevos planos a ondulados. São um dos tipos de solos, ao lado dos latossolos, mais difundidos em território nacional, não sendo surpresa poder encontrá-los na área abrangida pela sub-bacia do Rio Jacoca e, à diferença dos latossolos, ocorrendo em áreas de relevos com maior declividade e dissecação (EMBRAPA, 2024). Na sub-bacia ocorrem dois tipos: os argissolos vermelho-amarelo distróficos e os argissolos vermelho-amarelo eutróficos úmbricos.

Os argissolos vermelho-amarelo distróficos são solos de baixa fertilidade e que estão relacionados à Floresta Estacional Semidecidual. São solos que apresentam horizonte de acumulação de argila e suas cores vermelho-amareladas se devem a presença de mistura de óxidos de ferro hematita e goethita. Esses solos apresentam textura média/argilosa, horizonte **A** moderado e se encontram em relevos planos a suave ondulados. Esses solos se desenvolvem nos sedimentos do Grupo Barreiras, podendo, também, serem desenvolvidos sob influência de rochas cristalinas, tal é o caso da sub-bacia do Rio Jacoca. Os argissolos vermelho-amarelo eutróficos úmbricos apresentam, ao contrário, boa fertilidade, de textura média/argilosa, horizonte **A** moderado a proeminente, sendo encontrado em morfologias de relevo dissecado ondulado a forte ondulado (EMBRAPA, 2024; SEMARH, 2021).

Os Neossolos são solos de pouco desenvolvimento, jovens, com pouca formação e, portanto, não apresentam horizontes desenvolvidos, a exemplo dos latossolos, possuindo menos de 20 cm de espessura. Sequer apresentam horizonte **B** diagnóstico. A matéria orgânica ou mineral desses solos é praticamente nula. Geralmente estão associados a relevos de declividade mais alta (EMBRAPA, 2024).

Os Neossolos são solos com evidentes limitações ao uso agrícola, dado a sua pequena profundidade, possuindo baixo potencial de armazenamento de água, alta pedregosidade e grande susceptibilidade à erosão. Seu uso se vê condicionado a pastagens naturais e cultivos de subsistência, sendo indicados principalmente para preservação ambiental (Alves, 2019).

Na sub-bacia do Rio Jacoca ocorrem dois tipos, a saber: Neossolo litólicos eutrófico e Neossolo fúlico eutrófico (SEMARH, 2021). Os Neossolo litólicos eutróficos apresentam alta fertilidade, sendo condicionado pela presença de alumínio e saturação por bases, assim como textura arenosa média, horizonte **A** fraco a moderado e relevo ondulado a forte ondulado. Constantemente se apresentam associados aos Argissolos Vermelho-Amarelo Eutróficos. Esse tipo de solo costuma estar relacionada a áreas com afloramentos rochosos. Em relação aos Neossolos fúlico eutróficos, estes também apresentam boa fertilidade e contém argila de alta atividade (EMBRAPA, 2024).

Existem, ainda, os Neossolos Quartzarênicos, possuindo como características textura arenosa desprovida de minerais, com ausência de minerais alteráveis. Dentre outras características, ainda, possuem textura argilosa, baixo horizonte **A**, ocorrendo em relevos suave ondulados (áreas de baixadas) e forte ondulados (terço médio e alto de vertentes) (EMBRAPA, 2024).

Os Plintossolos, último tipo encontrado na sub-bacia do Rio Jacoca, caracterizam-se por apresentarem material mineral, bem como horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário. Essas características se devem a segregação localizada de ferro, o qual atua como agente de cimentação. Apresentam elevada acidez, podendo ser subdivididos em distróficos e eutróficos, a depender do grau de saturação por bases. No caso da sub-bacia do rio Jacoca ocorrem os de natureza eutrófica (EMBRAPA, 2024).

Os Plintossolos Háplico-Eutróficos ocorrem em áreas de relevo suave ou levemente ondulado, com baixo ou lento escoamento superficial das águas. Sua fertilidade é elevada, contudo a elevada concentração de plintita em superfície (nos primeiros 40 cm) faz com que haja a ocorrência de concreções ferruginosas, dificultando a aplicação de corretivos agrícolas (EMBRAPA, 2024).

2.6 - HIDROGRAFIA

O sistema hidrográfico da sub-bacia do Rio Jacoca integra a bacia do Rio Sergipe e é considerada de dimensões relativamente pequenas no contexto regional, drenando uma área de 86,855 km². O principal curso fluvial da sub-bacia, o Rio Jacoca, estende-se por 36 km desde a nascente, no município de Ribeirópolis até a desembocadura no Rio Sergipe, no município de Nossa Senhora das Dores (Figura 30 A e B).

FIGURA 30 A e B: Desembocadura do Rio Jacoca próximo ao povoado Borda da Mata, N. S. das Dores.





Créditos: Figura A: Lucas Silva Leite (2020); Figura B: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

O padrão de drenagem da sub-bacia do rio Jacoca é predominantemente dendrítico, reflexo das características fisiográficas da área, a exemplo de inclinações suaves e litologias homogêneas, conforme descrito por Christofoletti (1980). Essa configuração otimiza a coleta de água pelas vertentes e a convergência para o canal principal. De acordo com a classificação de Hierarquia Fluvial do autor Strahler (1952), os canais dessa sub-bacia atingem a 5ª ordem, sendo sustentada pela alimentação de diversas microbacias conformadas por pequenos córregos.

A densidade de rios e a densidade de drenagem dessa sub-bacia são relativamente altas e refletem uma rede hidrográfica bem articulada. De acordo com Horton (1945), essa característica é esperada em bacias que combinam características de relevo moderado e com fluxos intermitentes, predominantes em regiões de transição climática.

O sistema de drenagem da sub-bacia do rio Jacoca percorre áreas rurais, sendo, alguns de seus canais protegidos por exíguos remanescentes de matas ciliares. O rio Jacoca, atravessa, em grande medida, áreas de pastagens antropizadas, até desembocar no Rio Sergipe, nas proximidades do povoado Borda da Mata, Nossa Senhora das Dores.

Os remanescentes de vegetação ciliar desempenham papel crítico no controle erosivo e na manutenção da qualidade hídrica. Não obstante, os fragmentos florestais remanescentes nessa área são insuficientes para garantir a proteção integral dos canais, contribuindo para processos erosivos e de assoreamento, como indicado por Rodrigues e Leitão (2000) Figura 31 A e B.

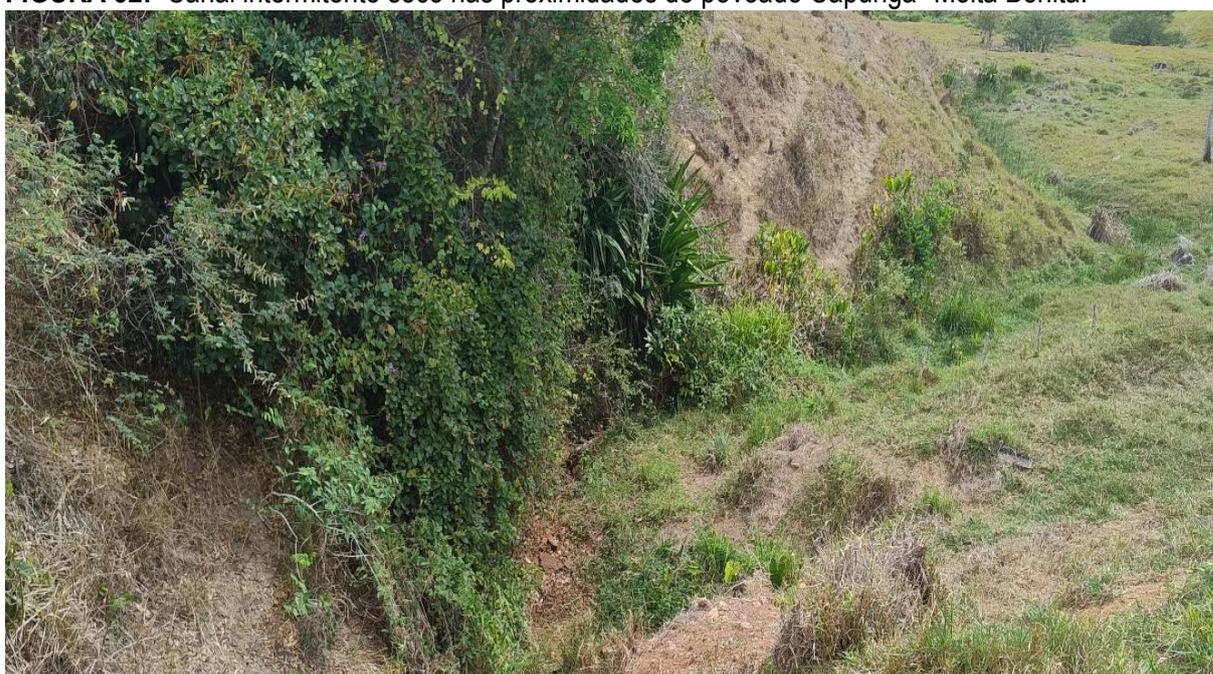
Durante a estação chuvosa, observa-se a transformação de pequenos canais temporários em córregos permanentes, promovendo escoamento para o rio principal, como descrito por Vilella e Mattos (1975). Contudo, a ausência de estruturas de retenção agrava os fluxos pontuais e dificulta a recarga de aquíferos, aspecto crítico em regiões de transição climática (Figura 32).

FIGURA 31 A e B: Trechos da hidrografia do rio Jacoca protegidos por exíguas manchas de mata ciliar.



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

FIGURA 32: Canal intermitente seco nas proximidades do povoado Capunga- Moita Bonita.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

A coloração das águas do rio Jacoca oscila. Em alguns trechos se apresenta barrenta/amarronzada. Isso está associado ao transporte de sedimentos, como argila, silte e areia, que é intensificado durante períodos de fortes chuvas. Esses sedimentos são oriundos de áreas desmatadas e erosão do solo em áreas degradadas ou de escoamento superficial, onde a água da chuva carrega partículas de solo e expõe passagens do rio a sedimentos de sistemas de vertentes desnudas. Já outros trechos apresentam água de coloração escura, em razão de atravessar áreas de cobertura vegetal densa, que barra a atuação dos sedimentos e incorpora elementos químicos advindos da decomposição da matéria orgânica ali presente (Figura 33 A e B).

FIGURA 33 A e B: Trecho do rio com água de coloração escura, povoado Borda da Mata - N.S. das Dores (A); Trecho de colocação barrenta – povoado Massaranduba, N. S. das Dores (B).



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

O rio Jacoca apresenta curvas moderadas, sendo considerado levemente meandrante, o que sugere tanto fluxos quanto processos sedimentares intermediários. Segundo Leopold *et al.* (1964), os rios meandrantés em regiões tropicais desempenham papel essencial na regulação de fluxos, mas são particularmente vulneráveis ao assoreamento em áreas de cobertura vegetal.

A presença de cursos d'água intermitentes na sub-bacia é influenciada pelo clima transicional entre semiárido e subúmido, marcado por déficits pluviométricos durante a estação seca. O próprio rio Jacoca apresenta trechos secos no verão, principalmente no trecho inicial, próximo ao povoado Fazendinha, cenário comum em regiões tropicais conforme indicado por Tocchi (2007) Figura 34.

FIGURA 34: Trecho no curso superior próximo a nascente do rio Jacoca, povoado Fazendinha – Ribeirópolis.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

No alto curso do rio Jacoca, a paisagem é amplamente dominada pela superfície pediplanada, resultado de longo processo de erosão e nivelamento. Nessa área podem ser observados vários canais intermitentes que tem suas nascentes, por exemplo, na Serra do Machado, alimentando a rede hídrica do rio Jacoca na estação chuvosa. Esses afluentes percorrem territórios pertencentes aos municípios de Moita Bonita, Ribeirópolis e Nossa Senhora das Dores. O alto curso responde por boa parte do rio Jacoca, já que o relevo se rebaixa suavemente até a transição para o médio curso (Figura 35).

FIGURA 35: Trecho do alto curso da sub-bacia do rio Jacoca no município de Moita Bonita.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

À medida que o rio e seus afluentes avançam, a paisagem sofre modificações sensíveis, já que a superfície pediplanada, aos poucos dá lugar a terrenos dominados por superfícies dissecadas, que dão origem a colinas e interflúvios tabulares. Nesse trecho, o Rio Jacoca adquire volume expressivo e seu poder erosivo passa a dar lugar a uma drenagem mais vagarosa, acumulando sedimentos, especialmente em seu médio curso. O médio curso se encontra já no terço final da superfície do rio Jacoca, estando presente em uma pequena parcela desse, já que o rio transita rapidamente para o baixo curso, dado as diferentes altimétricas mais notáveis e que se encontram estáveis em boa parte do alto curso.

No seu baixo curso, o rio Jacoca perde velocidade e sua capacidade aumenta, podendo transportar maior carga sedimentar. Sua caudalozidade também é ampliada e seus trechos finais são claramente os mais bem hidrologicamente alimentados (Figura 36).

FIGURA 36: Trecho nas proximidades do baixo curso do rio Jacoca no povoado Massaranduba (Dores).



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Alguns dos impactos ambientais que comprometem a qualidade das águas da sub-bacia do rio Jacoca são: o desmatamento de nascentes, como na Serra do Machado, prejudicando a infiltração e manutenção de fluxos permanentes; a poluição hídrica, evidenciada, nas pesquisas de campo, pela presença de sacos plásticos, espumas químicas e resíduos sólidos, comprometendo a biodiversidade aquática e os ciclos químicos dos corpos hídricos; e a alteração da caudaliosidade, com redução drástica na capacidade de transporte fluvial em períodos secos (Figura 37).

FIGURA 37: Trecho do rio Jacoca poluído por sacos e outros tipos de materiais sólidos.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

2.7 – USO E OCUPAÇÃO DAS TERRAS

Na análise das categorias do uso de solo da sub-bacia do rio Jacoca (Figura 38), constata-se a presença a predominância das pastagens, que ocupa expressiva extensão territorial de aproximadamente 71 km², representando 82% de toda a área da sub-bacia. Essa prática agropecuária é característica das atividades desenvolvidas na região, moldando a paisagem e desempenhando um papel crucial para economia local.

Apesar dessa prevalência de pastagens, ainda restam alguns remanescentes de vegetação natural na área, a exemplo das florestas estacionais semidecíduais, que são características do bioma local, assim como a vegetação típica de caatinga hipoxerófila de transição do Agreste. Esses

remanescentes de cobertura vegetal original correspondem a uma área aproximada de 10 km², equivalendo a 12 % do território da sub-bacia. Tal presença corrobora a necessária conservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais, os quais convivem num cenário de domínio da atividade agropecuária.

Além disso, os 6% restantes, equivalentes a aproximadamente 5.8 km², correspondem às áreas de culturas agrícolas e aos núcleos populacionais povoados da área, que utilizam o território da sub-bacia para assentamento e para construções de suporte às atividades agropecuárias e de complementação às atividades socioeconômicas localizadas nas sedes municipais a que pertencem.

No tocante à produção agrícola dos municípios inseridos no território da sub-bacia do Jacoca, cabe destacar que entre 2018 e 2022, Ribeirópolis apresentou uma agricultura diversificada e produtiva, destacando-se, sobretudo, a produção de milho, que ocupou uma área colhida média de 1.714 ha, resultando em 7.681 toneladas produzidas. Além disso, a batata-doce mostrou relevância, com área colhida de 203 ha e uma produtividade de 2676 toneladas no mesmo período. A mandioca, embora menos expressiva em termos de área e volume, teve média de 78 ha colhidos e produção de 517 toneladas, consolidando seu papel complementar na economia local.

Entre 2010 e 2012, Nossa S. das Dores, destacou-se pela expressiva produção de cana-de-açúcar, com média de 2.807 ha colhidos, gerando quase 180 mil toneladas. Esse desempenho coloca a cultura como carro-chefe da agricultura local nesse intervalo de tempo. Outras culturas relevantes incluem o feijão, com 225 ha colhidos; a mandioca, com 377 ha; e o milho, que ocupou cerca de 917 ha (Tabela 1).

De 2011 e 2015, Moita Bonita apresentou características semelhantes às de Ribeirópolis em sua produção agrícola. Contudo, a batata-doce se destacou na produção com média de 11.582 toneladas, colhidas em 866 ha. A mandioca também apresentou números expressivos, com 576 ha colhidos e uma produção de 2.675 toneladas.

FIGURA 38: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Uso e ocupação das terras, 2024.

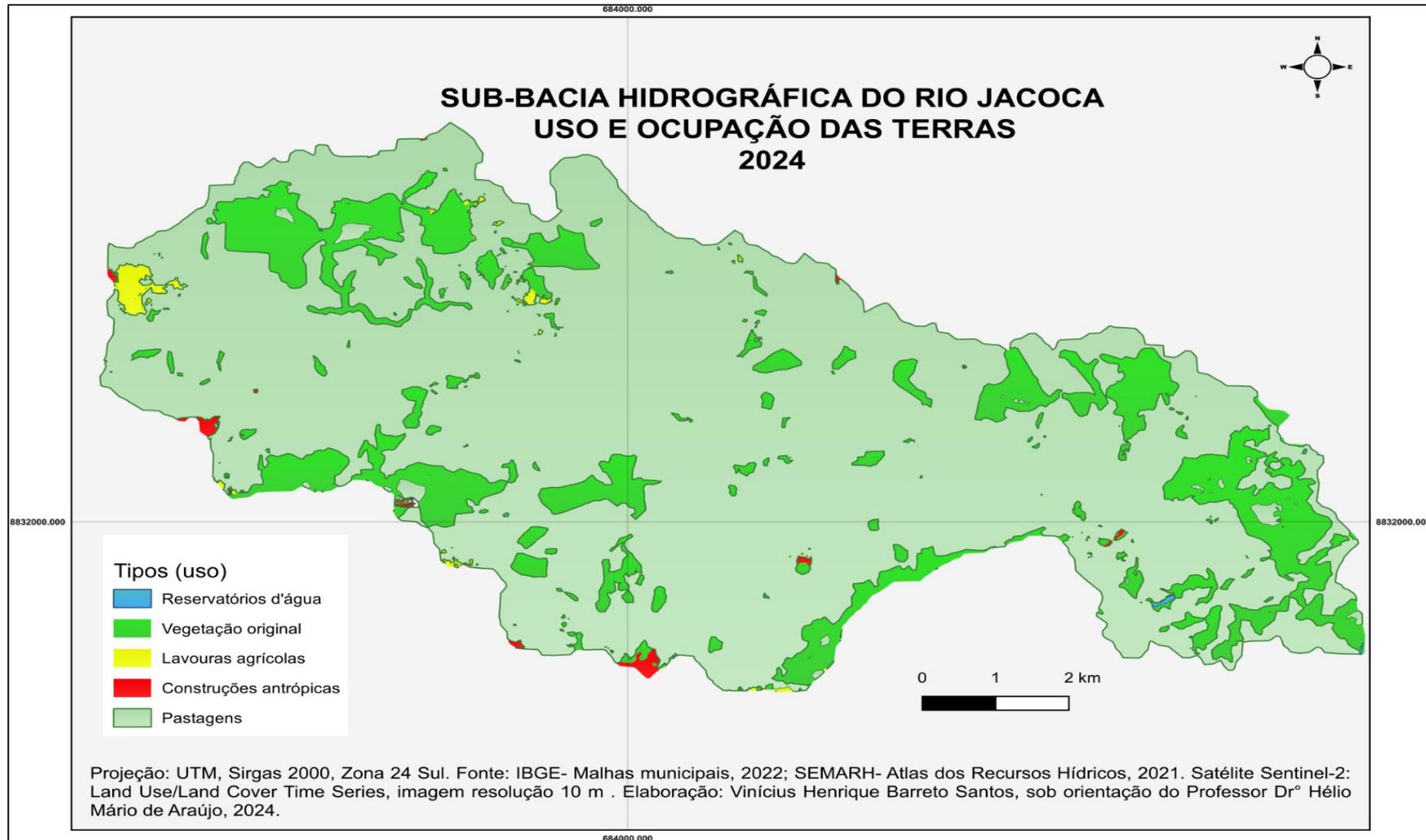


TABELA 1: Ribeirópolis (média 2018-2022); Nossa Senhora das Dores (2010-2012), Moita Bonita (2011-2015) – Produção dos principais produtos da lavoura temporária e permanente.

	Produto	Área Colhida (ha)	Produção (t)	Valor da Produção (R\$ mil)	Renda Média (R\$/mil)
Ribeirópolis	Batata-doce	203	2.676	3.241,80	13.000
	Mandioca	78	517	517,00	9.640
	Milho	1.714	7.681	9.739,20	3.787
	Tomate	56	1.542	2.067,00	27.600
	Amendoim	24	40	77,00	1.656
Nossa Senhora das Dores	Cana-de-açúcar	2.806,66	178.533,33	3.241,80	11.769,66
	Feijão	225	101	207,66	439,66
	Mandioca	376,66	5.523,33	1.399,00	14.666,66
	Milho	723,66	18.000	723,66	1.650
	Feijão	225	101	207,66	439,66
	Mandioca	376,66	5.523,33	1.399,00	14.666,66
Moita Bonita	Amendoim	129	188,8	328,4	1.480
	Batata-doce	866	11.582	8.088,40	13.284,20
	Milho (grão)	576	6.912	2.675,6	12.000
	Feijão	57	60,4	29,6	1.040
	Mandioca	63,33	34,33	78,66	533,33

Fonte: Ribeirópolis (EMDAGRO – Série Informações Básicas Municipais – 2018 a 2022; Produção Agrícola Municipal – 2018-2022); Nossa Senhora das Dores (EMDAGRO – N.S. das Dores – 2019; IBGE- Produção agrícola municipal de 2010-2012); Moita Bonita (EMDRAGRO – Moita Bonita – 2018; IBGE – Produção Agrícola Municipal de 2011-2015). Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

Mais especificamente, a atividade agrícola na sub-bacia ocupa poucos espaços com o plantio de culturas temporárias, destacando-se os cereais como o milho, leguminosas como o feijão, fava, amendoim e a mandioca e hortaliças como a couve, a alface e o coentro, basicamente voltadas ao consumo familiar e/ou para comercialização em feiras próximas. Observa-se também plantações de palma nas proximidades do povoado Esteios (Figura 39 A, B, C e D).

FIGURA 39 A, B, C e D: Produtos da lavoura temporária na sub-bacia do Jacoca, destacando-se: Batata-doce (A); Mandioca (B); Amendoim (C) e Palma (D).





Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Vale destacar a observação de plantações irrigadas como as de amendoim e batata-doce, que de outro modo não resistiriam ao estresse hídrico e ao calor da estação de verão (Figura 38 A e D). Também foram observadas algumas bombas de captação de água, que indicam a perfuração de poços na região, sugerindo múltiplos usos das águas de afluentes e do próprio Rio Jacoca.

Existem, ainda, áreas que apresentam limitação ao uso agropecuário em virtude de serem conformadas por sistemas de vertentes ocupadas por vegetação nativa ou por afloramentos rochosos.

No que tange à produção da pecuária, Ribeirópolis entre 2018-2022, destacou-se pela presença de um rebanho bovino em torno de 7.426 cabeças, sendo 824 vacas ordenhadas, refletindo uma atividade leiteira em menor escala. O município também apresentou expressividade na produção de galináceos, totalizando 58.498 cabeças, das quais 10.817 eram galinhas. A criação de suínos (1.170 cabeças) e equinos (334 cabeças) complementa o cenário produtivo, enquanto caprinos (165 cabeças) e ovinos (695 cabeças) representam uma parcela menor da pecuária local (Tabela 2).

TABELA 2: Ribeirópolis, Efetivos dos principais rebanhos, média entre 2018-2022.

PRODUTOS	EFETIVO DO REBANHO	UNIDADE	MÉDIA
MUNICÍPIO	Bovino	Cabeça	7426,8
	Equino	Cabeça	334
	Suíno	Cabeça	1669,6
	Ovino	Cabeça	695
	Caprino	Cabeça	165,2
	Galináceo total (galo, franga, frango e pinto)	Cabeça	58498,4
	Galináceo – galinha	Cabeça	10817
RIBEIRÓPOLIS	Vaca ordenhada	Cabeça	894

Fonte: EMDAGRO- Série Informações Básicas Municipais- 2018 a 2022; IBGE – Produção Pecuária Municipal (2018-2022). Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

Moita Bonita entre 2011-2015, exibiu um perfil distinto, com alta concentração de galináceos, totalizando 119.780 cabeças, sendo 22.538 galinhas. O rebanho bovino foi de 19.787 cabeças, com 1.079 vacas ordenhadas, sugerindo uma contribuição relevante da atividade leiteira. O município também apresentou rebanhos significativos de ovinos (2.898 cabeças) e suínos (1.173 cabeças), além de equinos (884 cabeças) e caprinos (552 cabeças) Tabela 3.

TABELA 3: Moita Bonita, Efetivos dos principais rebanhos, média entre 2011-2015.

PRODUTOS	EFETIVO DO REBANHO	UNIDADE	MÉDIA
MUNICÍPIO	Bovino	Cabeças	19.787
	Equino	Cabeças	884
	Suíno	Cabeças	1.773
	Ovino	Cabeças	2.898
	Caprino	Cabeças	552
	Galináceo total (galo, franga, frango e pinto)	Cabeças	119.780
	Galináceo – galinha	Cabeças	22.538
MOITA BONITA	Vaca ordenhada	Cabeças	1079

Fonte: EMDAGRO - Moita Bonita - 2018; IBGE – Produção Pecuária Municipal (2011-2015). Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

Nossa Senhora das Dores, entre 2010-2012, apresentou os maiores números no contexto regional, com rebanho bovino significativo de 43 mil cabeças, incluindo 6.393 vacas ordenhadas. A produção de leite somou uma média de 8.055,6 mil litros durante o período. O município também se destacou na criação de galináceos, totalizando 129.600 cabeças, sendo mais de 28 mil galinhas. Ovinos (1.756 cabeças), equinos (1.493 cabeças) e suínos (1.143 cabeças) reforçam a diversidade da produção pecuária local. Além disso, a produção de ovos de galinha atingiu 468,6 mil dúzias (Tabela 4).

TABELA 4: N. S. das Dores, Efetivos dos principais rebanhos, média entre 2010-2012.

PRODUTOS	EFETIVO DO REBANHO	UNIDADE	MÉDIA
MUNICÍPIO	Bovino	Cabeça	42983,3
	Equino	Cabeça	1493,3
	Suíno	Cabeça	1143,3
	Ovino	Cabeça	1756,6
	Leite de vaca	mil litros	8055,6
	Galináceo total (galo, franga, frango e pinto)	Cabeça	129.663,3
	Galináceo – galinha	Cabeça	28273,3
	Vaca ordenhada	Cabeça	6393,3
NOSSA SENHORA DAS DORES	Ovos de galinha	mil dúzias	468,6

Fonte: EMDAGRO- Nossa Senhora das Dores - 2019; IBGE – Produção Pecuária Municipal (2010, 2011, 2012). Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

Esses dados refletem a diversidade das atividades pecuárias entre os municípios analisados, os quais estão significativamente representados na área da sub-bacia do rio Jacoca, com cada localidade apresentando especiações e padrões produtivos distintos.

A utilização da sub-bacia para pastagens envolve áreas de nascentes, ou seja, canais de 1ª ordem, estendendo-se até as proximidades da desembocadura do Rio Jacoca. A criação de gado do tipo Nelore é a principal atividade econômica encontrada ao longo da sub-bacia. Os bovinos são voltados à engorda, para posteriormente serem abatidos e fornecerem carne ao mercado consumidor (Figura 40 A e B).

FIGURA 40 A e B: Criação do gado da raça Nelore em Itapicuru (A) e Capunga (B).



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Vários tanques de dessedentação podem ser observados para saciar a sede do gado, contudo esses animais também podem se utilizar das próprias águas do Rio Jacoca, haja vista que vários de seus trechos são acessíveis dentro das propriedades (Figura 41 A, B e C).

FIGURA 41 A, B e C: Tanques de dessedentação (A e B); Trecho do rio Jacoca em propriedade (C).



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Nota-se com muita frequência, principalmente nos trechos menos úmidos da sub-bacia, a utilização de pastagens mescladas tanto para uso dos bovinos, quanto para as plantações de milho, cuja utilização, provavelmente, serve para alimentação dos animais e para ser vendida como insumo à produção de rações (Figura 42).

FIGURA 42: Plantação de milho voltado ao consumo do gado em esteios – Ribeirópolis.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

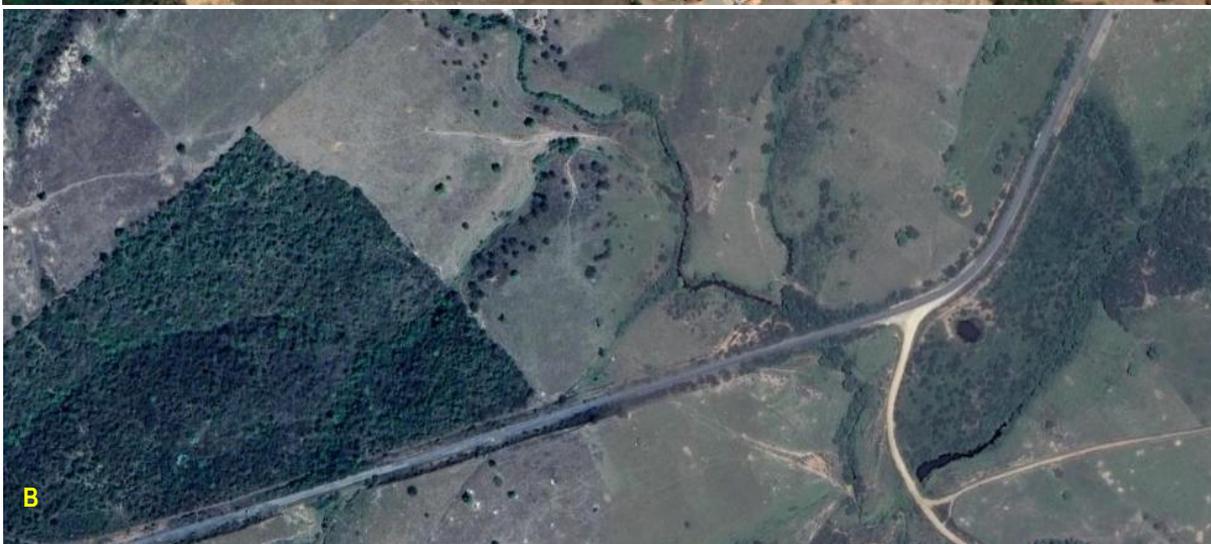
Algumas das principais linhas de transmissão de energia do estado de Sergipe atravessam a área da sub-bacia do Rio Jacoca, cuja localização se situa em dois eixos que cortam trechos à oeste e à leste (Figura 43). Existem algumas estradas vicinais (vias de circulação sem pavimentação, características de áreas rurais) que cortam alguns trechos da sub-bacia para dar acesso a povoados e cidades. Cabe salientar que o núcleo urbano do município de Moita Bonita se encontra próximo a área abrangida pela sub-bacia do Rio Jacoca, sendo acessado por uma dessas estradas vicinais. Duas rodovias estaduais cruzam a área da sub-bacia do Rio Jacoca, quais sejam: a SE/170 e a SE/339 (Figura 44 A e B).

FIGURA 43: Redes de fiação elétrica atravessando o povoado Massaranduba/Nossa Senhora das Dores.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

FIGURA 44 A e B: Trechos de estradas vicinais e rodovias estaduais abrangidos pela sub-bacia visualizados pelo *Google Earth*. A) Povoado Fazendinha; B) Rodovia SE/339.



Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

A área da sub-bacia em sua quase totalidade se enquadra na classificação de área rural com pequenos aglomerados populacionais, já que existem alguns povoados dos municípios de Ribeirópolis, Moita Bonita e Nossa Senhora das Dores que ocupam parcialmente ou em sua totalidade a área.

Entre os povoados situados no entorno da bacia, destacam-se: Fazendinha, Esteios e Serra do Machado- Ribeirópolis; Capunga- Moita Bonita e Massaranduba, Cachoeirinha, Gado Gravo, Itapicuru, bem como Borda da Mata- Nossa Senhora das Dores.

3. ANÁLISE MORFOMÉTRICA E TOPOLÓGICA

A análise morfométrica de bacias hidrográficas desempenha papel determinante no entendimento das características físicas de uma região, fornecendo informações caras à gestão ambiental, ao planejamento territorial e à prevenção de desastres naturais.

Este capítulo aborda os resultados obtidos para análise morfométrica e topológica da sub-bacia do rio Jacoca, apresentando não somente os índices aferidos, como também relacionando-os ao contexto geoambiental encontrado na referida área. Nele contém análise detalhada da hierarquia fluvial, iniciando-se pela ordenação da sub-bacia, incluindo parâmetros como ordem dos canais, número de segmentos e frequência de ligações. Em seguida, tem-se os aspectos lineares, abrangendo a relação de bifurcação, comprimento médio dos canais, extensão do percurso superficial e gradiente dos canais, os quais são de grande valia para o conhecimento do comportamento hidrológico da área.

Os aspectos areais e morfológicos fornecem *insights* sobre a forma da bacia, a densidade de drenagem e índices como coeficiente de manutenção e a sinuosidade, indicam o nível de estabilidade e erosão no sistema hidrográfico. Por fim, os aspectos hipsométricos, como curva hipsométrica, amplitude altimétrica e índice de rugosidade são fundamentais para avaliar o relevo, a topografia e a evolução geomorfológica da sub-bacia. Conjuntamente, esses parâmetros formam uma base sólida para estudos de cunho ambiental e hidrológico, promovendo um maior entendimento de sistemas fluviais, como o da sub-bacia do rio Jacoca e suas interações com o meio ambiente.

3.1 - HIERARQUIA FLUVIAL

A hierarquia fluvial é uma etapa fundamental na morfometria do sistema hidrográfico, a qual busca compreender a organização e estruturação dos cursos d'água numa dada bacia hidrográfica, sub-bacia, etc. Esse processo envolve a classificação dos canais fluviais em ordens, como proposto por Horton (1945) e refinado por Strahler (1952).

Além da ordem dos canais, outros atributos relevantes incluem a magnitude da rede fluvial e a frequência de ligamentos. Esses parâmetros são essenciais para a análise da dinâmica hidrológica, pois permitem avaliar como as diferentes ordens e ramificações influenciam no fluxo de água, na erosão e transporte de sedimentos. A hierarquização fluvial, portanto, constitui base sólida para estudos mais aprofundados nos demais aspectos da análise morfométrica (Quadro 3).

QUADRO 3: Parâmetros da hierarquia fluvial, 2025.

PARÂMETROS DA HIERARQUA FLUVIAL	RESULTADO
ORDEM DOS CANAIS	5° ordem
MAGNITUDE FLUVIAL	173
FREQUÊNCIA DE LIGAMENTOS	2,14 seguimentos/km ²

Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

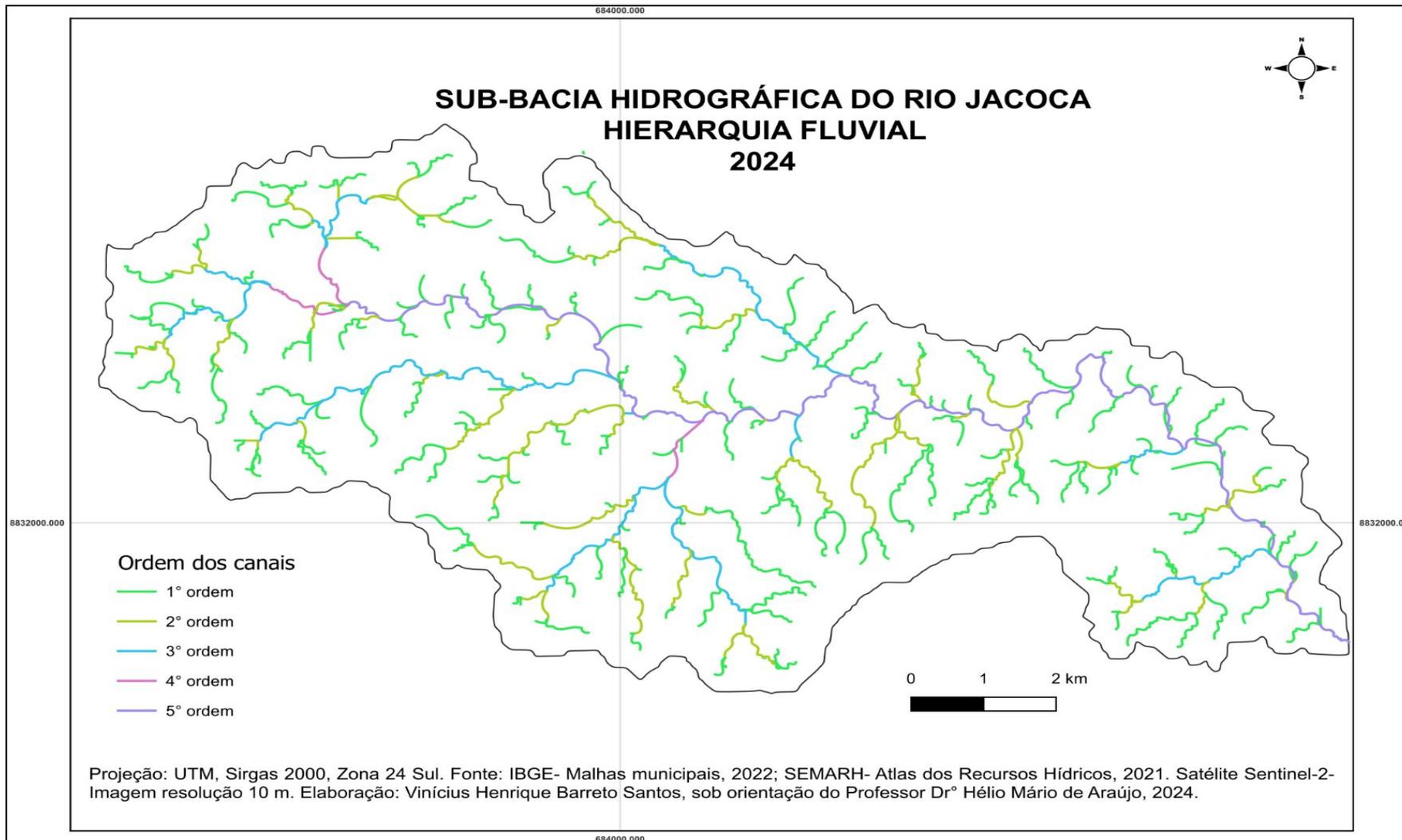
3.1.1- Ordem dos canais

Horton (1945) foi o primeiro autor a propor a hierarquização da rede fluvial. Em sua perspectiva, os canais de primeira ordem seriam aqueles que não possuem tributários, os canais de segunda ordem apenas recebem tributários de primeira ordem, os canais de terceira recebem um ou mais tributários da segunda ordem, mas também podendo receber os de primeira e assim sucessivamente. Essa classificação das ordens dos canais mostrou-se problemática, uma vez que o número de ordem do rio principal continua sendo o mesmo desde a nascente.

A classificação aqui adotada, mais difundida e prática, é a de Strahler (1952). Os canais de primeira ordem são os que guardam relação com as cabeceiras. Os canais de segunda ordem são aqueles que surgem da confluência entre dois canais de primeira ordem. Da confluência de dois canais de segunda ordem, surgem os de terceira ordem e assim sucessivamente até chegar ao grau máximo, que é o curso de água principal de uma bacia/sub-bacia, etc., alimentando-se das águas drenadas por todos os cursos d'água. Quando da confluência de canais de ordens superiores com inferiores, mantém-se a classificação da ordem superior.

Na sub-bacia do rio Jacoca, constatou-se que a rede de drenagem alcança até a 5° ordem, o que demonstra uma organização complexa e bem estruturada. Analisando a hierarquização da sub-bacia, nota-se a predominância do volume dos canais na 1° ordem e, em menor grau, na 2°. Esses canais de menor ordem são fundamentais para garantir o equilíbrio hidrológico, pois são os principais responsáveis pela captação das águas pluviais que são drenadas para o rio Jacoca e demais ramificações da sub-bacia. Perante a isso, a preservação desses canais se mostra imprescindível, já eles desempenham um papel primordial para recarga hídrica, controle da erosão e sustentabilidade ecológica da sub-bacia (Figura 45).

FIGURA 45: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Hierarquia fluvial, 2024.



3.1.2 - Magnitude fluvial

A magnitude fluvial é representada pelo total de nascentes de uma rede hidrográfica. A sub-bacia do Rio Jacoca possui um total de 173 nascentes. Esse número representa um quantitativo significativo de mananciais de 1º ordem, evidenciando bom desenvolvimento da rede de drenagem com hierarquia superior até a 5º ordem, sugerindo um aporte considerável de água no sistema hidrográfico, dadas as condições climáticas predominantes na área.

3.1.3 - Frequência de ligamentos

A densidade de segmentos é um índice morfométrico utilizado para verificar a quantidade de segmentos de rios pela unidade de área de uma bacia hidrográfica, sendo importante para o entendimento da estrutura e o comportamento da rede de drenagem

Para a sub-bacia do Rio Jacoca, o valor de 2,14 segmentos/km² obtido revela correlação com a densidade de drenagem e magnitude fluvial, pois sugere uma rede de drenagem densa, embora não excessiva. A boa eficiência na coleta e escoamento da água das precipitações resulta da densidade de segmentos existentes na sub-bacia, com resposta de baixo impacto a eventos extremos de chuva.

3.2 – ASPECTOS LINEARES

Os aspetos lineares dizem respeito às características do comprimento e da disposição dos cursos d'água na bacia hidrográfica. Esses índices incluem o comprimento total dos canais, a relação de bifurcação, o comprimento da bacia e do canal principal, entre outros. Esses parâmetros ajudam a avaliar a eficiência da drenagem, a capacidade de escoamento e os processos erosivos, fornecendo uma visão detalhada sobre a dinâmica fluvial e a interação da rede com o relevo e o clima (Quadro 4).

QUADRO 4: Resultados obtidos para os aspectos lineares, 2025.

ASPECTOS LINEARES	RESULTADOS
RELAÇÃO DE BIFURCAÇÃO	Entre a ordem 1 e 2 = 2,34 Entre a ordem 2 e 3 = 1,71 Entre a ordem 3 e 4 = 8

COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL	36km
EXTENSÃO DO PERCURSO SUPERFICIAL	229 m
RELAÇÃO ENTRE O ÍNDICE DO COMPRIMENTO MÉDIO DOS CANAIS DE CADA ORDEM	1° ordem = 2,19 2° ordem = 2,24 3° ordem = 1,34 4° ordem = 1,94
ÍNDICE DE SINUOSIDADE	2

Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

3.2.1 - Relação de bifurcação

A relação de bifurcação foi definida por R. E. Horton e é estabelecida a partir da relação entre a totalidade do número de ligamentos de determinada ordem pelo número total de ligamentos da ordem imediatamente superior.

De acordo com a classificação hierárquica de Strahler, quando houver igualdade entre a relação do comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação, o tamanho médio dos canais se reduzirá ou aumentará proporcionalmente. Não ocorrendo isso, o tamanho dos canais poderá diminuir/aumentar progressivamente, considerando o aumento de ordem dos canais, fatores pedológicos, hidrológicos e morfológicos irão definir essa relação.

Esse parâmetro é importante para avaliar o grau de dissecação do relevo em que se encontra instalada a rede fluvial de uma bacia hidrográfica. Neste aspecto, encontrou-se para a sub-bacia do Rio Jacoca os seguintes resultados: 2,34 de relação de bifurcação entre as ordens um e dois; 1,71 entre as ordens dois e três e entre a ordem 3 e quatro 8.

Na sub-bacia do Rio Jacoca, a maioria das nascentes se encontra em áreas de serras, no entorno da superfície pediplanada e nos relevos dissecados em colinas e interflúvios tabulares. Na bacia hidrográfica do Rio Turvo-Goiás, em condições de resultados quase iguais, Castro e Carvalho (2009) encontrando 2,17 na relação de bifurcação entre os canais de 2ª ordem, também concluíram que tais nascentes contribuíram para o grau de dissecação do relevo que evoluiu morfológicamente para a formação de morros e colinas.

A redução na relação de bifurcação para 1,71 entre os canais de 2º e 3º ordens, comprova uma sensível diminuição no grau de dissecação do relevo, mantendo-o mais preservado devido a ação

moderada do intemperismo e processos erosivos, enquanto houve uma anomalia entre os canais de 3ª e 4ª ordens quando apresentaram exorbitante elevação da relação de bifurcação para 8, ou seja, um aumento registrado em torno de 4,68 vezes indicando aceleração da ação erosiva no processo de rebaixamento do modelado. Nessas ordens a rede de drenagem se encontra altamente ramificada.

Diversos fatores atribuem-se a esse resultado anômalo, como a natureza das rochas que compõem o substrato da área, oferecendo baixo grau de resistência ao entalhamento dos canais, inclinação das encostas, ao escoamento superficial e infiltração da água e ao condicionamento das estruturas geológicas no desenvolvimento da rede de canais.

3.2.2 - Comprimento do canal principal

Para Christofolletti (1980), o comprimento do canal principal é medido a partir da distância entre a nascente até a desembocadura. Na sub-bacia em apreço, O Rio Jacoca de ordem mais elevada na rede hidrográfica possui 36 km de extensão. Esse índice na caracterização da sub-bacia define a geometria e a sua forma. O eixo do canal principal se encontra centralizado, indicando que a sua drenagem é basicamente simétrica, atestando que a topografia é relativamente uniforme, o que faz sentido, já que as maiores elevações estão, principalmente, nas bordas da sub-bacia.

Em termos hidrológicos, esse parâmetro mostra como o canal principal influencia na distribuição da água e dos sedimentos no sistema hidrográfico, o que afeta o regime fluvial e das cheias. O formato alongado da sub-bacia do Rio Jacoca, com o canal principal disposto de forma centralizada na área, é indicativos de que não apresenta disposição a enchentes e inundações, até mesmo nos picos incidentes dos eventos pluviais extremos.

Esse índice auxilia na gestão dos recursos hídricos, principalmente quando se trata do racionamento das águas a partir do mapeamento de pontos específicos no território da bacia hidrográfica, identificando trechos mais susceptíveis ou não ao uso da água, tendo a ação antrópica influência considerável nessa variável. Durante as investigações de campo, percebeu-se a variabilidade do volume de água em diferentes trechos do canal principal da sub-bacia.

De montante para jusante, a redução no volume de águas do Rio Jacoca é mais nítida, uma vez que alguns tributários são intermitentes e deixam de alimentá-lo por um período. Soma-se a isso, a utilização das águas para a dessedentação de animais de corte, que é a atividade mais expressiva da sub-bacia, bem como atividades de irrigação e desvio de cursos para tanques, os quais servem de reservatórios nos períodos mais secos (Figura 46).

FIGURA 46: Tanque utilizado para irrigação agrícola, Nossa Senhora das Dores.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

3.2.3 - Comprimento da Bacia

Esse índice possui vários critérios para a sua aplicação, porém, mediu-se aqui a distância em linha reta acompanhando paralelamente o rio principal. Assim, encontrou-se 18 km no comprimento da sub-bacia do Rio Jacoca.

3.2.4 - Relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem

Proposta inicialmente por Horton, a relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem envolve a organização dos canais em ordem hierárquica. A tendência é que o comprimento médio dos canais siga uma ordem geométrica, significando que o comprimento médio dos canais de uma ordem superior é proporcional ao dos da ordem imediatamente inferior. Esse parâmetro é importante na medida em que fornece *insights* sobre o comportamento e evolução das redes de drenagem.

Dentre os canais de primeira ordem encontrou-se o valor de 2,19. Esse valor indica que os canais nessa ordem apresentam menores comprimentos em relação às ordens superiores, sendo os menores e mais numerosos cursos d'água na rede hidrográfica do Rio Jacoca.

Na segunda ordem, encontrou-se o valor correspondente a 2,24, ligeiramente maior do que a ordem anterior. Esse suave aumento implica em maior capacidade do fluxo da drenagem e de maior eficiência da coleta de água de áreas mais amplas.

O valor de 1,34 apresentado para os canais de terceira ordem sugere uma anomalia, característica singular da topografia da área da sub-bacia. Essa situação mostra que os canais de terceira ordem estão mais distribuídos espacialmente e que a configuração da sub-bacia contribui, neste caso, para ocorrência de canais mais curtos nessa ordem hierárquica. Na quarta ordem o resultado apresentado foi de 1,94, indicando um aumento médio no comprimento dos canais e, ainda assim, inferior aos resultados encontrados nas duas primeiras ordens.

A tendência geral, como regra, é de que, na medida em que as ordens dos canais se afunilem, o comprimento médio aumente de uma ordem para a outra, mas, nem sempre isso ocorre devido a interferência de fatores naturais, como a constituição litológica, arranjo vegetacional e topografia, que influenciam no comprimento dos canais. Na sub-bacia do Rio Jacoca, os resultados apresentados contrariam o padrão exibindo canais de curtas extensões nas primeiras e nas ordens mais elevadas, com exceção do canal principal.

Diferente desse resultado, na bacia do Ribeirão da Ponte Alta, Oliveira e Belizário (2018), encontraram valores que comprovam um aumento progressivo no comprimento médio entre os canais (1º ordem: 600 m; segunda ordem: 1347 m e 3º ordem: 3000 m). Entretanto, enfatizam que se a relação entre o comprimento médio dos canais e o índice de bifurcação não forem iguais, o tamanho dos canais pode aumentar ou diminuir em razão de fatores hidrológicos, morfológicos e geológicos, mostrando correlação positiva na bacia.

3.2.5- Índice de sinuosidade

De acordo com a classificação proposta por Christofolletti (1980), canais que apresentam índice acima de 1,5, são considerados meandranes. Na sub-bacia do Rio Jacoca, o resultado alcançado foi de 2, tendo em vista que o comprimento do canal principal em linha reta foi de 17,8 km e o comprimento das curvas 36 km. Logo, com tais resultados, considera-se levemente meandrante. Tal resultado indica que a sub-bacia apresenta formas transicionais, irregulares e regulares, pois se trata de um valor intermediário (Araújo, 2012).

Observa-se que rios meandranes podem acumular maiores quantidades de sedimentos, inclusive com a intensificação pela ação humana (Stipp Campos; Cavigliori, 2010). No caso do Rio Jacoca, o valor 2 significa potencial intermediário para o acúmulo de sedimentos, o que certamente indica

possibilidades de ocorrer o processo de assoreamento em determinados trechos e canais da sub-bacia, ou seja, existe o risco iminente (Figura 47 A e B).

O resultado obtido, deu-se não somente em função da carga sedimentar, mas também da ação conjunta entre a litologia, estrutura geológica e declividade dos canais.

FIGURA 47 A e B: Trechos meandrantos do rio Jacoca com baixo índice de sinuosidade, sugerindo tipologias transicionais. Massaranduba, N. S. das Dores (A); Moita Bonita (B).



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Canais retilíneos apresentam maior capacidade de velocidade de escoamento das águas, promovendo maior erosividade. Já os canais meandantes, possuem sinuosidade, contribuindo para o controle da erosão, uma vez que a velocidade do fluxo é controlada.

Na sub-bacia do Rio Jacoca, o resultado atesta uma transição tipológica dos canais em determinados trechos, aproximando-se dos canais meandantes com baixa sinuosidade e, por isso, não apresenta escoamento com alta velocidade e tampouco alto potencial erosivo, muito embora maior do que um rio propriamente meandrante.

3.2.6 - Gradiente dos canais

O gradiente dos canais ou inclinação de um rio é dado pela diferença máxima de altitude encontrada ao longo do canal fluvial dividido pela sua extensão. Um rio com grande gradiente altimétrico possui forte capacidade erosiva.

Considerando essa classificação estabelecida para os gradientes dos canais: menor que 0,005 m/m (baixo); moderado (0,005-0,02 m/m) e alto (> 0,02 m/m), verificou-se que o Rio Jacoca apresentando gradiente altimétrico de 0,00675 m/m, possui uma capacidade média erosiva, demonstrando haver um equilíbrio dinâmico entre erosão e deposição.

A declividade topográfica da sub-bacia contribui para a exibição na paisagem morfológica de vales não fechados e profundos, mantendo-se uniformes em toda extensão da área, com algumas singularidades que refletem o gradiente de inclinação dos tributários em determinados trechos.

3.2.7 - Extensão do percurso superficial

A Extensão do Percurso Superficial (EPS), representa o deslocamento médio do percurso fluvial na forma de escoamento superficial entre o interflúvio e o canal principal dentro da bacia. Tal índice é considerado uma das variáveis independentes mais importantes que afeta a hidrologia e a fisiologia da área das bacias. Uma vantagem, é que ele que pode oferecer um indicativo da erosão ao longo das vertentes.

Na sub-bacia do Rio Jacoca, o deslocamento médio de um afluente entre o interflúvio e o canal principal é de 229 m. Seguindo a classificação de Souza e Rodrigues (2012), onde os valores de EPS (m) variam entre > 1000 (baixa); 1000 a 249 (mediana); 248 a 142 (alta) e < 142 (muito alta), classifica-se a sub-bacia com EPS alta.

Esse resultado mostra a necessidade de conservação da cobertura vegetal na área da sub-bacia, haja vista que o resultado indica que o EPS é expressivo quando o valor é alto para esse índice, por isso,

requerendo das gestões municipais vinculadas a área da sub-bacia um olhar mais atento na conservação dos recursos naturais visando manter o equilíbrio a partir do uso racional sustentável. Nas investigações de campo e em outros estudos realizados de abrangência da área, verificou-se que a mata ciliar nas margens do Rio Jacoca está altamente degradada. As atividades agropecuárias, sobretudo a pecuária extensiva e o plantio do milho, são responsáveis por esse processo de desmatamento que ganha proporções significativas no decorrer do tempo.

Ademais, o valor encontrado nesse parâmetro, também é um indicativo de que as rochas e o solo da sub-bacia são pouco permeáveis, permitindo que os canais drenem os terrenos até confluírem com outros, com baixa capacidade de infiltração nos solos.

3.2.8 - Relação do equivalente vetorial

O equivalente vetorial é uma medida utilizada na análise morfométrica de bacias hidrográficas para auxiliar na quantificação da relação entre o comprimento médio dos cursos d'água e a área a que drenam. Expressa-se pela razão entre o comprimento total dos cursos da rede de drenagem e a raiz quadrada da área da bacia, auxiliando no entendimento da hierarquia fluvial atrelado ao padrão de drenagem, seja dendrítico, reticulado, etc.

Para sub-bacia do Rio Jacoca se obteve o resultado aproximado de 16,63, indicativo de uma densidade de drenagem moderada, coadunando com os resultados obtidos pelas outras variáveis. Esse valor supõe a eficiência moderada na coleta e condução do escoamento das águas, sendo capaz de escoar a água de forma eficiente, mas não muito rápida.

Essa relação moderada sugere um equilíbrio entre as taxas de erosão e deposição ao longo dos cursos d'água. Mais uma vez, o resultado expressa relação moderada dessa sub-bacia aos picos de precipitação, podendo haver picos extremamente rápidos ou lentos. Contudo, o formato alongado da sub-bacia e a relação com outras variáveis, fazem com que isso seja improvável.

3.4.5 - Perfil Longitudinal

O perfil longitudinal se refere à inclinação ou gradiente do rio desde a nascente até a desembocadura, seguindo a tendência gravitacional de descida no relevo, produzindo um perfil de formato côncavo. É essencial para entender processos hidrológicos e geomorfológicos.

O Rio Jacoca apresenta configuração peculiar em seu perfil longitudinal, de vez que a região de entorno da nascente se encontra no pediplano sertanejo, em áreas de relevos bastante aplainados,

enquanto que seu baixo curso se encontra em área de relevo dissecado, com inclinações e sistemas de vertentes mais pronunciados (Figura 48 A e B).

FIGURA 48 A: Trecho no curso superior próximo a nascente do rio Jacoca, povoado Fazendinha; **B:** Rio Jacoca no seu baixo curso – N. S. das Dores.



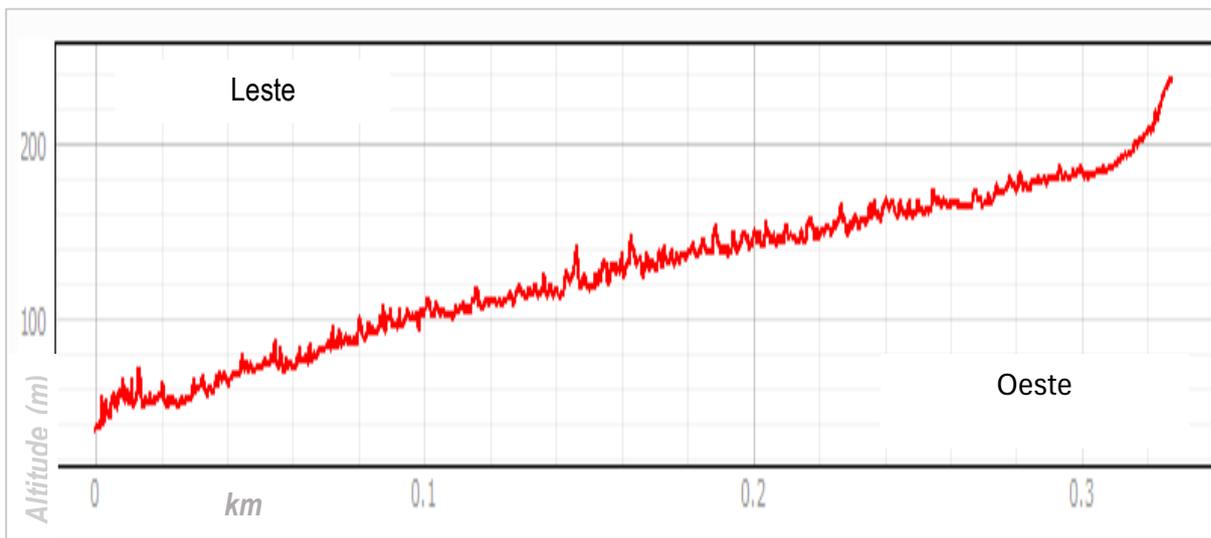
Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Não obstante, a maior energia erosiva do Rio Jacoca se encontra no alto curso. Mas, pela relação de relevo, a diminuição suave das cotas altimétricas faz com que a energia erosiva pouco se diferencie ao longo de toda extensão do Rio Jacoca.

Perfis de inclinação elevada coadunam para formação de grades vales e até mesmo cânions. De outro lado, os rios com inclinações suaves tendem à formação de planícies. O perfil do Rio Jacoca é representado por uma variação de 257 metros entre onde está o ponto mais alto do Rio Principal, até os 13,95 metros, representados pela desembocadura. A figura 49 representa sua distribuição desde a

nascente (sentido direito da figura e oeste da sub-bacia) à jusante (sentido esquerdo da figura e leste da sub-bacia), com as escalas vertical indicando as altitudes e a horizontal, o comprimento percorrido pelo rio.

FIGURA 49: Perfil Longitudinal do Rio Jacoca.



Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

Como o Rio Jacoca varia suavemente a sua declividade ao longo do perfil longitudinal, isso é benéfico, pois a erosão e o assoreamento do rio podem ser melhor controlados, especialmente no alto curso. Alguns cultivos temporários, quase que insignificantes dos povoados Esteios, Fazendinha e Massaranduba e pastagens são encontradas nessa área, tendo pouco impacto no contexto paisagístico, devendo-se atentar, especialmente, à preservação da vegetação da área como um todo, que se vê muito degradada até mesmo no entorno de córregos e riachos importantes para alimentação hídrica do Rio Jacoca.

3.3 - ANÁLISE AREAL

Os aspectos areais focalizam na forma e área da bacia hidrográfica, sendo determinantes para entender a capacidade de captação e armazenamento de água, bem como propensão a desastres. Entre os índices avaliados se encontram o cálculo da área e perímetro da bacia, do formato da bacia, da densidade da drenagem, etc. Esses aspectos são úteis para prevenção de comportamentos hidrológicos, como vazões máximas e mínimas, além de fornecerem subsídios para ações de manejo de recursos hídricos (Quadro 5).

QUADRO 5: Resultados obtidos para os aspectos areais, 2025.

PARÂMETROS AREAIS	RESULTADO
ÁREA	86,855 km ²
PERÍMETRO	55,2 km
RELAÇÃO ENTRE O COMPRIMENTO DO RIO PRINCIPAL E A ÁREA DA BACIA	21,84
FORMA DA BACIA	0,2852
DENSIDADE DE RIOS	2,12 canais/km ²
DENSIDADE DE DRENAGEM	2,18 km/km ²
COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO	458,71 m/km ²

Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

3.3.1 - Área e perímetro da sub-bacia

A área da bacia é determinada, geralmente, em km² e equivale a toda área drenada pelo conjunto fluvial que abastece o canal principal. Os métodos utilizados para mensurá-la são diversos, incluindo-se auxílio de papel milimetrado, pela pesagem de papel uniforme devidamente recortado e ainda, com aporte de técnicas modernas de geoprocessamento, tendo como base os SIGs e utilizando softwares como o ArcGis. Para a sub-bacia do Rio Jacoca, a área mensurada foi de 86, 855 km².

Esse valor é importante para a obtenção de outros índices morfométricos relativos à sub-bacia, como a densidade de drenagem, densidade de rios, índice de circularidade, comprimento da bacia, etc (Costa e Leite, 2010). A partir do resultado obtido é possível estabelecer o potencial hídrico da área territorial englobada pela sub-bacia do Rio Jacoca.

Dessa forma, percebeu-se que a sub-bacia, apresenta boa potencialidade hídrica, mas quando se analisa detalhadamente as especificidades naturais, nota-se que ali existe um clima transicional, com intermitência de vários canais. Por isso, é necessário uma gestão e planejamento adequados a essas condições do ambiente, haja vista a variabilidade hídrica de acordo com a sazonalidade climática (Figura 50).

FIGURA 50: Trecho de canal intermitente seco, Nossa.Senhora das Dores.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

O perímetro é definido como a medida do contorno da área de uma bacia, delimitando a área de drenagem de um rio ou curso d'água. Tal índice é fundamental para análise da área e da forma da bacia. Na sub-bacia do Rio Jacoca, o perímetro apresentou uma extensão de 55,2 km. Esse resultado é essencial, pois o conhecimento do perímetro ajudou a determinar a extensão da área da rede de drenagem, sendo passo inicial para o gerenciamento e a conservação dos recursos hídricos.

A definição dos limites da sub-bacia conjugado aos demais parâmetros, proporciona uma visão integrada da rede de drenagem e dos usos e ocupações que fazem parte do raio de influência do sistema hidrográfico. Auxilia, inclusive, na construção de obras, tais como sistemas de irrigação.

3.3.2 - Densidade de rios

A densidade de rios corresponde a relação entre o número total de canais ou cursos d'água pela área da bacia hidrográfica. Quem primeiro propôs tal parâmetro foi R. E. Horton. Para a sub-bacia do Rio Jacoca, o resultado obtido foi de 2,12 canais/km².

Baseando-se nos critérios classificatórios estabelecidos por Lana (2001), a densidade de rios da sub-bacia em questão é considerada alta, indicando grande capacidade para geração de novos canais. Percebe-se tal fato, quando se observa o elevado número de nascentes (173) e as inúmeras ramificações encontradas na sub-bacia do Rio Jacoca, em relação a sua área.

Essa capacidade de gerar novos cursos d'água ocorre em função da conjugação de fatores pedológicos, climáticos, geológicos, etc. influentes na área da sub-bacia, basicamente composta por rochas cristalinas/cristalofílicas como metagrauvacas e metarenitos, além de solos com porosidade intermediária, como argissolos e neossolos e clima sub-úmido, permitindo que haja o desenvolvimento da rede de drenagem.

3.3.3 - Densidade de drenagem

Tais fatores também condicionam a densidade de drenagem, que representa a relação entre o comprimento da totalidade dos canais de uma bacia relacionados com a área drenada por todos esses canais (Christofolletti, 1980). Para a sub-bacia do Rio Jacoca encontrou-se uma densidade de aproximadamente 2,18 km de canais por km².

Esse resultado sugere que a sub-bacia do Rio Jacoca, de acordo com a classificação proposta por Villela e Matos (1975), possui densidade de drenagem mediana, pois seguindo os valores de referência para esse índice adotados por Villela e Matos (1975), tem-se: até 0,5 km/km² (bacias pobremente drenadas); 0,5 a 3,5 (medianamente drenadas) e acima de 3,5 (muito bem drenadas).

Essa densidade de drenagem encontrada no sistema hidrográfico do Rio Jacoca, justifica-se, segundo Pissara *et al.* (2004), porque em locais onde a infiltração da água se vê dificultada permitem maior escoamento superficial, conduzindo a uma maior esculturação da rede de drenagem que, por conseguinte, gera uma rede com maior densidade.

Alves, Azevedo e Silva (2014), analisando a morfometria da microbacia Riacho Namorado, em São João do Cariri, Paraíba, obtiveram como resposta o valor de 1,66 km/km², por isso, consideraram mediana a densidade de drenagem e concluíram que, esse valor é indicativo de um auto poder erosivo, fazendo-se necessário um planejamento de conservação do solo e das áreas de preservação permanente ao longo da rede de drenagem dessa microbacia. Na sub-bacia do Rio Jacoca também merece uma

atenção especial ao poder erosivo das águas, visto ter apresentado um valor ainda maior do que a situação contextualizada pelos referidos autores.

O valor de 2,18 km/km² encontrado para a densidade de drenagem da sub-bacia do Rio Jacoca está de acordo com o arranjo litológico da área em que se encontra constituída de rochas do complexo cristalino. Dada a maior resistência dessa categoria de rochas ao intemperismo e processos erosivos, a rede de drenagem apresenta melhor desenvolvimento, uma vez que a água segue caminhos mais diversificados do que em áreas recobertas com rochas permeáveis, onde as águas tendem a seguir caminhos preferenciais.

Essa relação nem sempre deve ser considerada, pois Queiroz *et al* (2017), em estudo sobre os parâmetros morfométricos lineares e zonais aplicados a um segmento do médio curso da bacia hidrográfica do Rio Pacoti-Ceará, encontraram um valor de densidade de drenagem baixo (0,56 km/km²), muito embora as rochas que conformam essa bacia sejam do complexo cristalino. Tal especificidade, segundo os autores, dá-se devido aos depósitos de sedimentos colúvio-eluviais de idade quaternária e com granulometrias variáveis.

Depreende-se dessa situação que um só fator condicionante, como o arranjo litológico, não é suficiente para determinar a densidade de drenagem. Ou seja, cada bacia ou sub-bacia hidrográfica poderá apresentar uma singularidade e sua análise só será possível a partir de uma visão holística dos elementos que integram e interagem na dinâmica de sua área.

No caso da sub-bacia do Rio Jacoca, nota-se que não há significativo controle estrutural no condicionamento hidrográfico, pois os canais seguem diversos caminhos caracterizando um padrão de drenagem dendrítico. No caso da bacia citada no estudo de Queiroz *et al* (2017), os depósitos de sedimentos colúvio-eluviais acabam proporcionando maior variabilidade de granulometria dos sedimentos, e, com isso, maiores possibilidades de caminhos preferenciais pela água, denotando maior controle estrutural.

Na hierarquia fluvial, o Rio Jacoca classificou-se como de 5º ordem. Souza *et al* (2017), na bacia do Rio Ivaí, Paraná, encontraram resultado idêntico, concluindo, portanto, que bacias dessa ordem apresentam rede de drenagem desenvolvida, sendo ramificadas e apresentando drenagem eficiente.

Contudo, apesar de vários autores considerarem o valor encontrado na densidade de drenagem da sub-bacia do Rio Jacoca bem drenada (2,18 km/km²), essa constatação é relativa e depende das condições climáticas do local em análise. Magalhães *et al* (2014) reforçam essa afirmação a partir da análise fisiográfica na bacia do Rio das Contas, na Bahia, que assim como a sub-bacia do Rio Jacoca, está em um contexto transicional, que malgrado apresenta elevada ordem (7º ordem) e ramificação expressiva, não é bem drenada, em razão da sazonalidade climática e déficit hídrico correspondente.

A sub-bacia do Rio Jacoca se encontra em área de clima transicional, na estação úmida ou chuvosa, no inverno, os canais fluviais recebem excedente hídrico e se veem bem alimentados, podendo ser utilizados para as atividades ali praticadas. No entanto, na estação de verão, além de grande parte dos canais fluviais secarem, a densidade de drenagem claramente é baixa, pois o canal principal apresenta trechos secos e outros com déficit hídrico. Ao que se pôde notar nas expedições a campo, é que as atividades econômicas e práticas relacionadas, como o uso das suas águas para a irrigação e dessedentação de animais, não cessam.

Situações que tais, evidenciam ineficácia no gerenciamento dos recursos hídricos, tanto que alguns moradores da sub-bacia e diversos animais do rebanho pecuarino são prejudicados pela carência de racionamento da água. Assim, considerando a rigurosidade climática, uma política de planejamento se faz necessário, tendo em vista a racionalização do uso da água no período de maior déficit hídrico.

O maior volume de canais é composto pela 1ª e 2ª ordens, que são os responsáveis pela maior parte da alimentação hídrica do curso principal e nascem nos pontos topograficamente mais elevados. Não obstante, a pressão antrópica na área de sub-bacia, ocupando e desmatando áreas situadas próximas a esses canais (nas cabeceiras), podem causar a redução da vazão e extinção dos mananciais.

Como exemplo de consequências desses impactos negativos, têm-se: degradação da qualidade da água pela contaminação por sedimentos, esgoto, lixo e agrotóxicos; degradação da vegetação nativa protetora das nascentes e que evita a erosão; diminuição da biodiversidade com a extinção de espécies da fauna e da flora que dependem das nascentes para sobreviver; alterações no microclima local, com aumento da temperatura e diminuição da umidade do ar, além do aumento de secas (Comitê da bacia hidrográfica do baixo Tietê, 2023).

A ocupação desordenada em ambientes frágeis e que requerem um controle para o uso, acaba gerando um problema de desequilíbrio no sistema hidrográfico da sub-bacia do Rio Jacoca, com o exaurimento dos canais de primeira ordem, principais fontes de alimentação do rio principal, que se veem comprometidas, fazendo com que, ao longo do tempo, a rede de drenagem vá se esfacelando aos poucos até que o canal principal seja assoreado. Nas investigações de campo, esse fato foi constatado em diversos trechos do rio Jacoca pela quantidade de sedimentos depositados sobre o seu leito evidenciando baixa capacidade e competência do fluxo d'água para o arraste.

Além de reduzir a profundidade do canal e causar outras consequências na geometria hidráulica, o excesso de detritos na água impedindo a entrada de luz, reflete na produtividade biológica dos organismos ali existentes, pois a fotossíntese é inviabilizada por impedir a entrada da luz no sistema aquático, bem como o oxigênio tem sua circulação dificultada.

Outra implicação da rarefação da rede fluvial é a maior facilidade em dissolver substâncias tóxicas advindas do descarte de lixo dentro da água e de outros materiais solúveis provenientes de outras

atividades desenvolvidas. Observou-se em trechos do canal principal e em alguns tributários a presença de materiais como: bolsas plásticas, sacos, embalagens, garrafas de veneno e outros materiais capazes de contaminação.

Essas alterações antropogênicas na dinâmica paisagística da sub-bacia do Rio Jacoca altera os microclimas da área, possibilitando o surgimento de condições propícias a pragas que podem ser danosas às próprias atividades econômicas. Além disso, a alteração/surgimento de microclimas pode modificar a faixa de temperatura tolerável pelas culturas agrícolas, diminuindo a quantidade e a qualidade da produção das atividades atuantes.

Nesse aspecto, os impactos causados nos canais das primeiras ordens do sistema hidrográfico da sub-bacia do Rio Jacoca, refletem na dinâmica econômica. Isso porque, o solo desnudo compromete a percolação eficiente das águas, aumentando o escoamento superficial e, em razão disso, acaba diminuindo a alimentação dos aquíferos, que são fundamentais para abastecer os poços que são imprescindíveis para os agricultores e pecuaristas na estação seca, pois dependem das águas para irrigar suas culturas, conforme observado com as bombas para captação de água e equipamentos de irrigação e dessedentação dos animais.

3.3.4 - Coeficiente de manutenção

O coeficiente de manutenção foi proposto por S. A. Schumm (1956), significando qual a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de drenagem. Para Abdalla (1989), esse coeficiente é indicativo da quantidade areal das vertentes e interflúvios que possuem espaçamento para comportar novos canais, significando que, à medida que a rede de drenagem se desenvolve, resta menos espaço para o desenvolvimento de novos canais, diminuindo o potencial de desenvolvimento da bacia.

Com isso, o resultado encontrado para sub-bacia do Rio Jacoca foi de 458,71 m/km², isto é, são necessários 458,71 metros de canal para manter 1 km² de área de drenagem na sub-bacia. Esse resultado é considerado alto, sendo indicativo de que a sub-bacia necessita de uma área relativamente grande para manutenção da rede fluvial,

Não obstante, alguns trechos do rio principal, sobretudo entre o alto e médio curso, existem áreas de pastagens e de cultivos agrícolas, sugerindo a necessidade de um gerenciamento eficaz quanto ao uso e ocupação no que diz respeito à manutenção da integridade do rio, uma vez que esse acúmulo de atividades agropastoris pode contribuir para o assoreamento, poluição e a utilização excessiva da água. Isso acaba contribuindo para não manutenção da área necessária ao desenvolvimento ideal da rede de drenagem da sub-bacia do Rio Jacoca, demonstrando a premência desse índice para o planejamento ambiental (Soares e Souza, 2012).

Como se isso não bastasse, os afluentes que alimentam o rio principal, estão em situação similar, com muitos dos seus trechos desprotegidos de mata ciliares. Isso acaba gerando malefícios para toda a dinâmica natural da sub-bacia, uma vez que o comportamento dos canais influencia e é influenciado mutuamente pela dinâmica geoambiental da área.

3.3.5 - Índice de circularidade

Seguindo a proposta feita por V. C. Miller, em 1953, a forma da bacia consiste na relação existente entre a área da bacia e do círculo de mesmo perímetro. A partir de: $I_c = A / AC$, índice de circularidade (I_c) igual a área da bacia (A) dividido pela área do círculo de perímetro igual ao da bacia considerada (AC).

A sub-bacia do Rio Jacoca apresentou resultado de 0,2852, que segundo a classificação proposta por Vilela e Matos (1975), considera-se alongada, favorecendo o processo de escoamento, não sendo propensa a enchentes. Isso porque o tempo de concentração das águas da chuva é maior, ao contrário das bacias que tendem ao formato circular, onde o tempo de concentração das águas é menor e mais concentrado, tendo em vista que a água levará menos tempo para fluir da parte mais distante até a saída, aumentando o risco de enchentes.

Dos fatores que explicam o formato alongado da sub-bacia, tem-se: o tipo de solo; processos geológicos; clima e erosão; presença de falhas geológicas; cobertura vegetal e ação antrópica. As forças tectônicas podem ajudar na modelagem das bacias, sendo que a formação de vales propicia o desenvolvimento de bacias alongadas. Esse é o caso da sub-bacia do Rio Jacoca, a qual apresenta uma série de feições colinosas e interflúvios tabulares.

Dentre as vantagens de possuir formato alongado, além do menor tempo de concentração das águas e menor tendência a enchentes, tem-se que a água tende a possuir menor poder erosivo, diminuindo o risco de erosão nas margens dos cursos d'água. Além do mais, como a água é distribuída de maneira mais uniforme, isso pode beneficiar a recarga de aquíferos e a disponibilidade de água durante períodos secos.

Outro aspecto a se mencionar é que o formato alongado da sub-bacia contribui para um melhor gerenciamento das suas águas. Entretanto, é importante mencionar que o fato de o formato da bacia oferecer um subsídio para conhecer a sua tendência a eventos extremos ou não, isso por si só não é garantia de que estes não irão ocorrer.

Visando identificar a susceptibilidade a enchentes, Lima *et al* (2022), aplicaram índices morfométricos na bacia do Rio Batateiras, no Ceará, e concluíram que embora essa bacia apresente

formato que não corrobora para esses tipos de eventos, de vez em quando, em períodos específicos ocorre episódios de enchentes circunvizinhas a essa bacia, relacionados ao uso e ocupação das terras.

Nesse aspecto, a sub-bacia do Rio Jacoca apresenta a vantagem de não se situar próxima a núcleos urbanos importantes na hierarquia urbana. Nem por isso, deve-se menosprezar o cuidado com o uso e ocupação desenfreado que podem contribuir para situações que permitam a ocorrência desses eventos anômalos.

3.3.6 - Relação entre o comprimento do rio principal e a área da bacia

Para a obtenção de (L) é necessário utilizar-se da seguinte expressão: $L = 1,5 \cdot A^{0,6}$, onde: L = Comprimento do rio principal, em Km e A = área da bacia, em Km². Essa relação foi desenvolvida por Hack nos seus estudos sobre bacias do vale do Shenandoah e da Nova Inglaterra. Nos anos subsequentes às pesquisas desse autor, outros autores se utilizaram dessa relação e em que pese a diversidade geoambiental das localidades estudadas, estes parâmetros demonstraram considerável precisão.

O resultado encontrado para a sub-bacia do Jacoca foi de 21,84, indicando que há uma diferença considerável entre o comprimento esperado teoricamente para o rio principal e o que de fato é (36 km), representando uma diferença de 39,33%. Valores altos desse índice sugerem uma bacia com menor densidade de drenagem, o que não é o caso da sub-bacia do Rio Jacoca, que apresenta Dd moderadamente boa, sugerindo que essa relação tem valor intermediário para área.

3.4 – ANÁLISE HIPSOMÉTRICA

Os índices hipsométricos analisam a distribuição altimétrica do relevo dentro da bacia, avaliando a relação entre a elevação do relevo e a área acumulada na bacia. O principal indicador é a curva hipsométrica, que ajuda a determinar o estágio de evolução geomorfológica da bacia, indicando juventude, maturidade e senilidade (Quadro 6).

Contudo, outros parâmetros complementares são importantes para análise da hipsometria de uma dada bacia de drenagem, tais como: coeficiente orográfico e de massividade, relação de relevo, índice de rugosidade, declividade média, etc.

Esses parâmetros são importantes para entender processos erosivos, estabilidade do terreno e potencial de armazenamento hídrico.

QUADRO 6: Resultados obtidos para os aspectos hipsométricos, 2025.

PARÂMETROS HIPSOMÉTRICOS	RESULTADO
COTA MAIS BAIXA E MAIS ALTA	35/391 m
AMPLITUDE ALTIMÉTRICA	356 m ou 9,88 m/km
ÍNDICE DE RUGOSIDADE	0,0198
COEFICIENTE DE MANUTENÇÃO	458,71
COEFICIENTE OROGRÁFICO	258,88
COEFICIENTE DE MASSIVIDADE	1,7264
DECLIVIDADE MÉDIA	11%

Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Para tanto, um mapa de relevo sombreado se mostra essencial para análise hipsométrica, uma vez que fornece uma representação visual da variação altimétrica, facilitando a interpretação da distribuição do relevo (Figura 51). Sua importância se deve, por exemplo, na visualização mais detalhada da topografia, auxílio na construção da curva hipsométrica, identificação de padrões de erosão e estabilidade do terreno e suporte ao planejamento territorial e ambiental.

O Sombreamento artificial simula a iluminação do terreno, destacando variações de altitude e permitindo a identificação clara de área de maior e menor elevação, contribuindo, assim, para confecção de um MDE.

Ao se proceder a correlação entre distribuição da altitude com a área acumulada, o mapa sombreado também facilita na obtenção de dados necessários para formulação da curva hipsométrica, essencial para classificação do estágio de evolução geomorfológico de uma bacia de drenagem.

FIGURA 51: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Relevo sombreado, 2024.



3.4.1 - Coeficiente orográfico e coeficiente de massividade

O coeficiente de massividade é obtido a partir da divisão entre a altura média do relevo e a extensão superficial total da área em km². Esse parâmetro, conforme Melo, Batista e Galvão (1986), define o estágio de evolução geomorfológica da área de drenagem de acordo com o volume rochoso, definindo equilíbrio ou desequilíbrio da evolução morfogenética.

A partir desse cálculo, é possível estabelecer o coeficiente orográfico, multiplicando-se a altura média pelo coeficiente de massividade. O coeficiente orográfico é um bom indicador da distribuição das altitudes e, por consequência, do gradiente médio.

Quanto maiores os valores, maior é a energia de erosividade pelo escoamento das águas, podendo propiciar um significativo aporte de sedimentos. Para área de estudo, o coeficiente de massividade foi de 1,7264, ao passo que o coeficiente orográfico foi de 258,88.

Baseando-se em Melo, Batista e Galvão (1986), que consideraram os valores de 255,55, 154,48 e 153,94 para as sub-bacias Castelo-jatobá, Bebedouro e Bonito, respectivamente, elevados em relação às sub-bacias Sairão e Bom Será (29,33 e 68,89), o valor encontrado para a sub-bacia do Rio Jacoca foi semelhante ao da sub-bacia Castelo-jatobá e, por isso, possui uma relativa energia para desgaste pelo escoamento da água, uma vez que os autores consideraram que as três primeiras sub-bacias tinham índices considerados altos em relação as duas últimas.

3.4.2 - Cotas mais altas e baixas e amplitude altimétrica

As cotas mais altas e baixas correspondem, respectivamente, aos pontos de maior e menor altitude em relação ao nível do mar encontrados na área da bacia. Na sub-bacia do Rio Jacoca, a cota mais baixa é de 35 metros, enquanto a mais alta se encontra a 391 metros de altitude.

Esse levantamento é importante para conhecer a variabilidade altitudinal do terreno e do seu potencial erosivo de acordo com as declividades, auxiliando para se encontrar o resultado da amplitude altimétrica. Refere-se à subtração entre o ponto de maior altitude e o de menor altitude encontrado dentro de uma bacia. Na sub-bacia do Rio Jacoca, a amplitude altimétrica é de 356 m.

Os pontos mais elevados do relevo da sub-bacia do Rio Jacoca, observando as cotas altimétricas obtidas a partir do MDE (Figura 52), assinalam que as maiores elevações se encontram nas porções rodeadas por serras, mas o restante da área da sub-bacia, apresenta-se em cotas bem mais modestas, chegando apenas a superar os 100 m, em média.

FIGURA 52: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Modelo Digital de Elevação (MDE), 2024.



Tal resultado nem sempre traduz os processos morfogenéticos que atuam regularmente na área de uma bacia, conforme Christofolletti (1980) alertou, para o qual, nas experiências de campo, muitas vezes o ponto mais alto é uma cota excepcional ou mesmo representa escarpamentos de serras ou frentes montanhosas, nas quais nascem apenas alguns canais da rede.

Em outros casos, a cota máxima pode estar localizada num ponto próximo à desembocadura da bacia, numa faixa interfluvial, enquanto o restante da bacia é desenvolvido em cotas inferiores. O referido autor exemplificou o caso de uma bacia, em que as cotas altimétricas médias variavam entre 1200 a 1500 m, mas a cota máxima chegava a mais de 1600 m.

As partes de maiores elevações da sub-bacia do Rio Jacoca estão nos sentidos sudeste a sudoeste, correspondendo, respectivamente, à Serra do Itapicurú, no município de Nossa Senhora das Dores e à Serra do Capunga, pertencente ao Município de Moita Bonita e Serra do Machado, a Ribeirópolis. Por outro lado, as menores faixas altitudinais se concentram no sentido oeste, rebaixando-se em direções à leste, onde se encontra a faixa de colinas e interflúvios tabulares.

Na faixa oeste, concentram-se feições relacionadas ao pediplano sertanejo com pouquíssima inclinação, ao passo que a dissecação do relevo, no sentido à jusante da sub-bacia, produz muitas feições que se destacam em relação ao entorno e que possuem maiores declividades. Tais observações ressaltam a necessidade de um olhar atento do pesquisador e que considere os múltiplos fatores, pois, muito embora as faixas mais elevadas se encontrem no pediplano sertanejo, o relevo é mais regular, possibilitando práticas agrícolas com maior facilidade e sendo menos propício à erosão

Em contrapartida, a faixa referente aos relevos dissecados em colinas e interflúvios tabulares, embora com cotas mais modestas, possuem maiores declividades, demandando maior cuidado na disposição das atividades agropecuárias e na questão da erosão, a qual é evidenciada pelo desmatamento, pisoteio do gado, que produzem estrias no solo que contribuem para o assoreamento dos canais fluviais e, conseqüentemente, desequilíbrio ambiental da sub-bacia.

3.4.3 - Declividade média

A definição da declividade do relevo é um importante índice morfométrico nos estudos de bacias hidrográficas, pois auxilia na compreensão da dinâmica do escoamento superficial e subterrâneo, bem como para identificar o potencial erosivo e de uso e ocupação de determinadas áreas, haja vista que, áreas íngremes são susceptíveis à erosão e, por isso, impróprias à agricultura, além de indicar áreas propícias à construção e ao planejamento em relação a áreas de risco.

A partir da classificação da EMBRAPA referente às classes de declividade, tem-se: 0 a 3% (plano); 3 a 8% (suave-ondulado); 8 a 20% (ondulado); 20 a 45 (forte-ondulado); 45 a 75 (montanhoso) e acima de 75% (forte-montanhoso). Com isso, na sub-bacia do rio Jacoca, em média, o valor encontrado para a declividade é de pouco mais de 11%, denotando um relevo predominantemente ondulado.

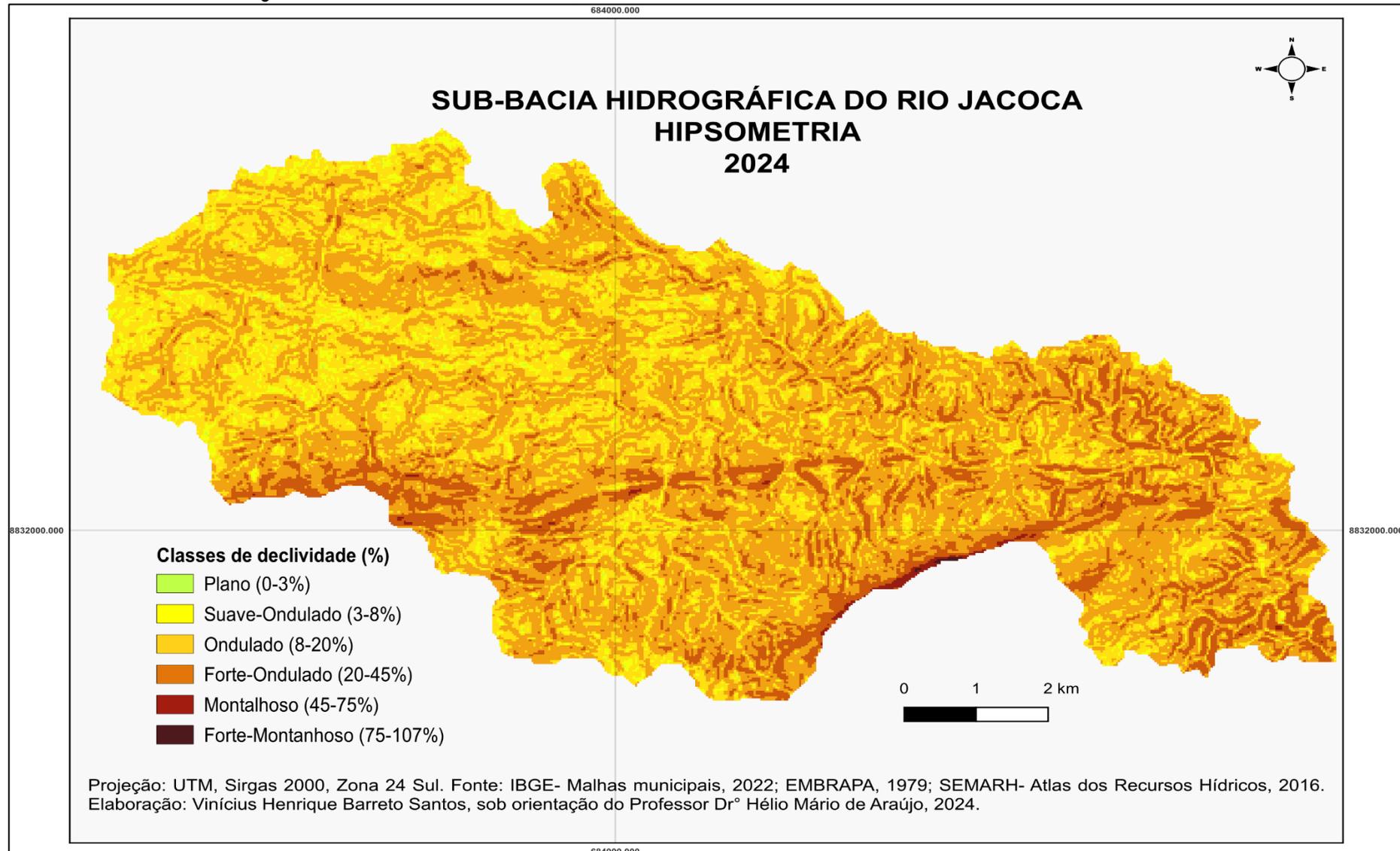
Em relação aos usos e ocupações, nota-se uma correlação positiva entre as classes de uso e ocupação recomendadas e a declividade do relevo, haja vista que as áreas de uso agrícola e as povoações se situam nas classes plano e suave-ondulado e ondulado. Esses locais são ideais, pois a mecanização pode ser implantada sem dificuldades, além de ter solos mais evoluídos e menos susceptíveis aos processos erosivos. Pode-se afirmar, ainda, o terreno no qual esse tipo de relevo está situado, associado ao pediplano sertanejo, no alto curso, caracterizado por suavidade do relevo (Figura 53 A e B e 54).

FIGURA 53 A e B: Relevo do pediplano sertanejo. A: Fazendinha – Ribeirópolis; B: Esteios – Ribeirópolis.



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2025.

FIGURA 54: Sub-bacia hidrográfica do Rio Jacoca – Declividade, 2024.



Todavia, o uso para pastagens se observa de modo generalizado, inclusive ocupando encostas inclinadas acima de 20°, que estão desmatadas e ainda apresentam estrias causadas pelo pisoteio do gado. Isso acaba intensificando os processos erosivos e acometendo os canais fluviais que estão entalhados entre as vertentes. A ocupação desordenada prejudica o médio e o baixo curso da sub-bacia, uma vez que ela atua em função dos processos e respostas do sistema hidrográfico e geomorfológico, que atuam conjuntamente e caso sejam desequilibrados, são impactados mutuamente.

Vale ressaltar que as maiores declividades da sub-bacia do Rio Jacoca ultrapassam até mesmo os 100% e, estão relacionadas às escarpas de serras, sendo áreas recomendadas à preservação ambiental ou reflorestamento. Mas, infelizmente, verifica-se, a olhos vistos, o desmatamento sendo impulsionado para as áreas mais íngremes do relevo.

Do médio para o baixo curso da sub-bacia do Rio Jacoca, é onde se encontra a maior concentração de declives, dado ao grau de dissecação da rede fluvial em colinas e interflúvios, ainda que, em média, suas altitudes sejam mais rebaixadas que no trecho do alto curso. As declividades são mais representativas, principalmente no baixo curso do rio, ficando entre 22 e 37%, que segundo a classificação da EMBRAPA, é relevo forte ondulado (Figura 55 A e B).

FIGURA 55 A e B: Relevos de média declividade, Nossa Senhora das Dores.



Créditos: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Essas áreas inviabilizam as práticas agrícolas, uma vez que os maquinários encontram dificuldades em se movimentar por essas superfícies. A atividade mais adequada e que efetivamente se nota nessas áreas da sub-bacia, é a pecuária. Isso porque o gado pode se movimentar livremente nessas declividades. Mas, é importante se atentar para a preservação da vegetação para evitar a erosão e isso não é visto, senão em alguns pontos específicos que margeiam o Rio Jacoca, desprezando-se a preservação de outros trechos.

A partir disso, percebe-se a premência de se pensar em um planejamento que se adeque às diferentes realidades e trechos da sub-bacia do Rio Jacoca, que embora pequena, apresenta uma série de singularidades.

3.4.4 - Relação de relevo e índice de rugosidade

A conceituação da relação de relevo foi inicialmente proposta por Schumm (1956), em que esse autor considera a relação entre a amplitude altimétrica da bacia pela medida do comprimento, que é medido paralelamente à extensão do canal principal. Esse índice está relacionado à perda anual de sedimentos. Com isso, uma relação de relevo alta implica maior velocidade de deslocamento dos canais, resultando em maior capacidade erosiva

Quanto maior o valor de R_r , maior será o desnível entre a cabeceira e o exultório, e conseqüentemente, maior será a declividade média da bacia. Na sub-bacia do Rio Jacoca o resultado foi de 0,0198, atestando que há uma variação, em média, de 0,0198 m por km de altitude na área. Conforme Piedade (1980), esse resultado é baixo, haja vista que na classificação desses estudos, valores entre 0 a 0,1 são considerados baixos; 0,11 a 0,3 médios e 0,31 a 0,6 alto.

Já o índice de rugosidade combina informações que relacionam a amplitude altimétrica à densidade de drenagem. De acordo com Christofolletti (1980), quando ocorrem valores muito altos de R_r , há densidade de drenagem e amplitude altimétricas altas.

Conforme Souza e Rodrigues (2012), as classes de rugosidade variam de fraca (0 a 150), em que a forma de relevo tende a ser plano, com declividade média de até 3%; média (151 a 550), tendendo a suave ondulado com uma declividade média de 3 a 8%; forte (551 a 950), relevo ondulado, com declividade média entre 9 e 20% e muito forte (acima de 950), relevo forte ondulado a montanhoso e a escarpado, com declividade média superior a 30%.

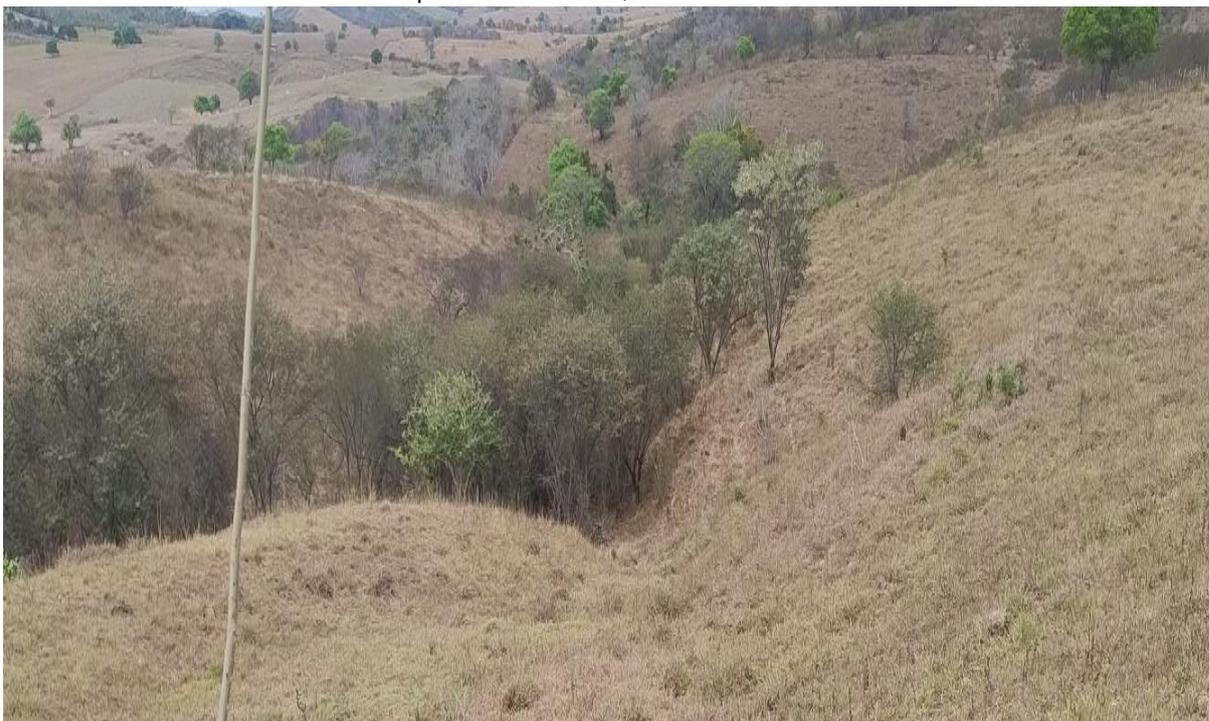
Na sub-bacia do Rio Jacoca, encontrou-se o valor de 105,58, que sugere a classe de rugosidade fraca, com relevo tendendo a 3% de declividade média. Esse valor atesta terrenos com dissecação mediana e de topos alongados, com rampas de baixa inclinação e terços médios de vales fluviais,

vinculando-se a colinas de baixa amplitude altimétricas, com inclinação de até 3% (França da Silva e Rodrigues, 2016).

Sendo assim, esse índice ajuda a compreender como se comporta o relevo, no que diz respeito a variação das declividades e o comprimento das vertentes. No caso da sub-bacia do Rio Jacoca, nota-se que as vertentes tenderem a ser curtas e as declividades modestas. Esses fatores subsidiam para o entendimento de como a declividade influencia na infiltração e nos processos erosivos em função do escoamento superficial. A partir disso, depreende-se que, na sub-bacia do Rio Jacoca, há tendências à infiltração (Lobão *et al*, 2011).

A partir dos valores de R_r e I_r encontrados na sub-bacia do Rio Jacoca, percebe-se que há uma variação altitudinal pequena em relação ao comprimento da área, sugerindo um relevo relativamente plano ou suavemente ondulado. Sendo assim, considera-se a sub-bacia do Rio Jacoca menos propensa a erosão acelerada, pois a velocidade do escoamento da água é menor e, conseqüentemente, a infiltração da água é maior (Figura 56).

FIGURA 56: Colinas com baixa amplitude altimétrica, Nossa Senhora das Dores.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Em contrapartida, os processos deposicionais são mais pronunciados pela capacidade reduzida de transporte pelos canais fluviais. No que tange ao uso e cobertura do solo, áreas com baixa relação de relevo e índice de rugosidade são mais propensas às práticas agrícolas, mecanização e instalação de infraestrutura, não impedindo que o solo seja degradado, caso não sejam utilizadas técnicas de manejo sustentável.

Em direção ao baixo curso, ainda que o relevo não decaia abruptamente, deve-se ter um manejo mais adequado das atividades, já que as vertentes são mais inclinadas no entorno imediato dos canais, podendo facilmente assoreá-los, caso o manejo e a preservação da vegetação não se façam presentes (Figura 57).

FIGURA 57: Relevo plano a suavemente ondulado, Nossa Senhora das Dores.



Crédito: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

3.4.6 - Curva hipsométrica

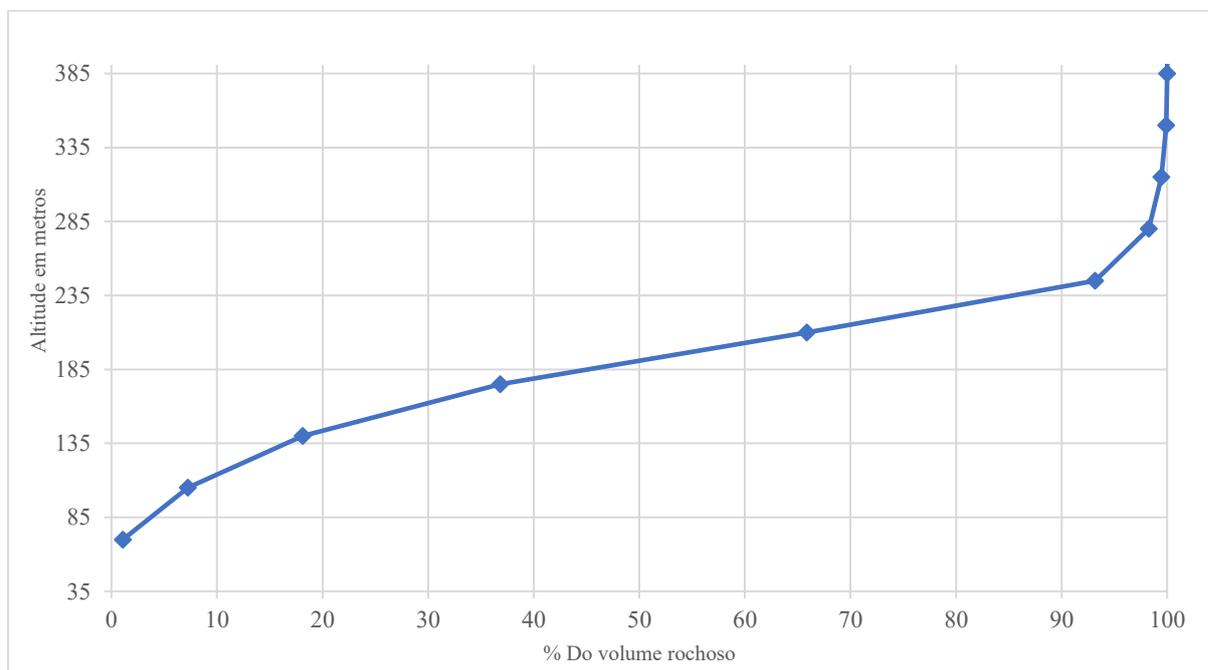
A curva hipsométrica é um índice que representa graficamente o relevo de uma bacia hidrográfica, tendo por referência as altimetrias locais máximas e mínimas e a isoípsa básica geral. O gráfico consiste em um sólido geométrico limitado lateralmente pela projeção vertical do perímetro da bacia e no topo e na base, por planos paralelos, passando através do cume e da desembocadura, respectivamente.

No procedimento de elaboração desse gráfico, as ordenadas são representadas a partir das altitudes em metros e as abcissas a área em km². Tal gráfico é utilizado para representar o volume de material rochoso distribuído desde a base até o topo da área compreendida. A curva hipsométrica é útil para mostrar, proporcionalmente, a quantidade de material rochoso que, em teoria, existia antes do trabalho erosivo e a quantidade relativa atual que existe (Antonio Filho, Lima e Uberlândia, 2007).

A partir da análise da curva hipsométrica da sub-bacia do Rio Jacoca, o seu início tendendo ao formato convexo representa as menores cotas da sub-bacia, indicando que a maior parte de áreas de

baixa altitude é relativamente pequena em comparação à área total da sub-bacia, significando que a área mais baixa tem extensão limitada (Figura 58),

FIGURA 58: Curva hipsométrica da sub-bacia do rio Jacoca, 2024.



Elaboração: Vinícius Henrique Barreto Santos, 2024.

Isso implica que essas áreas estão em estágio final de dissecção e onde os processos erosivos removeram grande parte da massa rochosa das áreas mais altas. Comprova-se essa constatação a partir do mapa hipsométrico da sub-bacia do Rio Jacoca, onde o terço final do rio é compreendido em cotas mais baixas, relacionadas à dissecção dos interflúvios e ao entalhamento da rede de drenagem.

Essas áreas tendem a se apresentar como receptoras de sedimentos dos trechos mais elevados, acumulando-os. Isso se relaciona com a tendência de energia do canal principal, que perde sua capacidade erosiva, mas aumenta seu volume.

Já a parte central do gráfico, correspondendo a sua maior porção, representa que a maioria do terreno da sub-bacia, compreende-se em cotas intermediárias de altitudes, indicando que a área acumulada nessas partes é constante. Esse padrão sugere que o relevo está relativamente maduro, equilibrando os processos erosivos e deposicionais.

Finalmente, o terço final do gráfico, tendendo ao formato côncavo, representa a concentração das maiores altitudes encontradas na sub-bacia. O fato dessa faixa ser exígua quer dizer que essas cotas estão distribuídas minimamente no terreno da sub-bacia, representando apenas alguns pontos extremos, os quais ficam localizados nas serras (do Machado, Capunga e Itapicuru). Essas regiões sugerem um estágio inacabado de dissecção, relacionando-se a maior resistência do terreno à erosão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação morfométrica do potencial e comportamento da rede fluvial na dinâmica da paisagem da sub-bacia do rio Jacoca, permitiu obter informações detalhadas sobre a interação entre os componentes geomorfológicos, hidrográficos e antrópicos atuantes no sistema hidrográfico. Nessa seara, o estudo demonstrou a relevância da análise morfométrica como ferramenta essencial na compreensão da dinâmica fluvial e no planejamento territorial, ao evidenciar a influência dos parâmetros físicos na organização da rede de drenagem e na resposta da sub-bacia às diversas pressões ambientais e ocupacionais.

A sub-bacia do Rio Jacoca apresenta uma rede de drenagem bem estruturada, alcançando até a quinta ordem, demonstrando um sistema hidrográfico funcional e consolidado. A predominância dos canais de primeira e segunda ordem reforça sua importância na captação das águas pluviais e na manutenção do equilíbrio hidrológico da área. A magnitude fluvial, expressa pelo total de 173 nascentes, confirma um bom desenvolvimento hidrográfico, evidenciando a capacidade de armazenamento hídrico e reforçando a necessidade de conservação dessas áreas de recarga para assegurar a estabilidade da rede de drenagem ao longo dos ciclos hidrológicos.

A relação de bifurcação obtida na análise da rede hidrográfica mostrou que há uma transição gradual entre as ordens de canais, permitindo um escoamento eficiente das águas pluviais sem impactos excessivos na erosão dos solos. Já a configuração do perfil longitudinal do Rio Jacoca demonstra uma variação entre áreas de relevo suavizado no alto curso e áreas mais dissecadas nos médios e baixos cursos, revelando um padrão de transição geomorfológica que influencia diretamente os processos erosivos e sedimentares.

O gradiente altimétrico de 0,00675 m/m encontrado, evidencia uma capacidade erosiva moderada, sugerindo uma relação dinâmica entre erosão e deposição ao longo da extensão do rio principal, situação confirmada pela variação altimétrica entre a nascente e a desembocadura, que passa de 257 metros para aproximadamente 13,95 metros. Esse declive gradualmente acentuado contribui para a estabilização da energia ao longo do canal principal, reduzindo a intensidade dos processos erosivos, favorecendo o transporte de sedimentos e, acumulação no trecho inferior da sub-bacia.

O deslocamento médio dos afluentes entre interflúvios e canal principal é de 229 metros, classificando a sub-bacia com um índice de EPS alto, o que indica uma estrutura hidrográfica bem distribuída e capaz de suportar eventos de precipitação sem comprometimento severo da drenagem. A densidade de drenagem de aproximadamente 2,18 km/km² reforça a eficiência da sub-bacia na captação e condução dos fluxos hídricos, evidenciando um padrão equilibrado de escoamento. A análise

morfométrica mostrou que o Rio Jacoca possui configuração levemente meandrante, com um índice de sinuosidade 2,0, revelando uma forma transicional entre padrões fluviais mais retilíneos e sinuosos. Essa característica impacta diretamente na dinâmica do fluxo, permitindo uma maior distribuição das cargas sedimentares ao longo do curso do rio e reduzindo potenciais erosivos em áreas vulneráveis.

O formato alongado da sub-bacia, com um índice de 0,2852, reforça sua capacidade de evitar enchentes, pois o tempo de concentração das águas pluviais é maior, permitindo que os fluxos sejam distribuídos ao longo da extensão do canal sem sobrecarga nos pontos mais baixos. Esse padrão é essencial para o planejamento de manejo hídrico, pois minimiza impactos erosivos e favorece a infiltração da água no solo, garantindo a recarga de aquíferos. O coeficiente de massividade de 1,7264 e o coeficiente orográfico de 258,88 indicam uma alta energia erosiva na área, reforçando a necessidade de estratégias voltadas para a conservação dos solos e contenção da degradação ambiental causada pelas atividades antrópicas.

A correlação entre o uso e ocupação do solo e a declividade do relevo demonstrou que as áreas agrícolas e as povoações se concentram em terrenos de relevo plano a suave ondulado, permitindo a mecanização e reduzindo os impactos sobre o solo. No entanto, a expansão desordenada de pastagens em encostas superiores a 20° de declividade, tem intensificado os processos erosivos e provocado degradação dos canais fluviais, comprometendo a integridade da rede hidrográfica.

Essa ocupação inadequada, especialmente no médio e baixo curso da sub-bacia, tem alterado a resposta do sistema hidrográfico e geomorfológico, desequilibrando as interações naturais e reduzindo a eficiência do escoamento hídrico. A maior concentração de declividades na área inferior da sub-bacia, com gradientes entre 22% e 37%, inviabiliza atividades agrícolas mecanizadas, favorecendo a pecuária como a principal ocupação econômica. Entretanto, a ausência de práticas conservacionistas e o desmatamento descontrolado têm agravado os impactos ambientais, expondo os solos à erosão, contribuindo para o assoreamento dos canais fluviais.

A análise dos índices de rugosidade e relação de relevo revelou uma variação altitudinal relativamente pequena ao longo da extensão da sub-bacia, sugerindo um relevo predominantemente plano a suavemente ondulado. Essa característica reduz a velocidade do escoamento das águas, favorecendo a infiltração hídrica, mas também intensifica os processos deposicionais, tornando essencial a implementação de medidas de manejo adequadas para evitar a sedimentação excessiva e garantir a funcionalidade da rede fluvial.

A curva hipsométrica da sub-bacia evidenciou padrões geomorfológicos distintos, onde as áreas de baixa altitude estão em estágio avançado de dissecação, acumulando sedimentos provenientes das regiões mais elevadas, enquanto a parte central do gráfico apresenta cotas intermediárias que refletem um equilíbrio entre erosão e deposição. Já as áreas de maior altitude, localizadas nas serras do Machado,

Capunga e Itapicuru, demonstram uma maior resistência aos processos erosivos, sendo fundamentais para a manutenção da estabilidade estrutural da sub-bacia.

Os achados da pesquisa reforçam a necessidade de um planejamento territorial eficiente para garantir a sustentabilidade da sub-bacia do Rio Jacoca, considerando a interdependência entre a topografia, a dinâmica hidrográfica e as atividades humanas. A ocupação inadequada das áreas de maior declividade, o desmatamento e o uso intensivo dos solos requerem medidas urgentes de manejo para minimizar os impactos ambientais e preservar a funcionalidade da rede de drenagem. A conservação das nascentes e canais de menor ordem deve ser priorizada, pois são essenciais para a recarga hídrica e o equilíbrio hidrológico da sub-bacia. Além disso, a regulamentação da ocupação das áreas inclinadas e o incentivo à preservação da vegetação são estratégias fundamentais para conter a erosão e reduzir os riscos de degradação dos solos. O uso de tecnologias de geoprocessamento também pode ser um recurso valioso para aprimorar o planejamento territorial e realizar análises mais precisas da dinâmica ambiental.

Diante das evidências apresentadas, conclui-se que a sub-bacia do Rio Jacoca possui um sistema hidrográfico dinâmico e funcional, mas que enfrenta desafios relacionados à degradação ambiental e às pressões antrópicas sobre seus recursos hídricos. Sendo assim, a consideração dos parâmetros morfométricos no planejamento territorial é fundamental para garantir um uso equilibrado dos recursos naturais, de modo a evitar impactos irreversíveis na rede fluvial.

Por fim, com base nos resultados obtidos, este estudo contribui significativamente para o avanço do conhecimento na área da geomorfologia fluvial e espera-se que esta pesquisa sirva como auxílio para posteriores investigações e estratégias de gestão ambiental, promovendo um equilíbrio entre desenvolvimento e preservação da paisagem morfopedológica.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Cássio Brener Andrade. **Evidências de mingling na Unidade Gentileza, Domínio Canindé, faixa de dobramentos sergipana**. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geociências e Análise de Bacias, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2019.

ALVES, Mayk. Neossolo é solo que destaca diferentes tipos e características variáveis. **Agro 2.0**, [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.agro20.com.br/neossolo/>. Acesso em: 02 set. 2024.

ANDRADE, José Antônio. **As unidades de paisagem e os sistemas de produção agrícola no município de Florai–PR**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá–PR, 2005.

ALMEIDA, Leonardo de. **Hidrogeologia**. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2016. Disponível em: <https://progestao.ana.gov.br/destaque-superior/eventos/oficinas-de-intercambio-1/aguas-subterrneas-1/oficina-aguas-subterrneas-brasil-2016/apresentacoes-ana/ana-1-hidrogeologia-leonardo-de-almeida.pdf>. Acesso em: 02 set. 2024.

ARAÚJO, H. M. de. **Relações socioambientais na bacia costeira do Rio Sergipe**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-graduação em Geografia – NPGeo, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2007.

ARAÚJO, H. M. de. A bacia hidrográfica como unidade geográfica de planejamento e gestão ambiental. *In*: Araújo, H. M. de; SANTOS, N. D. dos. (Org.). **Temas de geografia contemporânea: teoria, métodos e aplicações**. São Cristóvão: Editora UFS, 2010.

ARAÚJO, H. M. de; BEZERRA, G. S.; SOUZA, A. C. Hidrografia e hidrogeologia: qualidade e disponibilidade de água para abastecimento humano na bacia costeira do Rio Sergipe. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., 2009, Viçosa. **Anais [...]**. Viçosa: UFV, 2009.

BALDIN, R. Sobre o conceito de paisagem geográfica. **Paisagem e Ambiente**, v. 32, n. 47, p. e180223, [S. l.], 2021. DOI: 10.11606/issn.2359-5361.paam.2021.180223. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/paam/article/view/180223>. Acesso em: 9 dez. 2023.

BEZERRA, G. dos S. **Dinâmica, ocupação e impactos socioambientais na microbacia do Rio do Sal**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – PPGeo, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2014.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria dos Sistemas**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, IG–USP, n. 13, p. 1–27, 1972.

BRASIL. Serviço Geológico do Brasil. [S. n.]: CPRM, 2024. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publicue/Geologia/Sensoriamento-Remoto-e-Geofisica/RADAM-D-628.html>. Acesso em: 26 dez. 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000**. Criação da Agência Nacional de Águas. Brasília–DF: [S. n.], 2000.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília–DF: [S. n.], 1997.

BRASIL. **Lei 24.643 de 10 de julho de 1934**. Código de Águas. Brasília–DF: Presidência da República, 1934.

CARVALHO, Luiz Moacyr de; MARTINS, Violeta de Souza. **Geodiversidade do Estado de Sergipe**. 1. ed. Brasília: CPRM, 2017.

CARVALHO, M. E. **A questão hídrica na bacia sergipana do Rio Vaza Barris**. 2010. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2010. p. 373.

CASSETTI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991.

CAVALCANTI, L. C. de S. **Cartografia das paisagens: Fundamentos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Livros, 2018.

CHEREM, L. F. S. *et al.* Análise morfométrica em bacias hidrográficas. *In*: MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; BARROS, L. F. de P. (orgs.). **Hidrogeomorfologia: formas, processos e registros sedimentares fluviais**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

CHEREM, L. F. S.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P.; FARIA, S. D. Análise e compartimentação morfométrica da bacia hidrográfica do Alto Rio das Velhas – região central de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 12, n. 1, 2011. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/214>. Acesso em: 6 dez. 2023.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical geography: a systems approach**. London: Pietice Hall, 1971.

CHRISTOFOLETTI, Anderson Luis Hebling; AZEVEDO, Thiago Salomão de; MAIA, Diego Corrêa. Antonio Christofolletti: um geógrafo brasileiro. **Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 1–15, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/11335>. Acesso em: 25 ago. 2024.

CHRISTOFOLETTI, A. Aspectos da análise sistêmica em geografia. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 3, n. 6, p. 1–32, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COELHO, A. C. P.; CONTIJO JÚNIOR, W. C.; CARDOSO NETO, A. Unidades de planejamento e gestão de recurso hídricos: uma proposta metodológica. *In*: SILUSBA, 7., 2005, Évora. **Anais [...]**. Évora, 2005.

CRUZ, Marcus Aurélio Soares. **Regionalização de precipitações médias e prováveis mensais e anuais no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 26 p. (Boletim de Pesquisa / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678–1953; 54).

CRUZ, R. da. **Morfodinâmica de praias e processos erosivos intraurbanos no município de Aracaju/Sergipe**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) – PPGeo, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2023.

DAMBRÓS, C. **Hidrogeografia**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Argissolos**. Brasília–DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos>. Acesso em: 05 set. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Argissolos Vermelho-Amarelos**. Brasília–DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/argissolos-vermelho-amarelos>. Acesso em: 02 set. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Argissolos Vermelho-Amarelos**. Brasília–DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/argissolos/argissolos-vermelho-amarelos>. Acesso em: 02 set. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Neossolos Litólicos**. Brasília–DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolos-litolicos>. Acesso em: 04 set. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Neossolos**. Brasília–DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos>. Acesso em: 04 set. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos: plintossolos**. Brasília–DF: EMBRAPA, [202-]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs/classificacao-de-solos/plintossolos>. Acesso em: 05 set. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Neossolos quartzarênicos**. Brasília–DF: EMBRAPA, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/territorios/territorio-mata-sul-pernambucana/caracteristicas-do-territorio/recursos-naturais/solos/neossolos-quartzarenicos>. Acesso em: 05 set. 2024.

EOS Data Analytics. **Imagens de satélite de alta resolução**. [S. l.]: EOS Data Analytics [c2024]. Disponível em: <https://eos.com/pt/products/high-resolution-images/>. Acesso em: 25 ago. 2024.

ERHART, H. **La genèse des sols entant que phénomène géologique** : esquisse d'une théorie géologique et géochimique: exemples d'application. 2. ed. Paris: [s. n.], 1967. p. 177.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia**: conceitos e tecnologia atuais. São Paulo: Oficina de Texto, 2008.

FIRMINO, I. G.; FORTES, E.; VARGAS, K. B. Parâmetros morfométricos para a análise do perfil longitudinal do Rio Goio-Erê: rupturas de declive e seus significados. *In: XII SINAGEO PAISAGEM E GEODIVERSIDADE: A VALORIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO BRASILEIRO*, 2018, Crato–CE. **Anais [...]**. Ceará: SINAGEO, 2018.

FONTES, A. L. **Caracterização geoambiental da bacia do rio Japarutuba/SE**, 1997. Tese (Doutorado em Geografia) –IGCE/UNESP, Rio Claro, 1997.

FRANÇA, E. M. S. da; PINTO, J. E. S de S. Análise de parâmetros morfométricos na microbacia do Riacho Flamengo em Garanhuns, PE. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 64, 2021. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/24662>. Acesso em: 6 dez. 2023.

GIL, V.; VOLONTE, A.; CAMPO, A. M. Índices morfométricos a diferentes escalas aplicados al peligro de crecidas en cuencas pequeñas: cuenca del Arroyo San Bernardo, Argentina. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 20, n. 4, 2019. DOI: 10.20502/rbg.V.20i4.1598. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1598>. Acesso em: 7 dez. 2023.

GOMES, Raul Carneiro; BIANCHI, Christina; OLIVEIRA, Vlândia Pinto Vidal de. Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica. **GEOgraphia**, v. 23, n. 51, p. 1–20, 2021. DOI: 10.22409/GEOgraphia2021.v23i51.a27667. Acesso em: 22 jul. 2024.

GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **Os (Des)caminhos do Meio Ambiente**. São Paulo: Editora Contexto, 1989.

GRANELL-PÉREZ, M. D. C. **Trabalhando a Geografia com as cartas topográficas**. Ijuí–RS: Unijuí, 2004.

HOFFMAN, P. F.; SCHRAG, D. P. The snowball Earth hypothesis: testing the limits of global change. **Terra Nova**, v. 14, p. 129–155, 2002.

HOLZER, Werther. Paisagem, imaginário e identidade: alternativas para o estudo geográfico. *In: ROSENDAHL, Zeny; CORRÊA, Roberto Lobato (orgs.). Manifestações da cultura no espaço*. Rio de Janeiro: Eduerj, 1999. p. 149–168 (Série Geografia Cultural).

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geol. Soe. Am. Bull**, v. 56, n. 3, p. 275–370, 1945. Disponível em: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275:EDOSAT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275:EDOSAT]2.0.CO;2). Acesso em: 7 dez. 2023.

IBGE. (1983). *Manual Técnico de Geomorfologia*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IBGE. (2009). *Manual Técnico de Geomorfologia*. 2ª edição. Rio de Janeiro: IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais.

IBGE. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Glossário geológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1999.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 272 p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Centro de previsão de tempo e estudos climáticos**: El Niño e La Niña, [S. l.], [c2016]. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 2 set. 2024.

JESUS, M. V. de; Araújo, H. M. de. **Morfodinâmica de praias oceânicas setentrionais na ilha de Santa Luzia – Barra dos Coqueiros**: uma estratégia geomorfológica para o gerenciamento costeiro do litoral. 2023. Relatório de Pesquisa (Iniciação Científica) – COPES/PIBIC/CNPq, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2023.

JESUS, V. C. de; BARRETO, H. N. Padrão de drenagem: um resgate conceitual como subsídio à classificação da bacia do Rio Preguiças/MA. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. 25, n. 4, jan.–dez., 2021. Disponível em: https://www.agbbauru.org.br/publicacoes/revista/anoXXV_4/agb_xxv_4_web/agb_xxv_4-23.pdf. Acesso em: 6 dez. 2023.

KLIR, G. J. (1991). **Facets of Systems Science**. Plenum Press.

KUBOTA, N. A.; LIMA, A. M. M. D.; ROCHA, N. C. V.; LIMA, I. F. Hidrogeomorfologia da bacia hidrográfica do Rio Guamá – Amazônia Oriental – Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 21, n. 4, 2020. DOI: 10.20502/rbg.v21i4.1920. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1920>. Acesso em: 7 dez. 2023.

LEITE, M. E.; ROCHA, A. M. Sistema de informações geográficas (SIG) aplicado ao cálculo de índices morfométricos em bacia hidrográfica. **Geo UERJ**, [S. l.], n. 28, p. 44–65, 2016. DOI: 10.12957/geouerj.2016.18520. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/18520>. Acesso em: 2 jan. 2024.

LEITE, L. S. **Dinâmica geoambiental e repercussões sobre recursos hídricos do município de Nossa Senhora das Dores/Sergipe**: 1970 a 2018. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020. p. 259.

LEOPOLD, L. B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J. P. **Fluvial Processes in Geomorphology**. San Francisco: Freeman, 1964. .

LIMA, Alexandre Herculano de Souza; AZAMBUJA, Renata Nunes. **Análises morfométricas do Domo de Itabaiana e mapeamento geomorfológico de detalhe**. 2017. Relatório (Programa de Iniciação Científica Voluntária – PICVOL) – Universidade Federal de Sergipe, Pró-reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Coordenação de Pesquisa, 2017.

LIMA, J. de L.; MENEZES, L. de S.; Silva, O. G.; MONTEIRO, K. de A. Parâmetros morfométricos aplicados à bacia do Rio da Batateia (Ceará – Brasil) para identificar suscetibilidade a enchentes. **Revista de Geografia**, Recife, v. 39, n. 1, 2022. DOI: 10.51359/2238-6211.2022.247770. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/247770>. Acesso em: 6 dez. 2023.

LIMA, E. S.; PINTO, J. E. S. S. Contribuições teóricas sobre os principais sistemas meteorológicos de Sergipe. **Revista Geonorte**, [s. l.] v. 1, n. 5, p. 502–514, 2012.

LIMA, L. P. **Processos e feições geomorfológicas na faixa de dobramentos sergipana do domínio Vaza-Barris**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022. p. 209.

LIMA, Luana Pereira; ARAÚJO, Hélio Mário de. Análise hipsométrica e morfoestrutural do domínio Vaza-Barris, Sergipe. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 94, p. 133–150, ago., 2023. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

LOLLO, J. A. de. A Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água. In: AMÉRICO-PINHEIRO, J. E. P.; MIRANTE, M. E. P.; BENINI, S. M. **Gestão e qualidade dos recursos hídricos**: conceitos e experiências em bacias hidrográficas. Tupã–SP: 1. ANAP, 2016. p. 20–40.

LYRA, Matheus José Arruda; ARRAUT, Josefina Moraes. Estudo sinótico e da estrutura vertical de um vórtice ciclônico de altos níveis, ocorrido em janeiro de 2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [s. l.], v. 38, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/VN8PMMvpXjXqM9KCvzTGXVS/>. Acesso em: 02 set. 2024.

PROJETO RADAMBRASIL. Folhas SC. **24/25 Aracaju/Recife**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: Projeto RADAMBRASIL, 1983. v. 30, 852 p., il., mapas.

MACEDO, H. dos S. **Ordenamento territorial-ambiental da bacia costeira Caueira/Abais**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2014. p. 216.

MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. Gestão de bacias e gerenciamento de recursos hídricos. In: MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrologia**. São Paulo: Learning, 2012.

MACHADO, Ricardo Augusto Souza; LOBÃO, Jocimara Souza Britto; VALE, Raquel de Matos Cardoso do; SOUZA, Ana Paula Mascarenhas Jesus de. Análise morfométrica de bacias hidrográficas como suporte à definição e elaboração de indicadores para a gestão ambiental a partir do uso de geotecnologias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15., 2011, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: INPE, 2011. p. 1441–1448. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte/2011/07.13.13.39/doc/p1118.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2024.

MAIA, C. O.; FACURY, D. M.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Imagens de satélite de alta resolução têmporo-espacial em estudos geomorfológicos: potencialidades do satélite PlanetScope. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA (SINAGEO), 14., 2023, Corumbá. **Anais** [...]. Corumbá: SINAGEO, 2023.

MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; BARROS, Luiz Fernando de Paula. **Hidrogeomorfologia**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2020.

MANOSSO, F. C. Parâmetros morfométricos de bacias hidrográficas situadas sobre a formação Serra Geral, Estado do Paraná, Brasil. **Caderno de Geografia**, v. 30, n. 62, 2020. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/22553> Acesso em: 6 dez. 2023.

MEDEIROS, R. B.; BEREZUK, A. G.; Silva, C. A. da. Análise morfométrica do Rio Mimoso, Mato Grosso do Sul/Brasil. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 13, n. 32, maio/ago., 2019, p. 113–135. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/346844208_A_morfometria_da_bacia_hidrografica_do_rio_Mimoso_um_sistema_carstico_do_Mato_Grosso_do_Sul_BrasilLa_morphometrie_du_bassin_de_rio_Mimoso_un_systeme_karstique_do_Mato_Grosso_SulBresilo. Acesso em: 6 dez. 2023.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MESQUITA, L. F. G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, UFPR, v. 45, 2018. DOI: 10.5380/dma.v45i0.47280. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/47280>. Acesso em: 30 dez. 2023.

MIRANDA, G. M. Espaços Funcionais como modos de governança além de limites físicos e político-administrativos: exemplos no Brasil e na Suíça. **GEOGRAFIA**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 9–22, 2020. DOI: 10.5433/2447-1747.2021v30n1p9. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/40081>. Acesso em: 5 jan. 2024.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Geografia**: pequena história crítica. São Paulo: Annablume, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. **Simpósio da Comunidade Vegetal como Unidade Biológica, Turística e Econômica**, [s. l.], v. 1, n. 15, p. 43–76, 1978.

MOREIRA, Elvis Vieira; MASCARENHAS, Abraão Levi dos Santos; RODRIGUES, Marcos Mascarenhas Barbosa. **Paisagem**: conceitos e realidades. Uma perspectiva além do ambiente escolar. Marabá: UNIFESSPA, 2023. Disponível em: http://www.falaprofessor2015.agb.org.br/resources/anais/5/1441760403_ARQUIVO_PAISAGEMCO_NCEITOSEREALIDADES.UMAPERPECTIVAALEMDOAMBIENTEESCOLAR.pdf. Acesso em: 05 ago. 2024.

MOURA-FÉ, Marcelo Martins de. Historicidade e contemporaneidade do conceito de paisagem. **Revista Tamoios**, São Gonçalo, v. 10, n. 2, p. 101–114, jul.–dez., 2014. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/tamoios/article/view/9975>. Acesso em: 8 dez. 2023.

NAVEH, Z.; LIEBERMAN, A. Landscape ecology: theory and application. New York: Springer-Verlag, 1984.

NEVES, C. E. das; SALINAS, E. A paisagem na geografia física integrada: impressões iniciais sobre sua pesquisa no Brasil entre 2006 e 2016. **Revista do Departamento de Geografia**, [s. l.], n. spe, p. 124–137, 2017. DOI: 10.11606/rdg.v0ispe.132757. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/132757>. Acesso em: 2 jan. 2024.

OLIVEIRA, T. A.; BELIZÁRIO, B. Estudo de índices e parâmetros lineares e areais da bacia hidrográfica do Ribeirão da Ponte Alta, no município de Poços de Caldas–MG. In: 12º SINAGEO – Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2018, Poços de Caldas. **Anais** [...]. Poços de Caldas: Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, 2018. p. 1-10. Disponível em: <https://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/10/10-74-259.html>. Acesso em: 28 jul. 2024.

OLIVEIRA, R. O.; SANTOS, V. H. B; OLIVEIRA, A. R. de. A mercantilização das águas e seus rebatimentos no semiárido brasileiro. **International Journal Semiarid**, Ceará, v. 5, n. 5 p. 100–112, 2022. Disponível em: <https://journalsemiarid.com/index.php/ijsa/article/view/118>. Acesso em: 14 dez. 2023.

PASSARELA, S.; LADEIRA, F. S. B.; LIESENBERG, V. Morfometria da bacia do Rio São João, MG: uma proposta de entendimento dos limites e da dinâmica das superfícies erosivas. **Rev. Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 17, n. 2, abr.–jun., p. 241–252, 2016.

PASSOS, M. M. A eco-história da paisagem. **Boletim de Geografia**, [s. l.], v. 24, n. 1, UEM, 1997. PNRH. Casa Civil. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Brasília–DF: Presidência da República, 2003.

PORTO, M. F. A; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Scielo Brazil**, São Paulo, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/ccyh4cf7NMdbpJdhSzCRNtR/?lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2023.

RIBEIRO, K, V.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; MEIRELES, A. J. de A. Caracterização do meio físico e da cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Poti (Ceará e Piauí). **Revista Equador (UFPI)**, v. 12, n. 1, p. 173–198, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/14075>. Acesso em: 7 dez. 2023.

RODRIGUEZ, J. M. M; SILVA, E. V. Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2000.

ROSA, A. M. R.; GUARDA, V. L. de M. Gestão de recursos hídricos no Brasil: um histórico. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 9, n. 2, maio–ago., p. 197–220, 2019. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/15884>. Acesso em: 5 jan. 2024.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, FFLCH-USP, n. 8, p. 63–74, 1994.

SANTANA, L. B. de. **Fragilidade e vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Aracaju/SE**. Tese (Doutorado em Geografia) – PPGeo, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2019.

SANTIAGO, Renato Carlos Vieira; LEAL, Angela Beatriz de Menezes; MARINHO, Moacyr Moura; ARGOLLO, Roberto Max; BARBOSA, Johildo Salomão Figueiredo; ROCHA JÚNIOR, Eduardo Reis Viana. Litogeoquímica e geocronologia dos ortognaisses migmatíticos do Domo de Itabaiana, Sergipe: uma suíte do tipo tonalito, trondhjemitó e granodiorito? **Geologia USP. Série Científica**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 3–25, 2017. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspsc/article/view/143651/138323>. Acesso em: 25 jul. 2024.

SANTOS, R. S.; LIRA, D. R.; SANTOS, C. A. Geomorfologia de Sergipe: seções-tipo e representação das paisagens. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 12., 2018, Porto Alegre. **Anais [...]**. Porto Alegre: SINAGEO, 2018. Disponível em: <https://sinageo.org.br/2018/trabalhos/9/9-271-1454.html>. Acesso em: 10 jul. 2024.

SANTOS, M.; LADEIRA, F. S. B.; BATEZELLI, A. Indicadores geomórficos aplicados à investigação de deformação tectônica: uma revisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [s. l.], v. 20, n. 2, 2019.

SANTOS, Reginaldo Alves dos; MARTINS, Adriano A. M.; NEVES, João Pedreira das; LEAL, Rômulo Alves (orgs.). **Geologia e recursos minerais do Estado de Sergipe**. Brasília: CPRM, 2001.

SANTOS, Paulo Henrique Neves; BARROS, Glauber Vinicius Pinto de; FERREIRA, Wesley Silva. Perfil climático e cobertura do solo: o cenário do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 16, n. 1, p. 101–115, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/253473>. Acesso em: 02 set. 2024.

SERGIPE. Pluviosidade: Ribeirópolis, 2000 a 2021. Aracaju: EMDAGRO, 2022. Disponível em: <https://www.emdagro.se.gov.br/wp-content/uploads/2022/06/RIBEIROPOLIS-PLUVIOSIDADE-2000-A-2021.pdf>. Acesso em: 2 set. 2024.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e da Ciência e Tecnologia. **Moita Bonita**: apêndice 39. Aracaju: SEDETEC, [2023]. Disponível em: <https://desenvolve.se.gov.br/wp-content/uploads/2024/01/MOITA-BONITA-Apendice-39.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.

SERGIPE. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico e da Ciência e Tecnologia. **Nossa Senhora das Dores**: apêndice 45. Aracaju: SEDETEC, [2023]. Disponível em: <https://desenvolve.se.gov.br/wp-content/uploads/2024/01/NOSSA-SENHORA-DAS-DORES-Apendice-45.pdf>. Acesso em: 01 set. 2024.

SERGIPE. Secretaria de Estado da Agricultura, do Desenvolvimento Agrário e da Pesca. **Ribeirópolis**. Aracaju: EMDAGRO, 2022. Disponível em: https://emdagro.se.gov.br/wp-content/uploads/2022/12/ribeiropolis_compressed.pdf. Acesso em: 22 jul. 2024.

SERGIPE. **Pluviosidade**: Ribeirópolis, 2000 a 2021. Aracaju: EMDAGRO, 2022. Disponível em: <https://www.emdagro.se.gov.br/wp-content/uploads/2022/06/RIBEIROPOLIS-PLUVIOSIDADE-2000-A-2021.pdf>. Acesso em: 2 set. 2024.

STRAHLER, A. N. Hypsometric analysis of erosional topography. **Geology Society American Bulletins**, [s. l.], v. 63, n. 10, p. 1117–1142, 1952. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/63/11/1117/4477/HYPSOMETRIC-AREA-ALTITUDE-ANALYSIS-OF-EROSIONAL>. Acesso em: 8 dez. 2023.

SHREVE, R. L. Infinite topologically random channel networks. **Jour. Geology**, [s. l.], v. 75, p. 178–186, 1967. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/30066047>. Acesso em: 8 dez. 2023.

SILVA, G. B.; ARAÚJO, H. M. de. **Morfometria de drenagem fluvial na bacia hidrográfica do Rio Cotinguiba como estratégia de planejamento e gestão territorial/ambiental**. Relatório de Pesquisa (Iniciação Científica) – COPES/PIBIC/CNPq, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2022.

SILVA, Amanda Scofano de Andrade. Trilhando a paisagem: uma abordagem de conceitos e diálogos. **Revista Eletrônica História, Natureza e Espaço**, [s. l.], v. 5, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/niesbf/article/download/31935/22633>. Acesso em: 9 dez. 2023.

SILVA, J. M. O. **Análise integrada na bacia hidrográfica do Rio Pirangi–CE: subsídios para o planejamento ambiental**. Tese (Doutorado em Geografia) – PPGEO, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SILVEIRA, Emerson Lizandro Dias; VITTE, Antonio Carlos. Paisagem: um conceito chave na Geografia. **Revista Brasileira de Geografia**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–20, 2010.

SILVEIRA, R. da. **Análise integrada da paisagem da sub-bacia do Rio Pagão Guararema/Sergipe: um olhar para a fragilidade ambiental**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão–SE, 2021. p. 137.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas: métodos em questão**. São Paulo: IGEOG/USP, 1977.

SOARES, L. S.; LOPES, W. G. R.; CASTRO, A. C. L.; ARAÚJO, G. M. C. de. Análise morfométrica e priorização de bacias hidrográficas como instrumento de planejamento ambiental integrado. **Revista do Departamento de Geografia**, [s. l.], v. 31, p. 82–100, 2016. DOI: 10.11606/rdg.v31i0.107715. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/107715>. Acesso em: 15 dez. 2023.

SOUZA, Jonas Otaviano Praça de; ALMEIDA, Joana D'Arc Matias de. Modelo digital de elevação e extração automática de drenagem: dados, métodos e precisão para estudos hidrológicos e geomorfológicos. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 134–149, 2014. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/20470>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SOUZA, Maria Hosana. **Análise morfométrica aplicada a bacias fluviais de Sergipe**. 1982. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociência e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço geográfico uno e múltiplo. **Revista eletrônica de Geografia e Ciências Sociais**, Barcelona, n. 93, 2001. Disponível em: <https://www.ub.edu/geocrit/sn-93.htm>. Acesso em: 15 dez. 2023.

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 Brasileira Multidisciplinar**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 137–156, 2007. DOI: 10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/236>. Acesso em: 10 ago. 2024.

TRINDADE, L. de L.; SCHEIBE, L. F. A gestão dos recursos hídricos a partir de uma análise das políticas públicas. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, [s. l.], n. 2, v. 4, p. 98, 2014. DOI: 10.5102/rbpp.v4i2.2948. Disponível em: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aqcd%3A13%3A1310253/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aqcd%3A101950423&cr=c>. Acesso em: 2 jan. 2024.

TROPMAIR, H. Sistemas, geossistemas, geossistema paulista ecologia da paisagem. **Boletim de Geografia**, Rio Claro–SP, 2004.

UGA, M. A. Descentralização e democracia: o outro lado da moeda. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília–DF, n. 5, 1991.

VALE, J. R. B.; COSTA, L. S. da; PIMENTEL, M. A. da S. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Mocajuba, zona costeira amazônica. **Rev. Geosul**, Florianópolis, v. 36, n. 78, p. 537–557, jan.–abr., 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72705>. Acesso em: 6 dez. 2023.

VITTE, Antonio Carlos; SILVEIRA, Roberison Wittgenstein Dias da. Considerações sobre os conceitos de natureza, espaço e morfologia em Alexander von Humboldt e a gênese da geografia física moderna. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, jul.–set., p. 607–626, 2010.

ZANDAN, R. T. Geoprocessamento: conceitos e definições. **Revista de Geografia: PPGEU**, UFRJ, n. 2, v. 7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2017.v7.18073>. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/geografia/article/view/18073>. Acesso em: 30 dez. 2023.