



Geomorfologia Ambiental

Organização:

- Glairton Cardoso Rocha
-





Geomorfologia Ambiental

Organização:

- Glairton Cardoso Rocha

MOSSORÓ- RN, 2026.

UERN



Universidade do Estado do Rio Grande do Norte

Reitora

Cicília Raquel Maia Leite

Vice-Reitor

Francisco Dantas de Medeiros Neto

Diretor da Editora Universitária da Uern (Eduern)

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

Chefe do Setor Executivo da Editora Universitária da Uern (Eduern)

Jacimária Fonseca de Medeiros

Chefe do Setor de Editoração da Editora Universitária da Uern (Eduern)

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins

Conselho Editorial das Edições UERN

Andreza Tacyana Félix Carvalho

Francisco Fabiano de Freitas Mendes

Franklin Roberto da Costa

Fernanda Abreu de Oliveira

Gleisson do Carmo Oliveira

Ismênia Gurgel Martins

Jacimária Fonseca de Medeiros

Lindercy Francisco Tomé de Souza Lins

Maria Ione da Silva

Otoniel Fernandes da Silva Júnior

Patrícia Batista Barra

Kalidia Felipe de Lima

Saulo Gomes Batista

Sérgio Luiz Pedrosa Silva

Capa e Diagramação

Gabriela Mabel Alves Vieira

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

Geomorfologia Ambiental -Vol.VII [recurso eletrônico]. / Glairton Cardoso Rocha (org.). – Mossoró, RN: Edições UERN, 2026.

144 p.

ISBN: 978-85-7621-583-7 (E-book).

Coleção: Geomorfologia do Brasil.

1. Geomorfologia Ambiental. 2. Conhecimento Geomorfológico. 3. Geomorfologia - Brasil. I. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. II. Título.

UERN/BC

CDD 551.4

Bibliotecário: Aline Karoline da Silva Araújo CRB 15/ 783

Sumário:



	APRESENTAÇÃO.....	06
1.	UNIDADES DE RELEVO E DINÂMICA AMBIENTAL NA BACIA DO RIO PIRAJIBU, REGIÃO DE SOROCABA-SP Emerson Martins Arruda; Felipe Gabriel Ribeiro.	08
2.	NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO ASSOCIADOS AOS PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO Sidney Walison Santos da Silva; Maria Rita Monteiro de Lima; Kleber Carvalho Lima.	25
3.	TAXONOMIA DO RELEVO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO ANGELIM, SÃO LUÍS-MA Ricardo Gonçalves Santana; Quésia Duarte da Silva; Dayana Serra Maciel.	39
4.	PROCESSOS EROSIVOS ASSOCIADOS A NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PETROLÂNDIA - PE Maria Rita Monteiro de Lima; Sidney Walison Santos da Silva; George André Lando; Kleber Carvalho Lima.	59
5.	DINÂMICAS DOS RIOS E OMISSÃO HÍDRICA: DESIGUALDADES SOCIOECONÔMICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO MÉDIO CURSO DO PARAÍBA DO SUL Giselle Ferreira Borges; Neiva Barbalho de Moraes; Monara da Silva Santos; Andre de Souza Avelar.	67

6. MAPEAMENTO DOS GRUPOS PAISAGÍSTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNIÃO-PERNAMBUCO

Renilson Pinto da Silva Ramos;
Fernando da Silva Alexandre;
Gabriel Alan de Sousa Soares;
João Victor Teixeira de Melo;
Adriani Cavalcante Azevedo;
Gabriella Falcão de Oliveira;
Lyvia Ramos Souza;
Daniel Dantas Moreira Gomes;
Lidriana de Souza Pinheiro.

80

7. PROCESSOS EROSIVOS NA ILHA DO MARANHÃO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FATORES CONTROLADORES

Karina Vieira de Govêa;
Quésia Duarte da Silva;
Ricardo Gonçalves Santana;
José Fernando Rodrigues Bezerra;
Antônio José Texeira Guerra.

96

8. ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DAS PESQUISAS EM ETNOGEOMORFOLOGIA

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque;
Karoline Veloso Ribeiro;
Karen Veloso Ribeiro;
Antônio Jeovah de Andrade Meireles.

114

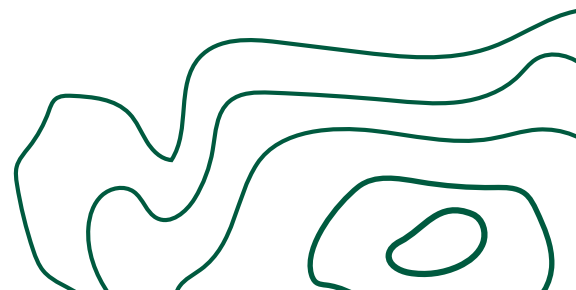
9. APLICAÇÃO DA TÉCNICA CURVA-NÚMERO PARA IDENTIFICAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JENIPARANA, ILHA DO MARANHÃO

Weslem Jhony de Oliveira Rodrigues;
Quésia Duarte da Silva;
Walefe Lopes da Cruz;
Wadrian de Sousa Santos Barros;
Daiany Cristiny Araujo Lopes;
Karina Vieira de Govêa;
Kelvin Barbosa Cantanhede da Silva;
Isabel Silva da Silva;
Brenda Graziela Pereira Madeira.

130

Geomorfologia Ambiental

Glairton Cardoso Rocha





Geomorfologia do Brasil

Apresentação

A **Coleção Geomorfologia do Brasil**, editada pela Edições Uern - EDUERN, reúne contribuições de pesquisadores e pesquisadoras de diferentes regiões do país que apresentaram seus trabalhos no XV Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO), realizado em Natal (RN), entre os dias 4 e 8 de agosto de 2025.

Composta por 14 volumes temáticos, a coleção expressa a diversidade e a vitalidade da produção científica brasileira em Geomorfologia, contemplando desde abordagens clássicas até perspectivas inovadoras que integram novas tecnologias, análises ambientais e dimensões sociais da paisagem. Cada livro reflete o compromisso coletivo de fortalecer e divulgar o conhecimento geomorfológico produzido no Brasil, promovendo diálogo entre diferentes áreas e instituições.

... OS VOLUMES QUE COMPÕEM A COLEÇÃO SÃO:



1. Intemperismo, Solos e Paisagem

organizado por Davi do Vale Lopes (UFRN)



2. Processos e Formas de Vertentes

organizado por Grace Bungenstab Alves (UFBA)



3. Geomorfologia Fluvial e Lacustre

organizado por José Yure Gomes dos Santos (UFRN)
e Filipe da Silva Peixoto (UERN)



4. Geomorfologia Costeira, Marinha e Eólica

organizado por Antônio Rodrigues Ximenes Neto (UFRN)



5. Geomorfologia de Áreas Cársticas

organizado por Luiz Eduardo Panisset Travassos (PUC-MG)



6. Geomorfologia Estrutural

organizado por Abner Monteiro Nunes Cordeiro (UFRN)



7. Geomorfologia Ambiental

organizado por Glairton Cardoso Rocha (IFPI)



8. Quantificação de Processos, Modelagem e Geocronologia

organizado por Kleber Carvalho Lima (UPE)
e Everton Vinicius Valezio (UPE)



9. Mapeamento Geomorfológico: Básico e Aplicado

organizado por Rosangela Garrido Machado Botelho (IBGE)



10. Risco Geomorfológico: Diagnóstico, Prevenção e Previsão

organizado por Maria Carolina Villaça Gomes (UERJ)



11. Antropoceno e Geomorfologia Urbana

organizado por Guilherme Borges Fernandez (UFF)
Miguel Felipe (UFJF)
e Maria Luíza de Oliveira Terto



12. Geodiversidade e Patrimônio Geomorfológico

organizado por Thiara Oliveira Rabelo (UFRN)
e Luciana Martins Freire (UFPA)



13. Geotecnologias e Inteligência Artificial Aplicadas à Geomorfologia

organizado por Paulo Victor do Nascimento Araújo (IFRN)
e Sílvio Braz de Sousa (UFRN)



14. Ensino de Geomorfologia na Educação Formal e Não Formal

organizado por Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque (UFDPAr)
e José Falcão Sobrinho (UVA)

Mais do que uma coletânea de textos, esta coleção constitui um registro histórico da consolidação da geomorfologia brasileira em múltiplas frentes — teórica, metodológica e aplicada. Esperamos que cada volume inspire novas leituras do relevo, novas formas de pensar a paisagem e novos caminhos de pesquisa comprometidos com a compreensão das dinâmicas da superfície terrestre.

Desejamos a todos uma excelente leitura!

*Jacimária Fonseca de Medeiros, Thaís Guimarães,
e Marco Túlio Mendonça Diniz*

Organizadores da Coleção Geomorfologia do Brasil



UNIDADES DE RELEVO E DINÂMICA AMBIENTAL NA BACIA DO RIO PIRAJIBU, REGIÃO DE SOROCABA-SP

Emerson Martins Arruda¹
Felipe Gabriel Ribeiro²

PALAVRAS-CHAVE: Relevo, Análise Ambiental, Faixas Marginais, Uso da Terra.

RESUMO

A pesquisa envolveu a análise dos impactos ambientais da Bacia do Rio Pirajibu a partir da caracterização geomorfológica e do processo de ocupação em suas faixas marginais. A bacia possui área de 418.93 km², e integra a Bacia do Sorocaba e Médio Tietê, e seus principais afluentes são Ribeirão do Varjão, Rio Pirajibu-Mirim. Sobre os procedimentos metodológicos utilizados, houve o mapeamento das unidades de relevo, orientado pelo mapa de índice de rugosidade do relevo local e regional, proposta por Sampaio e Augustin (2014), além de modelos digitais de elevação, produzidos a partir de imagem SRTM. Tais etapas embasaram a delimitação supervisionada do mapa de unidades, com base nos procedimentos técnico-operacionais propostos pelo IBGE (2009), acrescentando-se os trabalhos de campo realizados. Para a análise ambiental, foi elaborado o mapa de cobertura florestal e uso da terra, a partir dos dados obtidos na plataforma do Projeto MapBiomas, através do Google Earth Engine. A análise ambiental do sistema fluvial, onde foram analisados os vales fluviais da área objetivou-se identificar os principais problemas ambientais da área, principalmente frente ao processo de ocupação presente dos trechos urbanos às margens do Rio Piraju. Para essa análise ambiental das faixas marginais será aplicada a proposta de Carvalho, et al. (2011). Como resultados, foram identificadas 4 unidades de relevo. A Unidade 1 refere-se ao setor sul da bacia, com interflúvios mais elevados da área, em geral associados aos batólitos graníticos, relevo dissecado, com forte amplitude altimétrica entre topo e fundo de vale, com formato em “V”. Apresenta vertentes escarpadas, marcando a Serra de São Francisco, com altitude de 1000 metros. Um importante afluente do rio Pirajibu, o Córrego do Varjão tem sua nascente nessa unidade, no município de Mairinque e, apesar de seu caráter de grande importância na dinâmica e ambiental para a bacia do rio Pirajibu, é o setor mais modificado pela ação antrópica em meio ao processo de urbanização. A Unidade 2 está relacionada à faixa adjacente aos batólitos graníticos e vinculam-se à unidade sustentada pelas litologias metassedimentares do Grupo São Roque. Apresenta interflúvios com topos alongados, associados a setores de faixas dobradas, vertentes com formato convexo-retilíneos e declividade intermediária comparando-se com as outras unidades. Compreende parte do município de Alumínio, e constitui trecho de grande vulnerabilidade, em função das alterações junto aos cursos fluviais. A Unidade 3 é próxima ao setor da Depressão Periférica, apresentando interflúvios de

¹ Docente do Curso de Geografia da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, emersongeo@ufscar.br

² Mestre em Geografia pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, felipgribeiro@gmail.com



topos convexizados e baixas vertentes na feição côncava. Apresenta diferentes tipos de uso da terra, com uma maior presença de chácaras e outros tipos de ocupações rurais, além de empreendimentos agropecuários e o rio Pirajibu é menos alterado. A Unidade 4 apresenta interflúvios com baixa amplitude altimétrica, topos planos e alongados e vertentes suavizadas, estando mais próximo ao Rio Tietê. A litologia constitui no Subgrupo Itararé, com arenitos finos paleozóicos, com vales são amplos e, com faixas marginais intensamente ocupadas com empreendimentos, que avançam sobre as APPs.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho apresenta resultados relacionados à análise dos impactos ambientais da urbanização na bacia do Rio Pirajibu, Região de Sorocaba-SP. A pesquisa visa, através da bacia hidrográfica como objeto de análise, estabelecer uma perspectiva sistêmica de seus principais elementos naturais junto das transformações exercidas pelo processo de urbanização, partindo da Geomorfologia como referencial teórico-metodológico.

Segundo Botelho e Silva (2007), a bacia hidrográfica como objeto de análise ambiental tem na sua escolha a visão sistêmica implícita, pois através dela é possível conhecer e avaliar os diversos componentes que a compõem, assim como os processos e interações que nela ocorrem. Portanto, constitui-se em um sistema aberto onde o input e output de matéria e energia acontecem com outros elementos da paisagem, deste modo evidencia a sua importância para os estudos geográficos.

Tendo em vista a importância desta bacia hidrográfica em um contexto regional, a partir de sua abrangência em vários municípios, ressalta-se a importância de seu estudo em caráter ambiental, tendo em vista todas as dinâmicas encontradas em seu sistema. Por isso, a Geomorfologia ganha destaque dentro desta perspectiva e escala de análise.

A Geomorfologia é uma importante corrente de estudos da Geografia, tendo um papel fundamental na caracterização e compreensão do espaço geográfico. Através do entendimento dos processos e dinâmicas relacionadas à transformação do relevo, é possível construir um importante arcabouço teórico que pode ser utilizado em muitas instâncias em nossa sociedade contemporânea.

Com a transformação intensa da paisagem pelas ações antrópicas, são essenciais pesquisas que englobem os processos naturais do relevo e as dinâmicas das ações humanas e suas consequências, sendo a Geomorfologia muito importante neste ponto. Ross (1996) afirma que as pesquisas na Geomorfologia são amplamente aplicáveis para diferentes tipos de atividades humanas, sendo o nível de aprofundamento dos estudos decorrentes da dimensão da área, do objetivo da atividade a ser implementada e da complexidade geomorfológica da área de objeto de análise.

Assim, a Geomorfologia tem um enorme destaque na questão do planejamento territorial e ambiental. Com análise detalhada da topografia e conhecimento dos



processos dinâmicos que atuam na morfogênese, é possível estabelecer medidas que possam prevenir a ocupação de áreas de risco e de maior vulnerabilidade, amenizando e evitando casos que acontecem ou possam ocorrer no futuro.

Por isso, a partir do conceito de bacia hidrográfica como objeto e escala de análise e pautado no arcabouço teórico-metodológico da Geomorfologia, segue-se a proposta da análise ambiental do sistema fluvial da Bacia do rio Pirajibu (Figura 1), onde foram escolhidas diferentes áreas-chave que representam setores onde o canal principal foi altamente alterado pela ação antrópica, seja esta em diferentes níveis e escalas. Alguns desses pontos evidenciam o início de um processo de urbanização, enquanto outros se encontram em alto grau de transformação, largamente transformados e adaptados ao fenômeno urbano e às demandas que o crescimento de uma cidade acaba por produzir.

Partindo destes materiais, propõe-se uma análise ambiental baseada na metodologia de Carvalho et al (2011).

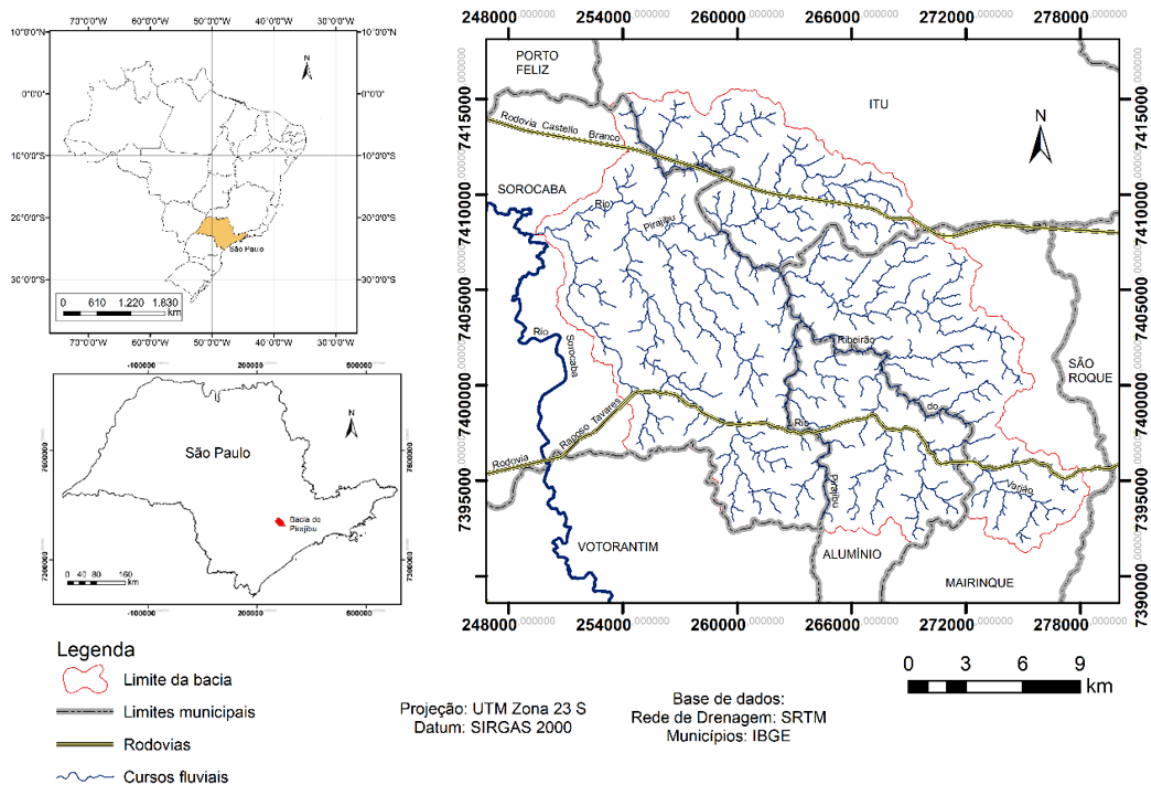
Deste modo, essa pesquisa se pautou na relação integrada do ambiente, mas considerando, além dos impactos da urbanização sobre a bacia de drenagem, a influência das características geológicas da área, sua herança tectônica, e o contexto climático sobre a modelagem das formas de relevo encontradas na mesma, bem como os aspectos da rede de drenagem que compõem a bacia hidrográfica enfocada.

Sobre os assuntos abordados neste trabalho, pode-se dizer que a área estudada, como pensado inicialmente, traz características muito particulares no que diz respeito aos seus aspectos físicos e climáticos, tendo em vista que esses fatores são os que vão, ao longo do tempo, dando forma e característica na bacia.

Neste sentido, o objetivo geral da pesquisa é a análise dos impactos ambientais da Bacia do Rio Pirajibu a partir da caracterização geomorfológica e do processo de urbanização sobre as faixas marginais de seus cursos fluviais.



FIGURA 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Pirajibu.



METODOLOGIA

O método adotado na pesquisa é o da Abordagem Sistêmica. Neste trabalho entende-se o Método como o aporte teórico-filosófico responsável por dar o suporte à problematização da pesquisa bem como a interpretação dos fatos observados. Neste sentido, a Metodologia é entendida como o conjunto de técnicas e seus procedimentos aplicados no decorrer da análise aqui proposta.

Como previsto inicialmente, os procedimentos metodológicos envolvem uma abordagem indireta e direta do objeto de estudo. Para a produção desse trabalho, as duas fases foram realizadas. A metodologia envolveu etapas que direcionam para uma análise geomorfológica preliminar da área em questão, buscando identificar fatos e processos relevantes. Desse modo, foram realizadas as seguintes etapas:

- **Revisão bibliográfica e Organização da documentação cartográfica:** a etapa inicial tem envolvido os levantamentos bibliográficos e de mapeamentos sobre o meio físico da área, onde a partir de sua consulta tem sido possível organizar um panorama sobre os elementos que integram a paisagem regional. Assim a documentação cartográfica da região, como as cartas topográficas,



mapa geológico, imagens de satélite e fotografias aéreas da região da bacia forneceram os dados iniciais para uma abordagem sistêmica da área e serão agregados aos dados obtidos no decorrer da pesquisa.

- **Caracterização Geomorfológica:** o desenvolvimento desse conjunto de etapas é norteado pelos níveis de abordagem geomorfológica proposta de Ab Saber (1969), que propõe a análise em três níveis: a compartimentação topográfica, estrutura superficial e fisiologia da paisagem. Além disso, a relação mais escalar da caracterização está sendo pautada nos níveis taxonômicos propostos por Ross (1992).

Para auxiliar na caracterização geomorfológica da área foram elaborados os seguintes produtos:

- **Mapa Hipsométrico:** apresenta a elevação do relevo através de cores graduais. Foi desenvolvido com imagens SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) com o software ArcGIS 10.3.

- **Mapa de Declividade:** Na elaboração do mapa de declividade também foi utilizada a base SRTM, utilizando-se a ferramenta 3D Analyst Tools/Slope. A escolha das classes de declividade terá como referência a proposta de Herz e De Biasi (1989) e por Ramalho Filho & Beek (1995), para as respectivas porcentagens de declividade.

Villela e Matos (1975) exprimem que a declividade dos terrenos de uma bacia hidrográfica controla em boa parte a velocidade com que se dá o escoamento superficial. Ou seja, quanto mais íngreme for o terreno da bacia, mais rápido será o escoamento superficial, o tempo de concentração será menor e os picos de enchentes na saída serão maiores.

De acordo com De Biasi (1970), a carta clinográfica ou de declividade é um documento básico para o planejamento regional, pois permite uma melhor visualização das declividades de vertentes e um maior realce das áreas de declividades homogêneas. Este autor afirma que a utilização destas cartas é interessante em trabalhos que fazem correlação com outros tipos de fenômenos geográficos diretamente ligados à topografia local, e que através desta se lancem algumas proposições visando melhor aproveitamento do espaço.

Nesse sentido, considera-se que a informação sobre declividade é essencial para o bom desenvolvimento dos objetivos do trabalho. Para isso, dentre diversas propostas de classificação, buscou-se uma que possibilitasse a interpretação sobre aspectos ambientais para variados usos e ocupação do espaço, urbano ou agrícola. Assim, seguiu-se os limites em porcentagem propostos por Herz & De Biasi (1989).



- **Mapa Geológico:** o mapa geológico foi elaborado a partir de base preexistente publicada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2003). As classes serão definidas conforme a classificação do CPRM, em escala de 1:250.000.
- **Modelos numéricos do terreno:** para a elaboração desse mapa no software ArcScene 10.3 foi utilizado o recurso hillshade que transpõe uma imagem ASTER em dados vetoriais possibilitando assim a aplicação de efeitos 3D.
- **Mapa de unidades de relevo:** Para o mapeamento das unidades de relevo, além da utilização do relevo sombreado da área (imagem hillshade) e modelos numéricos do relevo, foram elaborados ainda os mapas do índice de rugosidade da área, produzidos a partir de imagem SRTM. O mapa de índice de rugosidade do relevo local e regional, que também embasaram a delimitação supervisionada do mapa de unidades, foi orientado pela metodologia proposta por Sampaio e Augustin (2014) a partir da distribuição e recorrência de declividades. A partir do conjunto de informações obtidas, ocorreu o mapeamento propriamente dito, orientado com base nos procedimentos técnico-operacionais propostos pelo IBGE (2009) em seu Manual Técnico de Geomorfologia, valendo-se assim, dos princípios básicos de fotointerpretação para a definição das unidades propostas, acrescentando-se ainda os trabalhos de campo realizados ao longo da bacia para checagem dos resultados.
- **Mapa de uso do solo:** o documento foi elaborado a partir dos dados obtidos na plataforma do Projeto MapBiomas, através do Google Earth Engine. O mapeamento realizado pelo projeto faz uso de imagens Landsat com resolução de 30 m, a partir da classificação pixel a pixel. O mapeamento baixado correspondeu à imageamento de 2021. Uma forma de validação dos dados relacionados ao mapa de uso do solo, foi o uso do Google Earth, e trabalhos de campo realizados na área da bacia hidrográfica. Com relação à legenda do projeto, apenas a classe “apicuns” é que se mostrou destoante frente às características da área de estudos, pois o termo está mais relacionado à ambientes salinos e manguezais, o que não corresponde ao contexto geográfico da área.
- **Análise ambiental do sistema fluvial:** nessa etapa foram analisados os vales fluviais da área objetiva-se identificar os principais problemas ambientais da área, principalmente frente ao processo de ocupação presente dos trechos urbanos às margens do Rio Piraju. Para essa análise ambiental das faixas marginais será aplicada a proposta de Carvalho, et al. (2011), sendo que propõe que a classificação dos corpos hídricos urbanos, considere a utilização



de uma matriz dividida em quatro níveis: a) características morfológicas do trecho do canal; b) uso do solo nas Margens do trecho do canal; c) situação de uso do solo no interflúvio; d) unidade geomorfológica do trecho do canal.

• **Trabalhos de campo:** Através da análise de campo, diversos aspectos estudados durante a referenciação bibliográfica foram observados, servindo ao seu propósito de embasar o andamento da pesquisa. Durante o trabalho de campo, realizado primariamente na baixa bacia do rio Pirajibu, foram coletadas diversas imagens, em diferentes pontos considerados cruciais para o tema de estudo, sendo abordado o tipo de interferência antrópica, assim como o grau de impacto nas faixas marginais do canal principal. Para auxiliar na interpretação fotográfica, os mapas produzidos sobre a bacia do rio Pirajibu, como o hipsométrico, geológico e de declividade foram utilizados, assim como imagens de satélite através do software Google Earth.

A partir desta metodologia proposta, procura-se fazer uma análise de todos os aspectos da paisagem em uma perspectiva mais integrada, considerando todos os aspectos e fenômenos do espaço e todas as interações que estes estabelecem entre si, sendo esta uma das bases da metodologia sistêmica empregada ao longo do trabalho.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função dos objetivos propostos, se procedeu com o levantamento de aspectos do relevo na área de estudos, buscando a caracterização dos padrões de relevo e a proposta de definição de suas principais unidades, tendo em vista a escala de análise a qual a pesquisa se apoiou.

Neste sentido, conforme abordado na metodologia, foram utilizados diferentes mapas, modelos tridimensionais do relevo, índices e trabalhos de campo para a compreensão da espacialização das unidades de relevo.

Para uma melhor visualização do contexto geral do relevo da bacia do rio Pirajibu e de suas altitudes, o próprio mapa hipsométrico, já indica uma configuração de relevo de transição, como altitudes entre 552 e 1039 m.

É possível verificar a influência do embasamento cristalino na dinâmica e configuração do relevo regional, associada primariamente à Serra de São Francisco, a topografia no local é marcada por interflúvios com topos aguçados e altitudes próximas e superiores aos 1000 metros, com vertentes mais escarpadas e vales aprofundados, ambos provenientes da influência exercidas pelos batólitos graníticos e os falhamentos constantes pertencentes à dinâmica geológica da área.



Ainda orientada no sentido SW-NE, pode ser observado no mapa hipsométrico uma outra superfície elevada também em torno de 1000 m, entre os Bairros de Brigadeiro Tobias (Sorocaba) e a cidade de Alumínio, Serra esta denominada de Inhaíba.

No setor da média bacia pode se observar o setor de transição entre a Depressão Periférica Paulista e o Planalto Atlântico, área com diferentes níveis de dissecação e possível ação de ajustes da rede hidrográfica em virtude da exumação de antigas estruturas que marcaram a geotectônica da área.

A análise do mapa de declividade possibilita a visualização da diversidade da distribuição das mesmas pelo território da bacia, sendo possível verificar como as mais acentuadas, apesar de se concentrarem na porção sudeste, também estão presentes na área central da média bacia.

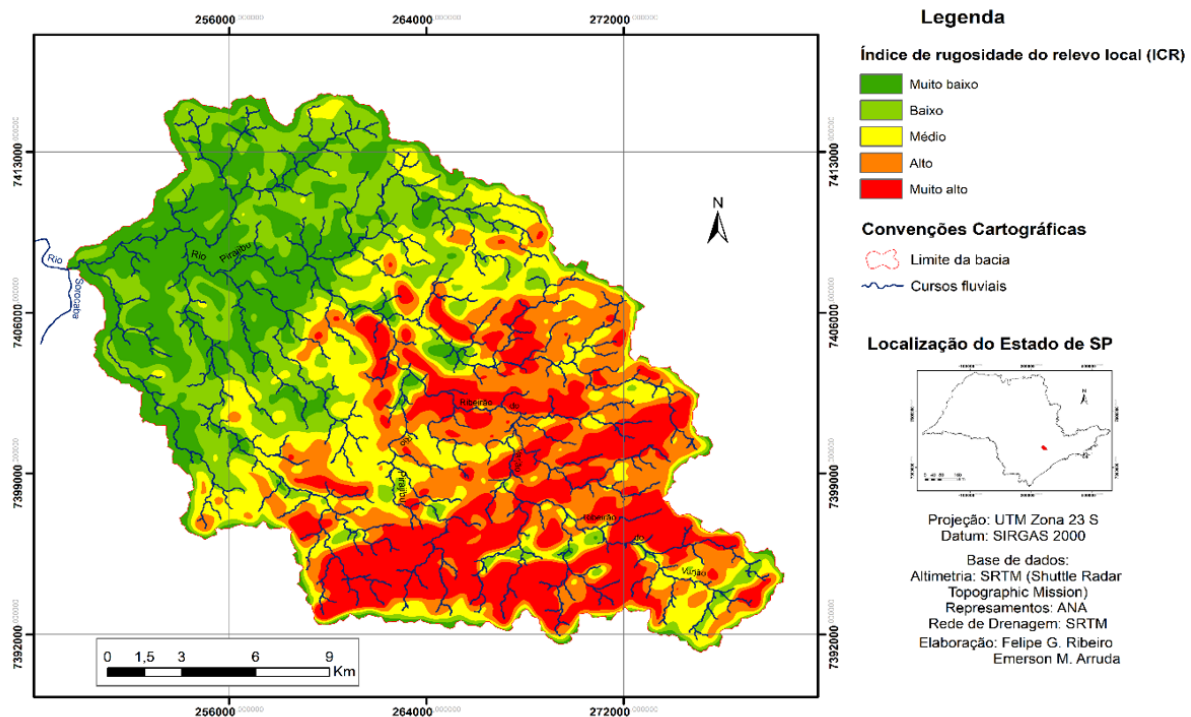
Evidentemente a declividade é influenciada neste caso pelas ocorrências das litologias mais resistentes e grau de dissecação da rede de drenagem atual e sub-atual. Deste modo, como se espera naturalmente as escarpas associadas aos afloramentos dos batólitos graníticos, como também aos materiais quartzíticos são os setores de maior declividade, em geral com valores de 30 a 47% bem, mas ocorrendo áreas com declividades superiores a 47%.

O mapa de índice de rugosidade de relevo global da bacia do Rio Pirajibu, apresentou 6 classes, tendo em vista a metodologia proposta por Sampaio e Augustin (2014), e as métricas de limites de classes adotadas pelo artigo. Há coerência nas classes definidas pelo algoritmo, no entanto, as classes de rugosidade mais baixas, 'plano' e 'suavemente ondulado', praticamente não foram verificadas na escala utilizada, não apresentando expressividade espacial na área da bacia. Considerou-se a necessidade de efetuar uma adequação de novos valores de referência e trabalhos futuros. De qualquer modo, no conjunto das classes especializadas, há coerência, tendo em vista que a classe 'ondulado', também sem muita expressividade na escala adotada, pode ser verificada tanto na planície fluvial do rio Pirajibu junto ao Rio Sorocaba. Além disso, essa classe também pode ser observada nos setores relativos aos topos dos interflúvios na borda da bacia hidrográfica. Já a classe 'fortemente ondulado' está relacionada à superfície média dos interflúvios da Depressão Periférica nesse setor, compostos pelas litologias sedimentares do Subgrupo Itararé. As classes predominantes de rugosidade foram 'escarpado' e 'fortemente escarpado', classes essas que marcar relevos de maior declividade em terrenos graníticos bem como áreas de litologias metassedimentares do Grupo São Roque.

O mapa do índice de rugosidade do relevo local (Figura 2), apresentou um detalhamento melhor para a área de estudo, principalmente no que tange à ocorrência de anfiteatros e vales encaixados nos setores de maior declividade.



FIGURA 2 - Mapa de índice de rugosidade do relevo da bacia do Rio Pirajibu.



Esses setores de rugosidade ‘muito baixa’ e ‘baixa’ se como ao setor da baixa bacia, juntos aos setores de rochas sedimentares, embora nos primeiros casos, são condicionados pela morfoestrutura independentemente do tipo de material. A classe ‘média’ encontrada no mapa em geral está relacionada às áreas de transição entre os compartimentos, ocorrendo também sobre diversidade geológica. Do mesmo modo como no mapa de índice de rugosidade global, as classes de rugosidade ‘alto’ e ‘muito alto’ ocorrem no setor centro-leste da área de estudos, tanto em áreas do embasamento granítico quanto sobre as litologias metassedimentares, setores estes altamente deformados pelas zonas de cisalhamento regionais, como Taxaquara.

A partir dos mapas em questão, e cruzamento com outros documentos cartográficos, considerou-se oportuno classificar a área da bacia do Rio Pirajibu em quatro unidades de relevo, com diversas características de relevo, litologia, declividade e hidrografia. Após a divisão das unidades e a apresentação de seus principais atributos, foi realizada uma análise e estudo de como estas propriedades físicas e naturais interagiram com os processos de urbanização realizados em diferentes áreas-chave, como os municípios de Mairinque, Alumínio e alguns bairros de Sorocaba que ocupam a área correspondente à bacia do rio Pirajibu. As respectivas unidades estão representadas na Figura 03:

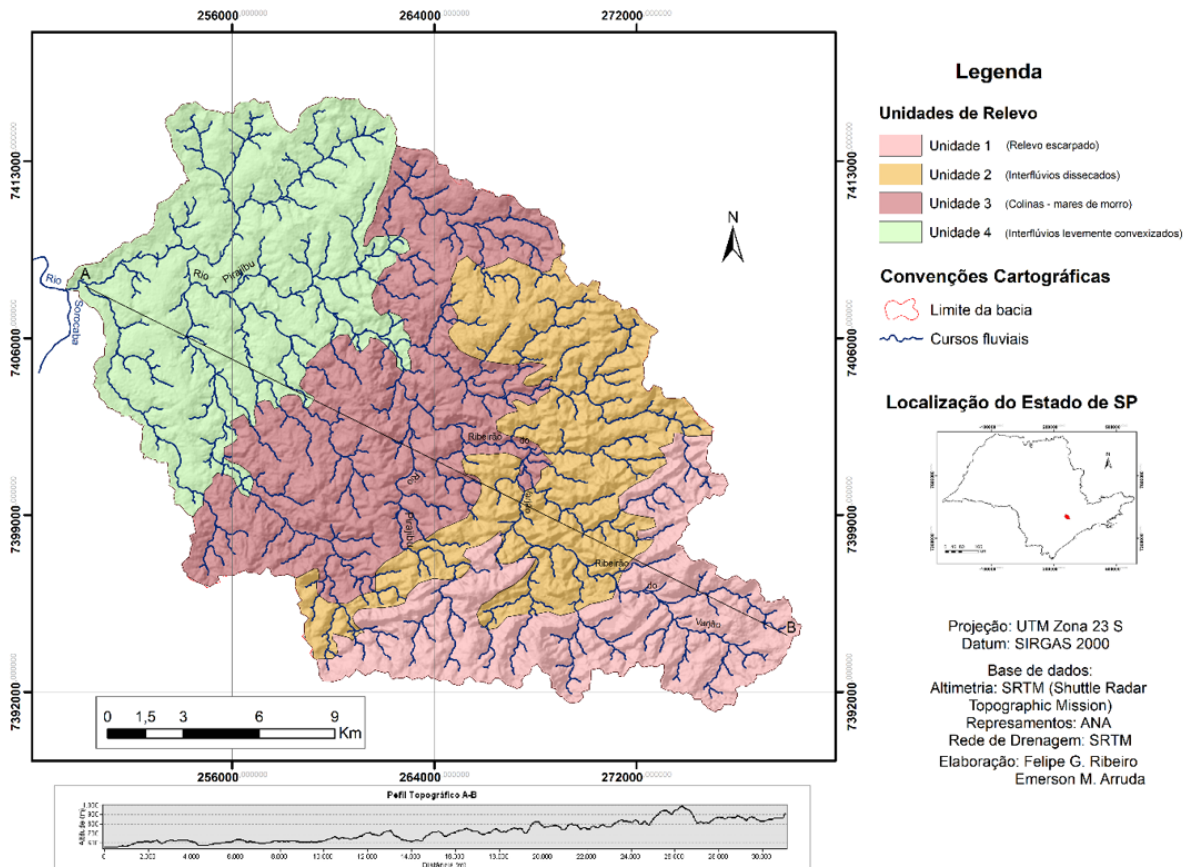
- **Unidade 1:** a primeira refere-se ao setor sul da bacia, onde podem ser encontrados os interflúvios mais elevados da área, em geral associados aos batólitos graníticos. A unidade apresenta relevo dissecado, com forte amplitude



altimétrica entre topo e fundo de vale, sendo os mesmos com formato em “V”. Os topos dos interflúvios alongados e extensos, sendo comum a ocorrência de vertentes escarpadas, marcando os flancos da Serra de São Francisco, conhecido compartimento elevado na região, em geral superando 1000 metros.

• **Unidade 2:** a unidade está relacionada à faixa adjacente aos batólitos graníticos e vinculam-se à unidade sustentada pelas litologias metassedimentares do Grupo São Roque. As características dessa unidade correspondem a interflúvios com topos alongados, associados a setores de faixas dobradas. As vertentes apresentam formato convexo-retilíneos e declividade intermediária comparando-se com as outras unidades, mencionadas. Apresenta ainda vales bem dissecados.

FIGURA 3 - Mapa de unidades do relevo da Bacia do Rio Pirajibu.



Nota-se algumas semelhanças em relação àquelas visualizadas na Unidade 1, relacionadas principalmente às características do relevo cristalino, entretanto, esta área se compõe como uma região de transição entre diferentes unidades ao longo da bacia, composta pelas formações metassedimentares do Grupo São Roque. Partindo desta informação, observa-se que os interflúvios têm os topos menos aguçados e mais aplainados, assumindo também menor altitude. As vertentes apresentam menor grau



de declividade em relação à unidade anterior, ainda se caracterizando com escarpas. Ainda por conta das características exibidas pela litologia local, ocorrem vales em “V”. Estes aspectos mais diversificados na análise da topografia local estão associados à diversidade litológica do Grupo São Roque, com rochas de diferentes estruturas e graus de erodibilidade e erosividade, que evidenciam ao longo de seu relevo diversificado.

- **Unidade 3:** o compartimento refere-se a outra unidade de transição, mais próxima ao setor da Depressão Periférica. Tal unidade apresenta mais as características associadas à tradicional expressão de mares de morro, apresentando assim interflúvios de topos convexizados e baixas vertentes na feição côncava, tendo em vista a produção de material detrítico gerado a partir da pedogênese regional. Parte da área urbana de Alumínio está localizada nessa unidade e constitui uma das áreas de fragilidade da bacia do Rio Pirajibu.

É evidente que o rio Pirajibu e seus afluentes apresentam as faixas marginais florestadas em alguns pontos, mas não há o respeito pelos 30 metros necessários às APPs, como descrito na legislação. Em uma perspectiva ambiental, sendo este um dos principais afluentes na margem direita do rio Sorocaba, há muito a ser feito em questão de recuperação de alguns pontos de degradação nas vertentes em alguns setores de seu vale.

Neste setor, nas proximidades do setor industrial de Sorocaba, há pouca influência da expansão urbana sobre o rio Pirajibu e seus afluentes. Os elementos mais impactantes, como já relatados, são as atividades industriais, a abertura de estradas e as atividades agropecuárias.

Observa-se que esta área possui algumas semelhanças em relação à unidade anterior, caracterizando-se por uma área de transição, no entanto, ela se localiza mais próxima à Depressão Periférica, por isso a feição geral do relevo assume um formato bem diferente se comparado aos outros. Os interflúvios são mais longos e seus topos assumem um formato mais convexo.

Suas encostas são menos declivosas com vales mais amplos, de planícies mais desenvolvidas. A média bacia apresenta declividades variadas, predominando relevos com declividades de até 12%, mas uma grande quantidade de superfícies entre 12 e 30%, já condicionando cuidados quanto ao uso e ocupação das áreas dessa parte da bacia. Declividades superiores a 30% também podem ser identificadas nessa área, principalmente em setores dissecados pelo vale do Rio Pirajibu, no centro da bacia.

Após as zonas urbanas de Mairinque e Alumínio localizadas próximas às nascentes na alta bacia, inicia-se uma área de transição entre diferentes tipos na composição da



estruturalitológica. Em lugar de um embasamento cristalino, proveniente principalmente dos batólitos graníticos do São Francisco e Sorocaba, há a transição para uma estrutura geológica metamórfica, caracterizada pelas formações metassedimentares do Grupo São Roque. Isto acaba por alterar continuamente a dinâmica do relevo em meio às diferentes compartimentações topográficas.

- **Unidade 4:** caracteriza-se como uma unidade de relevo mais rebaixado e plano, comparando-se com as demais texturas regionais. Trata-se de um setor próximo ao vale de um importante nível de base regional, o Rio Tietê, o qual, sendo uma das drenagens mais antigas do estado, ocasionou consideravelmente a exumação de relevantes estruturas pré-cambrianas na área, como a Serra do Japi, posicionada à noroeste da bacia.

Em parte, são encontradas na área interflúvios com baixa amplitude altimétrica, topos planos e alongados e vertentes suavizadas. Os vales são mais amplos ocorrendo as principais planícies fluviais da área, inclusive com a presença das mais amplas susceptíveis a alagamentos. De modo geral esses setores estão associados às litologias sedimentares do Subgrupo Itararé, constituindo-se em arenitos finos paleozóicos.

Esta última unidade associa-se a um trecho da baixa bacia, marcado principalmente pela influência do Grupo Itararé e sua litologia sedimentar. Por conta disso, as características gerais do relevo associam-se a um aspecto mais plano e de menor altitude. Os interflúvios são mais baixos, de topos longos e convexizados, com vertentes de baixo grau de declividade. Exemplificando isso, seus vales são mais largos e as planícies maiores, evidenciando qualidades de um relevo bem mais suavizado se comparado às unidades anteriores.

Com relação ao setor que ocupa o compartimento da Depressão Periférica Paulista, têm-se declividades predominantes de 3 a 5 %, associadas aos interflúvios de topos mais extensos e planos, com apenas alguns pontos onde a declividade é de 12%, possivelmente setores de topos mais convexizados remanescentes do recuo das encostas. Essa distribuição de declividade possui implicações diretas no modelo de urbanização da área bem como nas restrições quanto ao parcelamento do solo da cidade e a expansão dela.

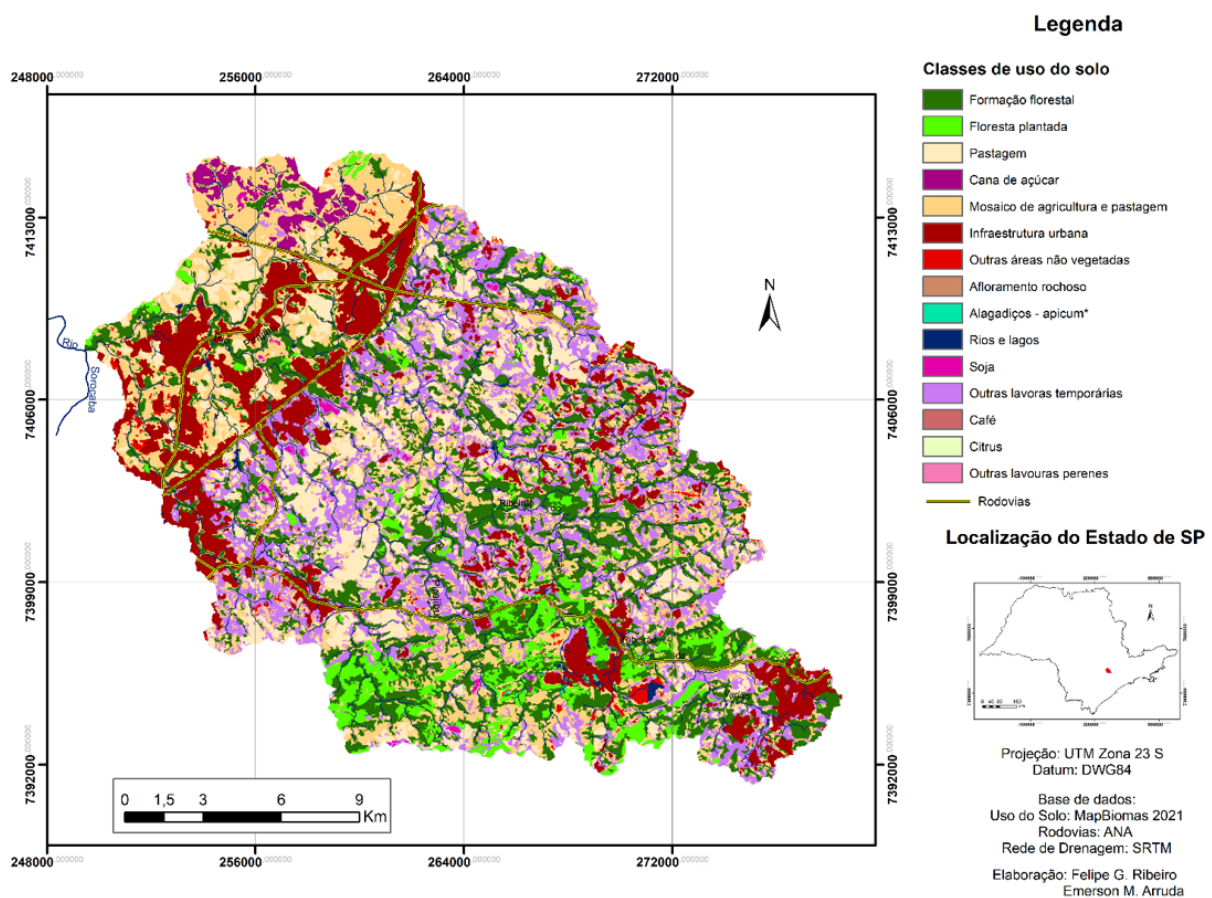
Através da análise dos aspectos geológicos e estruturais ao longo da bacia do rio Pirajibu, somados ao estudo das formas e processos da transformação do relevo na área, foi realizado um estudo englobando também os elementos antrópicos encontrados na paisagem, obtendo um conhecimento importante a respeito do estado ambiental do rio principal e de suas faixas marginais em diferentes pontos da bacia. Considerando a variação litológica e topográfica da área, diferentes resultados foram encontrados.



A partir da proposta das unidades de relevo, buscou-se organizar informações relacionadas ao contexto ambiental de cada uma, enfatizando especificidades desses padrões de relevo frente aos problemas ambientais, principalmente aqueles ocasionados pela urbanização nos ambientes fluviais.

Nesse sentido, foi elaborado o mapa de uso da bacia do rio Pirajibu a partir de dados do MapBiomas para o ano de 2021, buscando com esse documento ilustrar o panorama das atividades no território da bacia hidrográfica e os principais meios de utilização da terra em suas diferentes áreas, auxiliando a contextualizar todas as discussões realizadas ao longo deste trabalho (Figura 04):

FIGURA 04 - Mapa de Uso da Terra da bacia hidrográfica do Rio Pirajibu.



Após a análise do mapa e dos dados acima exibidos, é possível denotar que a principal atividade de utilização do território da bacia é a agropecuária, com a maior parte das ocupações concentradas ao longo da baixa e média bacia. Estes são os setores da bacia onde o relevo assume uma característica mais diversificada devido à influência das formações sedimentares do Grupo Itararé e do metamorfismo do Grupo São Roque, mas ainda assim com um aspecto mais suave se comparado à alta bacia, facilitando qualquer processo de ocupação em suas vertentes. Dentre estes processos estão os mosaicos de agricultura e pastagem, lavouras temporárias, cana de açúcar, soja, café, dentre outros.



Para facilitar a interpretação do mapa acima, foi elaborado o seguinte quadro com as principais atividades exercidas na bacia do Rio Pirajibu e as áreas ocupadas, tanto em quilômetros quadrados quanto em área relativa:

QUADRO 1 - Principais atividades de uso e ocupação do solo e áreas relativas

Id/MapBiomias	Classe	Área Km²	%
21	Mosaico de agricultura e pastagem	109,146	26,069
3	Formação florestal	91,741	21,911
41	Outras lavouras temporárias	75,885	18,124
24	Infraestrutura urbana	60,920	14,550
15	Pastagem	46,969	11,218
9	Floresta plantada (Silvicultura)	22,178	5,297
20	Cana de açúcar	5,274	1,260
25	Outras áreas não vegetadas	3,485	0,832
33	Rios e lagos	1,529	0,365
39	Soja	1,239	0,296
32	Apicum (alagadiços)	0,198	0,047
47	Citrus	0,055	0,013
29	Afloramento rochoso	0,045	0,011
48	Outras lavouras perenes	0,019	0,005
46	Café	0,006	0,001
Total		418,689	100

FONTE: elaborado pelos autores.

É possível relacionar às ocupações agropecuárias a alguns dos problemas ambientais encontrados nas unidades 2 e 3, na média bacia, especialmente no que tange ao processo de assoreamento de alguns de seus afluentes. Caso não sejam manejados corretamente, o solo dessas áreas tende a sofrer erosão acelerada graças às intempéries do clima, aumentando a carga de sedimentos que se dirige até o nível de base. Isto quando não acarreta na formação de superfícies erosivas mais graves, como ravinas e voçorocas.

As formações florestais também se encontram em destaque, com aproximadamente 22% da área total de suas florestas preservadas, com resquícios espalhados ao longo de toda a bacia, principalmente acompanhando os cursos dos rios, constituindo-se em sua maioria de matas ciliares. Estas se concentram em alguns pontos específicos, como nas unidades 1 e 4, com remanescentes nas unidades 2 e 3. Algumas das matas ciliares mais desenvolvidas estão nas áreas da baixa bacia, acompanhando o bairro do Éden e próximo à confluência com o rio Sorocaba, onde o rio Pirajibu assume um padrão meândrico, com a formação de planícies mais



extensas e desenvolvidas, típicas áreas de várzea. Entretanto, é importante analisar que muitas dessas planícies se encontram em processo de ocupação, como é o caso do bairro Vitória Régia.

O processo de urbanização ocupa grande parte da bacia do Rio Pirajibu, com cerca de 14% da área total. Isto corresponde às zonas urbanas de Mairinque, Alumínio, Sorocaba e alguns estágios de pré-urbano que começam a surgir ao longo da média bacia. Na unidade 1, relacionadas à superfícies de relevo de maior altitude e mais escarpadas graças às litologias cristalinas, as principais ocupações estão relacionadas à zona urbana de Mairinque, localizada principalmente nas cabeceiras do Córrego do Varjão, área fragilizada dentro de um contexto ambiental, responsável por uma série de problemas ambientais, como a retirada de vegetação e fragilização das encostas, potenciais deslizamentos e movimentos de massa, impermeabilização das encostas com a possibilidade de inundações durante as estações chuvosas e a poluição de importantes mananciais.

Mais a jusante, na transição entre as unidades 1 e 2, está a cidade de Alumínio, com um processo de urbanização semelhante ao de Mairinque. A partir das unidades 2 e 3, há o aparecimento do urbano em alguns pontos, principalmente de um pré-urbano, com o predomínio de chácaras e fazendas, além da abertura de novos loteamentos na área.

Na unidade 4, há outra grande concentração de urbanização na bacia do rio Pirajibu, sendo os bairros do Éden, Cajuru, Aparecidinha e Vitória Régia. Apesar da densidade urbana no local, as condições são bem diferentes das unidades 1 e 2 por se tratar de uma área de baixa bacia, ou seja, relevo mais suave, de declividades mais baixas, com planícies e terraços fluviais bem desenvolvidos. Isto acarretou um modelo de urbanização que ocupou grandes partes de suas faixas marginais, principalmente para loteamentos e abertura de novos bairros. Isto acarreta, como já mencionado anteriormente, na impermeabilização das vertentes e da aceleração do ciclo hídrico, provocando cheias e inundações do espaço urbano, que se intensificam devido a sua característica meandrante e se localizar próximo a confluência com o rio Sorocaba.

Outro elemento importante é a silvicultura, ou as florestas plantadas, concentrando-se em sua maior parte na alta bacia. Assim, observa-se que tanto o relevo como os processos de uso e ocupação do solo são diversificados ao longo de toda a bacia do rio Pirajibu, evidenciando que a urbanização já é muito presente tanto na alta quanto na baixa bacia e que só tende a se expandir pela média bacia. Vale ainda uma ressalva sobre a classe 'Apicum' identificado equivocadamente pela sistemática do MapBiomas, até em função da escala, para a área da Bacia do Rio Pirajibu. Na verdade, uma verificação nas imagens do Google Earth, buscando uma leitura de detalhe para



as mesmas coordenadas, permitiu a conclusão de que não se trabalha de uma classe específica. Na área, a classe apicum corresponde a uma avenida em fundo de vale, um lago e um reservatório de rejeitos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa obteve bons resultados frente à complexidade da dinâmica ambiental da bacia hidrográfica do Rio Pirajibu e o processo de ocupação de seu território tendo em vista o modo no qual o uso e cobertura da terra tem ocorrido nas últimas décadas. Com relação ao tema, destaca-se a percepção de considerá-lo ainda mais relevante durante o andamento da pesquisa, em virtude dos fenômenos e aspectos verificados. Há uma intrínseca relação entre o uso da terra, influenciado em parte pelas características do relevo regional, principalmente pela declividade, que tem limitado a ocupação de alguns setores. Como mencionado, a bacia do Rio Pirajibu constitui uma área de grande interesse ambiental na região metropolitana de Sorocaba, envolvendo um recorte que sofre pressão da urbanização de quatro municípios diferentes. Ao mesmo tempo, ainda apresenta fragmentos florestais significativos e um importante papel no abastecimento urbano tendo em vista o potencial de seus mananciais. Como a referida bacia ainda pautará diversas discussões de política pública, reconhece-se o presente estudo como uma contribuição em tais discussões.

O principal propósito do trabalho foi a análise do relevo da área, como a mesma é influenciada inicialmente pelos condicionantes morfoestruturais, definindo sua compartimentação e a orientação da rede de drenagem. Assim, o trabalho possibilitou entender que o relevo e a rede de drenagem possuem suas feições e padrões diretamente relacionados com a litologia e estrutura regional, onde as próprias variações das diferentes formações litológicas do Grupo São Roque, presentes na área, bem como o controle das zonas de cisalhamento e demais lineamentos se configuram como importantes exemplos dessa influência morfoestrutural.

Esse entendimento foi fundamental para entender a distribuição espacial das diferentes unidades de relevo bem como as características que tanto favorecem a ocupação humana bem como aquelas que a dificultam. Neste caso, um bom exemplo envolve a distribuição e extensão das planícies fluviais, que correspondem na área analisada aos setores de principal ocupação, quando os interflúvios apresentam forte declividade.

Do ponto de vista histórico e ambiental, as características topográficas de uma determinada área sempre estão uma espécie de palco, onde se processam as atividades de fatos da formação e ocupação territorial ao longo dos séculos. Do ponto de vista



geomorfológico as superfícies mais planas e bem drenadas, bem como a proximidade de mananciais de água sempre estabeleceram influência na construção de sítios pré-urbanos, como aglomerados, vilas etc.

A partir disso, considera-se que o presente estudo, sobre a bacia do Rio Pirajibu, possibilitou questionamentos em busca dessas relações, bióticas e abióticas, geológicas e históricas, e definido as alterações dos cursos fluviais de sua bacia hidrográficas, bem como de suas faixas marginais, hoje alteradas pela urbanização. Espera-se que o trabalho contribua em ações e programas de gestão ambiental para a área de estudos.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário**. Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1969. 23 p.
- BOTELHO E SILVA. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE & GUERRA. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Editora Bertrand Brasil, São Paulo, 2004, 280 p.
- CARVALHO, L. E. P.; BITOUN, J.; DE BARROS CORRÊA, A. C. Canais Fluviais Urbanos: Proposta de Tipologias para a Região Metropolitana do Recife (RMR). **Revista de Geografia (Recife)**-ISSN: 2238-6211, v. 27, n. 3, p. 66-80, 2011.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil. 2003). **Mapa Geológico do Eixo Campinas- Sorocaba**, escala 1:250.000, 2023.
- DE BIASI, M. Carta de declividade de vertentes: confecção e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo: n. 21, p. 8-13, 1970.
- HERZ, R; DE BIASI, M. **Critérios e legendas para macrozoneamento costeiro**. Ministério da Marinha/ Comissão Interministerial para Recursos do Mar. Brasília: MM, 1989.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, 2009. 182 p.
- RAMALHO FILHO, A; BEEK, K. L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**, 1995. ed ver. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS.
- ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 291-335.
- ROSS, J. L. S. - O registro cartográfico dos fatos Geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n.º 6, 17-29, 1992.
- SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 2014.
- VILLELA, S. M; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. In: **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill, 1975.



NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO ASSOCIADOS AOS PROCESSOS EROSIVOS EM ÁREAS SUSCETÍVEIS À DESERTIFICAÇÃO NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Sidney Walison Santos da Silva ¹

Maria Rita Monteiro de Lima ²

Kleber Carvalho Lima ³

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Lago de Itaparica, Núcleo de Desertificação de Cabrobó, PAB.

RESUMO

A partir de processos históricos de uso e ocupação do solo, aliados a fatores climáticos característicos do semiárido, observa-se a ocorrência de extensas áreas degradadas em municípios da região semiárida pernambucana. Diante desse cenário, torna-se fundamental a adoção de técnicas eficazes para o monitoramento e avaliação dos níveis de degradação, a fim de subsidiar ações voltadas à mitigação, recuperação e proteção ambiental. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar os níveis de degradação associados aos processos erosivos nos municípios de Belém do São Francisco, Floresta e Itacuruba, contribuindo para o diagnóstico de áreas críticas. Para isso, foram correlacionados os níveis de desertificação propostos pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco com dados de uso e cobertura da terra, obtidos por meio da classificação supervisionada pelo método de máxima verossimilhança, utilizando imagens do satélite Landsat 8, referentes ao ano de 2024. Os resultados indicaram que 2,74% da área analisada encontra-se em estado crítico de degradação; 16,39% em nível muito alto; 2,9% em nível alto; 28,54% em nível médio; e 43,21% com degradação em nível baixo. Esses dados evidenciam a existência de setores com elevados níveis de degradação, demandando abordagens técnicas específicas para o detalhamento e recuperação dessas áreas. Ao mesmo tempo, a significativa proporção de áreas com baixo nível de degradação revela o potencial para ações de preservação. Os resultados obtidos contribuem não apenas para a identificação de zonas prioritárias de intervenção, mas também para subsidiar estratégias no âmbito do debate atual para a construção do Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.

1 Mestrando do PPG em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco – UPE, sidney.walison@upe.br

2 Mestranda do PPG em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, mariarita.lima@upe.br

3 Professor: Doutor, Universidade de Pernambuco – UPE, kleber.carvalho@upe.br



INTRODUÇÃO

As dinâmicas de uso e ocupação, aliadas à pressão excessiva sobre os recursos intensificam os processos de degradação das terras, afetando aproximadamente 35% das terras agrícolas no mundo (FAO, 2022). Dentre esses processos, a desertificação ocorre em regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas, provocado por variações climáticas e práticas antrópicas inadequadas (Brasil, 2005).

No semiárido brasileiro, a degradação ambiental é impulsionada, sobretudo, pelas mudanças no uso e cobertura da terra, que favorecem o surgimento e a evolução dos processos erosivos. Os processos erosivos comprometem a disponibilidade dos para atividades de subsistência e aumentam a vulnerabilidade das populações locais (Vieira et al., 2021; Moura et al., 2022; Lima et al., 2023; Silva et al., 2024).

No semiárido pernambucano, o zoneamento da suscetibilidade à desertificação realizado pela Secretaria de Meio Ambiente de Pernambuco (SEMAS-PE), em 2020, evidenciou um elevado grau de propensão ao fenômeno da desertificação. Entre os municípios mais afetados destacam-se Floresta, Itacuruba e Belém do São Francisco, integrantes do Núcleo de Desertificação de Cabrobó (NDC).

Esses municípios enfrentam pressões decorrentes da expansão agropecuária, sobrepastoreio, desmatamento e implantação de grandes projetos hídricos, como a barragem de Itaparica, a transposição Eixo Leste do rio São Francisco, e os perímetros irrigados, que alteraram significativamente o regime natural dos solos e da vegetação (Perez-Marin et al., 2012). Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade de aplicação de técnicas que permitem investigar áreas críticas de degradação associados aos processos erosivos.

Nesse contexto, a utilização de ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento para a detecção e monitoramento desses processos torna-se essencial, permitindo análises espaciais, como ferramentas para subsidiar estratégias eficazes de mitigação e recuperação ambiental.

Assim, o presente estudo propõe-se a realizar um diagnóstico espacial da degradação, mapeando áreas com níveis de erosão que já comprometem a capacidade produtiva dos solos. Para isso, foram selecionados os municípios de Floresta, Itacuruba e Belém do São Francisco, por apresentarem extensas áreas com níveis alarmantes de suscetibilidade à desertificação (SEMAS-PE, 2020).

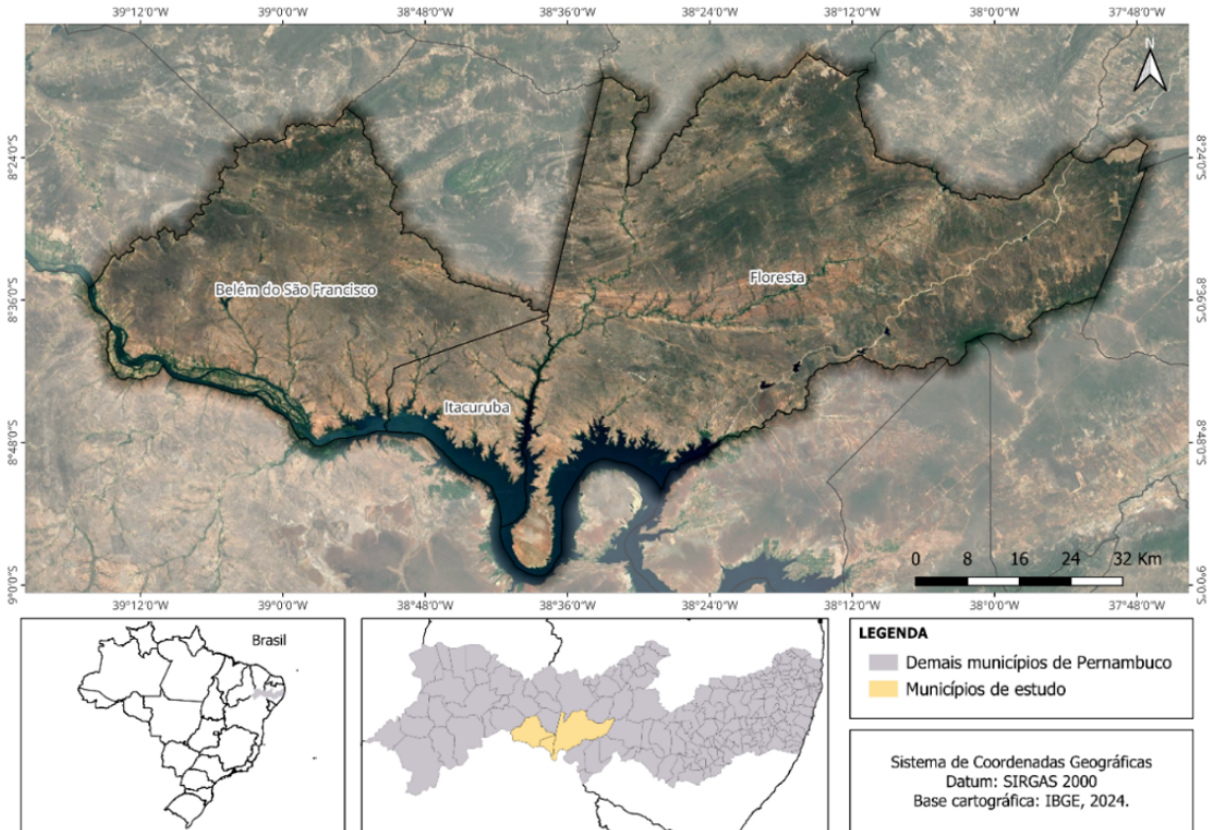
MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo compreende os municípios de Belém do São Francisco, Floresta e Itacuruba em Pernambuco (Figura 1), localizados na microrregião de Itaparica e integrantes do Núcleo de Desertificação de Cabrobó, sendo classificados como altamente



suscetíveis à desertificação (SEMAS-PE, 2020). O clima da região é semiárido, com precipitação média anual de aproximadamente 528 mm e temperatura média anual em torno de 24°C (APAC, 2023).

FIGURA 1 - Mapa de localização dos municípios de Belém do São Francisco, Floresta e Itacuruba – Pernambuco.



FONTE: Autores (2025)

Geologicamente, a região é composta por rochas de origem cristalina, sobre as quais se desenvolveram extensas superfícies de aplainamento, caracterizadas por baixa variação na declividade, exceto em áreas de elevações mais acentuadas, onde ocorrem pedimentos e inselbergues. A altitude varia entre 299 e 1.059 metros.

Sobre o relevo, a concentração predominante na região é dos Planossolos Nátricos e Luvisolos Crômicos, no contexto regional, são solos impactos pela ocorrência erosiva, são rasos, com baixa permeabilidade e suscetíveis ao escoamento difuso (Barbosa et al., 2020; Lima et al., 2023).

ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA

Neste estudo, foram utilizadas imagens de satélite para o ano de 2024 do Landsat 8/OLI obtidas através da plataforma do Serviço Geológico Americano (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). As imagens passaram por operações de pré-processamento e pós-processamento no software ArcGis Pro, para maior eficácia na classificação de uso



e cobertura (Lillessand; Kiefer; Chipman, 2015). Para a definição das classes, adaptou-se propostas do IBGE (2013) e de Accioly et al. (2017), foram considerados aspectos relacionados ao adensamento vegetativo. Com isso foram definidas e quantificadas áreas de Vegetação densa, Vegetação aberta, Vegetação degradada, Vegetação serrana, Solo exposto, Áreas antrópicas agrícolas, Áreas urbanizadas, Corpos d'água (Quadro 1).

QUADRO 1 - Caracterização das classes de uso e cobertura da terra.

CLASSE	DESCRIÇÃO	SATÉLITE 4-3-2 (LANDSAT 08)	RASTERIZADA
Vegetação densa	Vegetação mais adensada, caracterizada pelo pouco espaçamento entre si, encontra-se em baixo estágio de degradação.		
Vegetação aberta	Predominante em áreas de transição entre a vegetação densa e vegetação degradada, encontra-se em padrão espaçado, porém com menos índices de antropização em comparação à vegetação degradada.		
Vegetação degradada	Vegetação caracterizada pelo alto índice de antropização e pelo padrão espaçado, encontra-se em estágio elevado de degradação.		
Vegetação serrana	Vegetação em altitudes mais elevadas, apresentam maior densidade, em sua maior parte, preservada.		
Solo exposto	Área exposta, sem vegetação, com altos índices de reflectância. Áreas de estradas não pavimentadas, como também totalmente degradadas com processos erosivos.		
Áreas agrícolas	Áreas ocupadas por cultivos agrícolas irrigados e cultivos agrícolas sem sistema de irrigação, que derivam entre temporário e permanente. Além áreas de pastagem.		
Áreas urbanizadas	Caracterizadas por alta densidade de edificações e vias		
Infraestrutura	Objetos que apresentam um padrão temporal, caracterizados pelo contraste na paisagem		
Corpos d'água	Rios, lagos, barragens, açudes e outros corpos d'água		

FONTE: Adaptado do IBGE, 2013; Accioly et al. (2017).



A análise também incluiu a mensuração das classes em termos de área (Km²), permitindo assim a quantificação e utilizou-se a estatística Kappa para validação da acurácia e concordância da classificação, e obteve-se índices superiores à 88%, considerado satisfatório baseado nos parâmetros dos autores Landis e Koch (1977).

DADOS DE SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO

Os dados sobre a suscetibilidade à desertificação foram adquiridos por meio da Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco (SEMAS-PE), que categorizam a suscetibilidade em cinco graus: ausente, fraco, moderado, acentuado e severo. Esses graus foram obtidos a partir da correlação entre indicadores biofísicos, como os tipos de solo, a cobertura vegetal e o uso e ocupação da terra a partir da Coleção 4.1 do MapBiomass. Como também, incluiu a realização de encontros municipais e workshops regionais, onde as experiências e o conhecimento empírico dos moradores permitiram calibrar e validar os resultados quantitativos, garantindo que a categorização refletisse as especificidades e vulnerabilidades reais de cada área (SEMAS-PE, 2020).

CORRELAÇÃO ENTRE USO E COBERTURA DE 2024 X SUSCETIBILIDADE À DESERTIFICAÇÃO

A correlação entre os dados de uso e cobertura da terra e os níveis de desertificação foi realizada por meio de técnicas de geoprocessamento, com o intuito de identificar relações espaciais entre a dinâmica de uso do solo e os processos erosivos nas áreas estudadas.

Inicialmente foram inseridos índices de acordo com maiores fragilidades do uso e cobertura, como também a atribuição de notas aos graus de suscetibilidade à desertificação (Tabela 1). Posteriormente através do Arcgis Pro, foi realizada a correlação entre os dois índices, posteriormente foram atribuídas classes categóricas através de chaves interpretativas e assim, quantificadas as áreas para cada classe, o que permitiu a identificação do grau de degradação dos municípios.

TABELA 1 - Notas atribuídas as classes áreas suscetíveis à desertificação (ASD) e de uso e cobertura.

Classes ASD	Grau	Classes uso	Grau
Ausente	0.1	Vegetação serrana	0.1
Fraco	0.2	Vegetação densa	0.2
moderado	0.4	Vegetação aberta	0.4
acentuado	0.7	Vegetação degradada	0.7
Severo	1	Solo exposto	1

FONTE: Autores (2025)

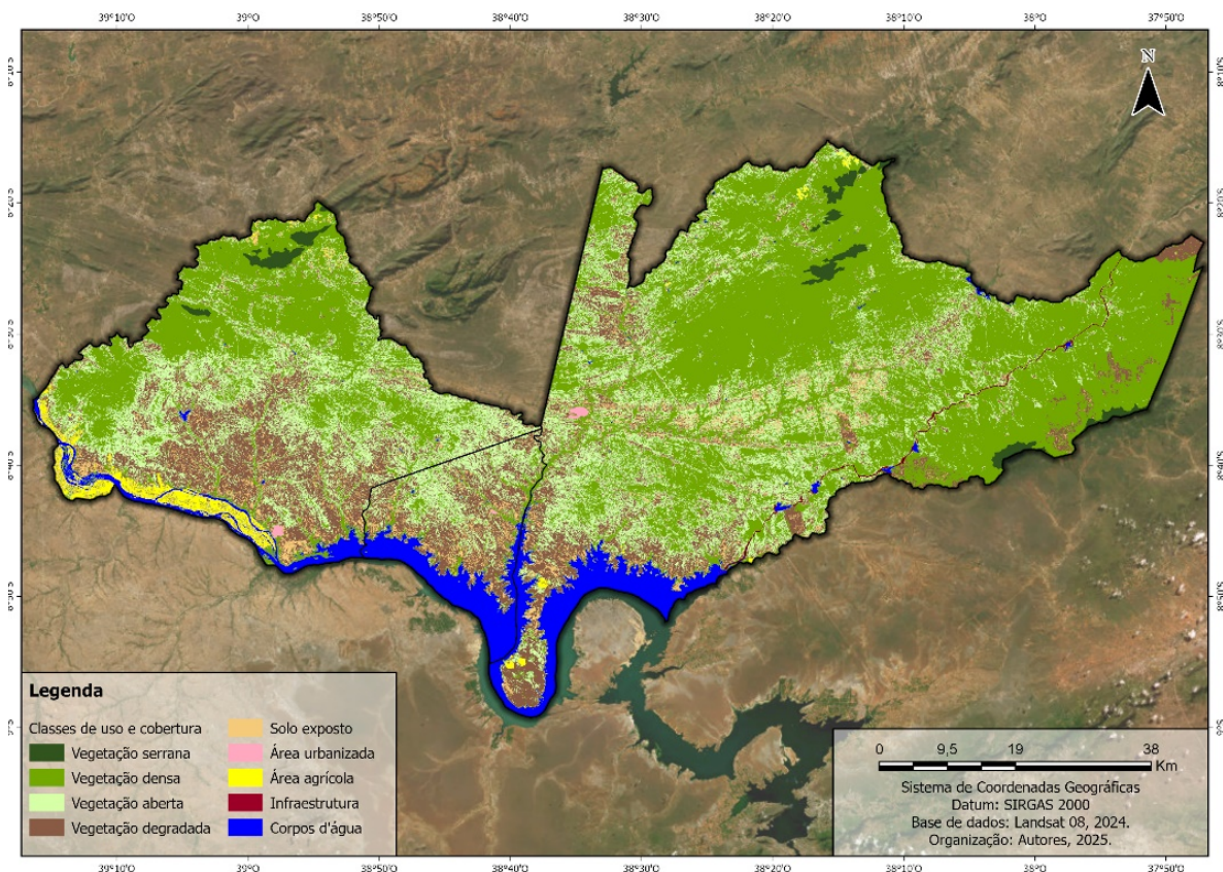


Através dos níveis de degradação ambientais obtidos, foi realizado a verificação da acurácia temática, inicialmente com o produto sobreposto com a ortoimagem de 2016 do Projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), como também com imagens de satélite do CBERS 4-A com a banda pancromática de 2024, com isso, verificou-se padrões de espacialização que coincidem com a literatura no contexto do semiárido, com processos erosivos em áreas de solo exposto e vegetação rarefeita.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A distribuição do uso e cobertura está fortemente associada às dinâmicas socioeconômicas regionais (Sampaio; Oliveira; Souza, 2024). A análise espacial revelou padrões de distribuição marcados por extensas áreas de Vegetação degradada (Figura 2), resultado não apenas dos fatores fisiográficos, mas também das práticas socioeconômicas locais. Entre essas, destaca-se a caprinocultura, atividade expressiva na região, que corresponde por 33% da produção estadual de caprinos em Pernambuco (SEMAS-PE, 2020).

FIGURA 2 - Mapa de uso e cobertura de 2024 de Belém do São Francisco, Floresta e Itacuruba – Pernambuco.



FONTE: Autores (2025)

A análise revelou que a Vegetação Serrana ocupou 1,24% do território total dos três municípios, concentrando-se em áreas com maiores elevações, como trechos da



Serra Negra, localizada no município de Floresta-PE. As áreas com Vegetação densa foram predominantes, cobrindo 50,04% da paisagem, sobretudo em áreas no entorno das drenagens, como também áreas mais afastadas dos núcleos urbanos. Observou-se extensas áreas com Vegetação aberta (20,33%), o que correspondeu em áreas de transição entre a vegetação densa e degradada;

Já a Vegetação degradada representou 17,57%, com maior concentração em setores próximos aos núcleos urbanos, como também em setores de menores altitudes na vertente (Figura 3). Tais áreas caracterizadas principalmente pelo sobrepastoreio, desmatamento (Perez-Marin et al., 2012). Os dados obtidos apontaram grandes percentuais de áreas com vegetação degradada e vegetação aberta, que convergem com o estudo anterior de Souza et al. (2023), pois apontaram redução das áreas mais adensadas na região entre 1989 à 2019. Como também, Silva et al., (2024) apontaram tendência de aumento da substituição da vegetação natural por áreas antropizadas, resultados relacionados às formas socioeconômicas regionais.

FIGURA 3 - Vegetação degradada com solo exposto ao fundo no município de Itacuruba.



FONTE: Autores campo realizado em 2022.

As áreas com solo exposto, correspondentes a 3,34% da área total analisada, e evidenciaram um alto grau de degradação nos municípios e segundo Souza et al. (2023) houve um aumento significativo dessas áreas ao decorrer dos anos.

Como exposto anteriormente, a relação socioeconômica da região exerce forte influência sobre os processos de degradação, interferindo nos padrões de cobertura vegetal e na estabilidade dos sistemas naturais. As Áreas agrícolas, representaram

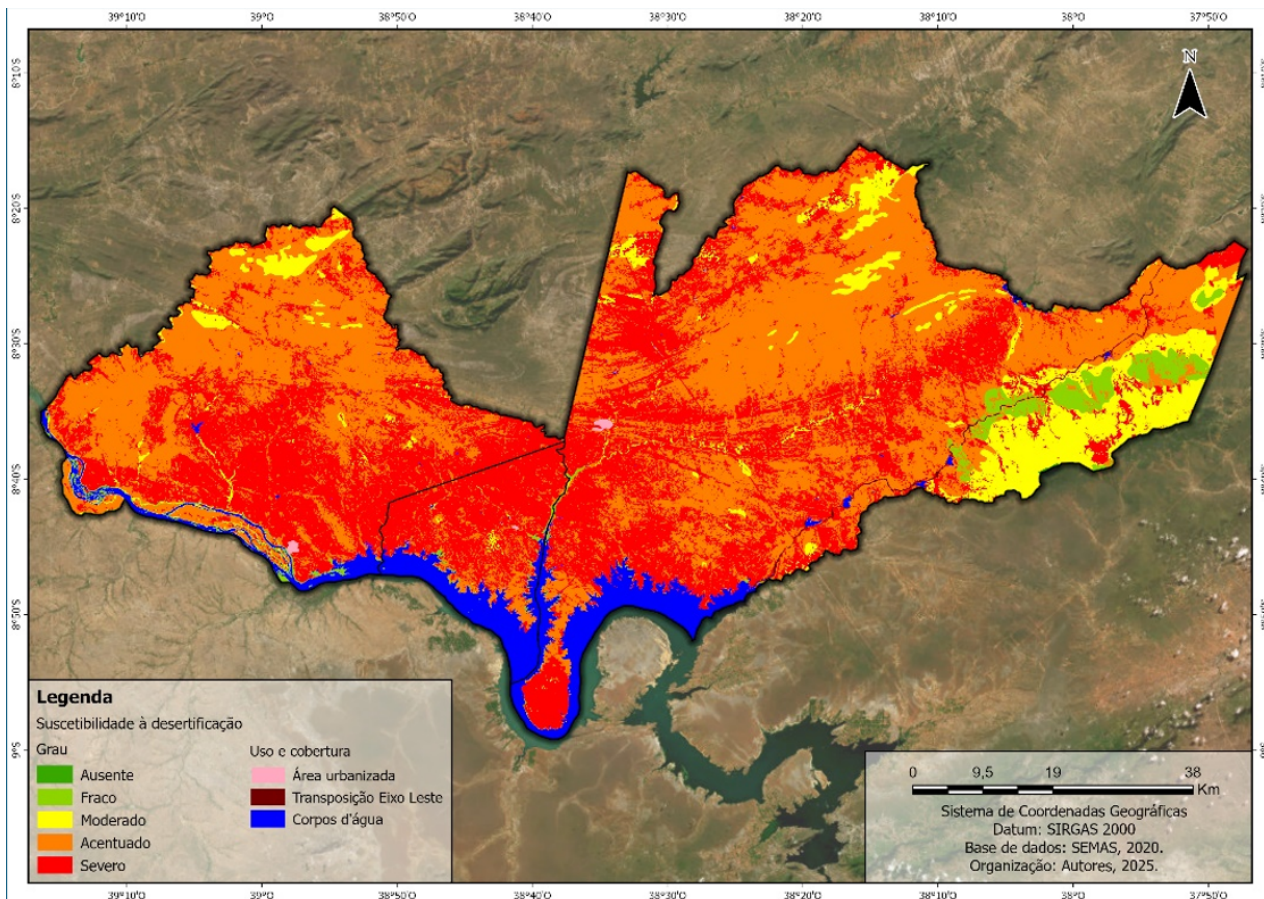


(1,29%), localizadas principalmente em ilhas no município de Belém do São Francisco, como também no entorno de drenagens. Por fim, as áreas urbanizadas representaram 0,1% e a Transposição 0,22%.

Em relação à suscetibilidade à desertificação proposta pelo SEMAS – PE (2020), a Figura 4 ilustra a distribuição espacial dos níveis de degradação conforme sua categorização e foi possível verificar a predominância de elevados níveis de suscetibilidade.

Verificou-se que a classificação Severa representou 40,38% do território dos municípios e a Acentuada 43,32%, somadas representaram 83,7% do território dos municípios, proporção acima da área territorial do estado de Pernambuco (62,9%) exposta no Zoneamento à suscetibilidade à desertificação de Pernambuco (2020). E as classes Moderado, Fraco e Ausente, representaram 7,81%; 2,25% e 0,02 respectivamente.

FIGURA 4 - Suscetibilidade à desertificação dos municípios de Belém de São Francisco, Floresta e Itacuruba.



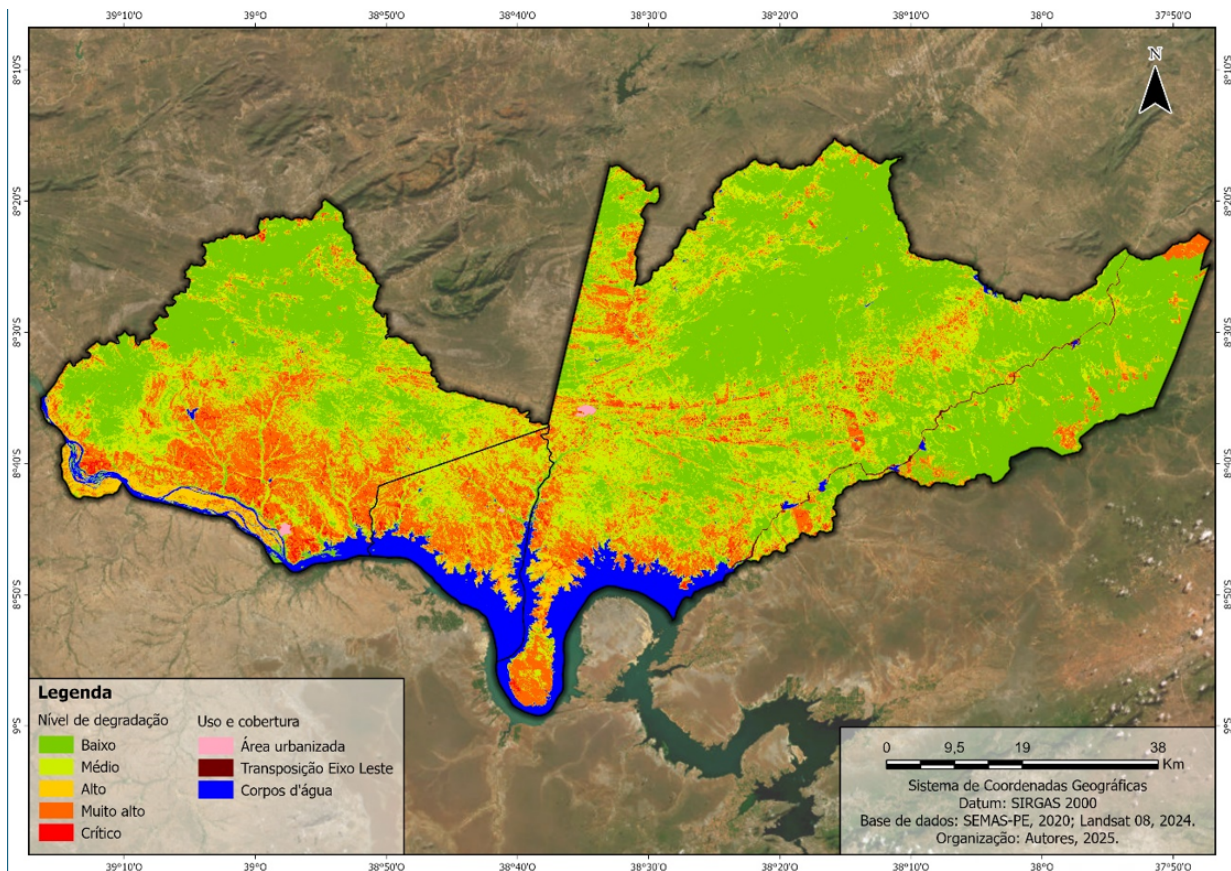
FONTE: Adaptado da Secretaria de Meio Ambiente de Pernambuco (SEMAS-PE), 2020.

E a partir da integração entre os produtos de suscetibilidade à desertificação e uso e cobertura, obteve-se a distribuição espacial dos níveis de degradação associados aos processos erosivos (Figura 5). O produto cartográfico resultante, que revela um cenário de degradação avançada em setores distribuídos entre os municípios, converge



com resultados obtidos anteriormente por Barbosa Neto et al., (2020); Xavier et al., (2020); Lima et al., (2023) que apontaram em diferentes escalas espaciais setores com estágio avançado de degradação. Sob abordagem regional, os resultados obtidos na pesquisa, convergiram aos que apontaram o Observatório da Caatinga e Desertificação (2024), com elevadas taxas de degradação nos municípios que integram o Núcleo de Desertificação de Cabrobó.

FIGURA 5 - Níveis de degradação associados à processos erosivos em Belém do São Francisco, Floresta e Itacuruba – Pernambuco.



FONTE: Autores (2025)

Além disso, foram obtidos os valores correspondentes à área ocupada por cada classe de suscetibilidade à erosão, bem como a proporção relativa à área total de cada município, e observou-se o alto grau de suscetibilidade com maiores taxas relativas ao município de Itacuruba, seguido por Belém do São Francisco e Floresta (Tabela 2).



TABELA 2 - Distribuição das áreas (km²) e dos respectivos percentuais das categorias de degradação, considerando a área individual de cada município.

Classes	Belém do São Francisco		Itacuruba		Floresta	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Baixo	658,33	35,99%	19,02	4,36%	1872,14	51,50%
Médio	557,16	30,46%	121,85	27,94%	1005,00	27,65%
Alto	80,36	4,39%	29,22	6,70%	62,74	1,73%
Muito alto	411,00	22,47%	135,49	31,06%	420,74	11,57%
Crítico	57,61	3,15%	17,29	3,96%	87,00	2,39%

FONTE: Autores, 2025.

As áreas classificadas como Críticas representam setores com estágios de degradação avançados. Observou-se que o município de Floresta concentrou maior área absoluta para a classe, com 87 km², o que correspondeu a 2,39% do território municipal. Já o município de Belém do São Francisco em área absoluta apresentou 57,61 km² na classe Crítica o que representou 3,12%, enquanto o município de Itacuruba registrou o maior percentual entre os municípios em estágio Crítico, com 3,96% da área total municipal, 17,29 km². Nestas áreas há ausência de cobertura vegetal, além da grande pressão antrópica que excede capacidades de recuperação ambiental, com feições erosivas lineares acentuadas (Lima et al., 2023).

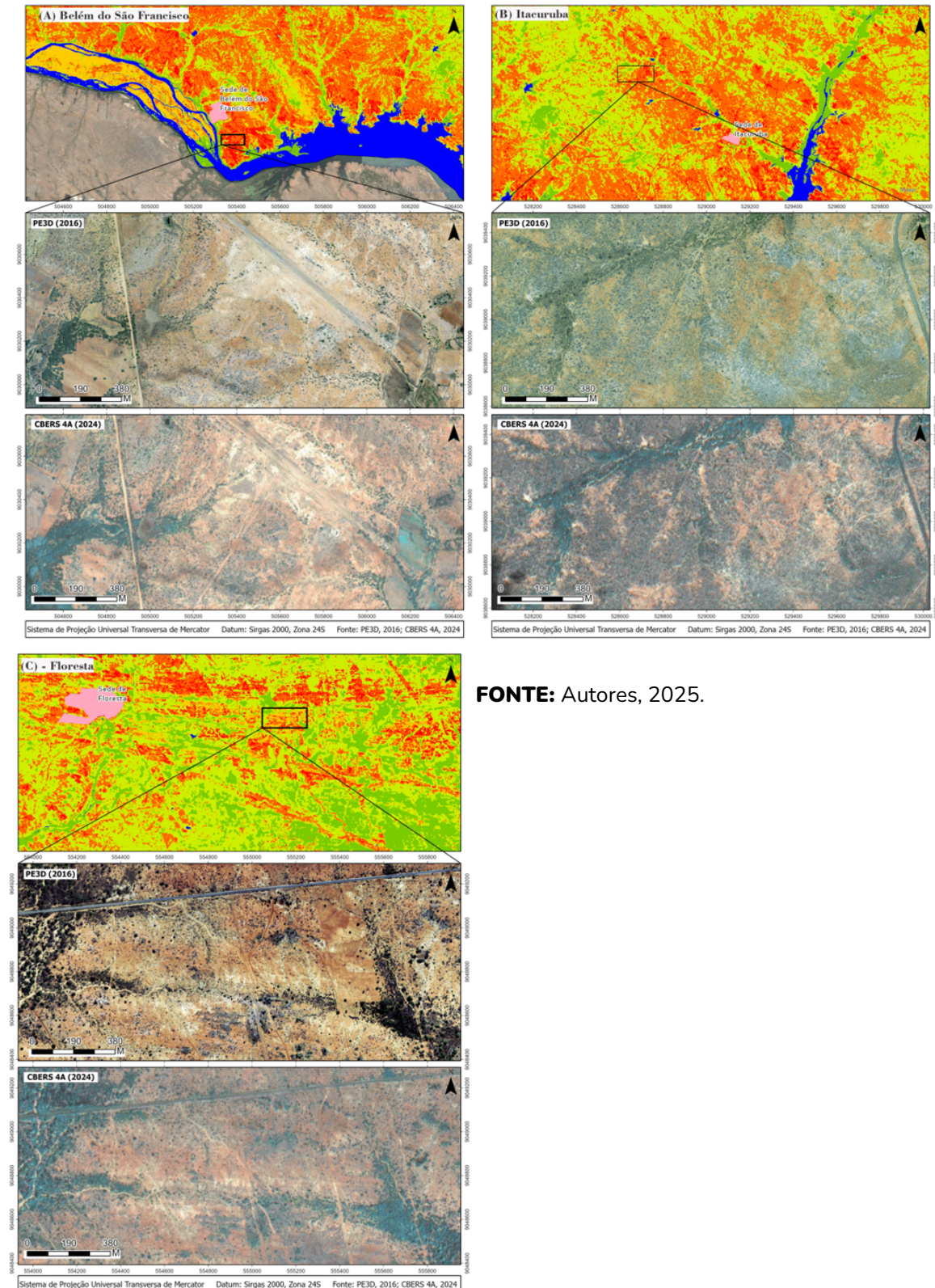
Como pode-se observar, a situação mais alarmante foi identificada no município de Itacuruba, com cerca de 164,71 km² do território classificado em Alta e Muito alta estágio de degradação, o que correspondeu à 37,76% da área total do município. Esse percentual elevado, indicou extensas áreas com a ocorrência de processos erosivos em suas diversas formas de evolução. Em Belém do São Francisco, as classes totalizaram 491,36 km², equivalente a 26,86% da área total do município, configurando-se em uma extensa área degradada. Já o município de Floresta, a área sob Alta e Muito alta degradação, somaram 483,48 km², o que representou 13,30% da área total do município.

Já os setores classificados com nível médio de degradação compreendem 28,54% da área total dos três municípios, correspondendo, em sua maioria, a regiões com cobertura vegetal fragmentada e uso agrícola moderado, com possível presença da erosão laminar. Por fim, as áreas com nível baixo de degradação representam 43,21% da área total dos três municípios, associando-se a remanescentes de vegetação nativa e áreas com menor interferência antrópica direta, porém bastante suscetíveis à degradação.



Diante o exposto, torna-se possível a partir da Figura 6 analisar a categorização dos níveis de degradação, expondo os setores críticos que apresentaram durante intervalo de 2016-2024 pouca capacidade regenerativa, observando-se evidências de erosões acentuadas.

FIGURA 6 - Análise temporal das áreas classificadas com degradação crítica e muito alta nos municípios de Belém do São Francisco, Itacuruba e Floresta, a partir de imagens LiDAR (PE3D) e imagens de satélite CBERS-4A.



FONTE: Autores, 2025.



No contexto de Belém do São Francisco, observou-se a incidência de feições erosivas acentuadas que formam sistemas em distintos setores do município, a exemplo, no setor ao sudeste da sede municipal (Figura 6-A), correlacionado à interferência antrópica, como também as mudanças no nível de base das drenagens. (Xavier et al., 2020; Pinto et al., 2024). O município de Itacuruba (Figura 6-B) concentra em diferentes setores alta densidade erosiva (Silva; Lima, 2024), e de acordo com Barbosa Neto et al., (2021), 90% da perda de solo em Itacuruba ocorre em áreas de vegetação esparsa o que torna evidente a alta suscetibilidade que o município concentra para os processos erosivos, devido a suscetibilidade dos solos e grande parte da vegetação correspondendo a vegetação degradada.

Já em Floresta (Figura 6-C), há a contribuição de diferentes fatores para o surgimentos dos processos erosivos, Silva e Lima (2024) apontam fatores litoestruturais para a configuração erosiva em distintos setores, como também Lima et al., (2023) evidenciaram terrenos dissecados por incisões lineares associadas a pré-disposição natural e da pressão exercida das atividades agropecuárias, com áreas críticas com possibilidade de recuperação mínima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O produto cartográfico obtido através da correlação entre suscetibilidade à desertificação e uso e cobertura, possibilitou a identificação de setores com diferentes níveis de degradação, que se correlaciona com a literatura atual, como também, verificou-se uma boa precisão a partir de imagens de altíssima resolução.

Com isso, nota-se a associação direta entre os processos erosivos com a dinâmica antrópica do uso do solo e considera-se que o produto fornece possibilidades da identificação de setores críticos, como também de setores com maiores índices de preservação.

Enfatiza-se que, além do diagnóstico de setores propensos à degradação, é necessário a adoção de técnicas em diferentes escalas e abordagens, que possibilitem uma maior compreensão da interação entre os fatores que contribuem para o surgimento erosivo.

Tendo em vista que os municípios apresentados na pesquisa integram o Núcleo de Desertificação de Cabrobó, os resultados apresentados contribuem para o aprimoramento das estratégias de gestão territorial e ambiental, oferecendo subsídios técnicos ao Plano de Ação Brasileiro de Combate à Desertificação (PAB) e a políticas públicas voltadas à mitigação dos efeitos da seca no semiárido nordestino.



Agradecimentos:

A Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), de Bolsa de Pós-Graduação ao primeiro autor (Processo n.º IBPG-1178-4.00/24) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão de bolsa de mestrado ao segundo autor (Processo n.º 130427/2024-1).

REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, E. A.; CAVALCANTI JUNIOR, E. A.; ALVES, E. S.; PEREIRA, A. G. S.; SILVA, R. S.; RAMOS, R. R. D.; SILVA, R. R. **Mapeamento do uso e cobertura das terras do Semiárido pernambucano** – Dados eletrônicos. – Rio de Janeiro, RJ : Embrapa Solos, 2017. 100 p. . – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Solos, ISSN 168-0892 ; 260).
- APAC. **Boletim Climático- Síntese Climática.** / Agência Pernambucana de Águas e Clima. Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas.– Recife. v.11. n.7. jul. 2023.
- BARBOSA NETO, M. V.; ARAÚJO, M. S. B; ARAÚJO FILHO, J. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; ALMEIDA, B. G. Rill and sheet soil erosion estimation in an area undergoing desertification in the Brazilian semi-arid region. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 7, p. 1183-1191, 2021. DOI 10.1007/s40808-020-01026-y.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle da Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAB Brasil.** Brasília: MMA, 2005.
- FAO. 2022. **The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture – Systems at breaking point.** Main report. Rome. 2022.
- IBGE. **Manual técnico de uso da terra.** 3. ed. Rio de Janeiro, RJ, 2013. 171 p. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159–174, 1977.
- LILLESAND, T. M.; KIEFER, R. W.; CHIPMAN, J. W. **Remote sensing and image interpretation.** ISBN 978-1-118-34328-9 (paperback), 2015.
- LIMA, K. C.; LUPINACCI, C. M.; GOMES, D. D. M.; SOUZA, S. O.; ALEXANDRE, F. S. Erosão em áreas suscetíveis a desertificação no Semiárido: possibilidades de análise por meio da cartografia geomorfológica baseada em imagens de altíssima. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 24, n. 2, 2023. DOI: 10.20502/rbg.v24i2.2319.
- MOURA, M. M.; WALTER, L. S.; LINS, T. R. S.; ARAUJO, E. C. G.; CUNHA NETO, E. M.; SANTANA, G. M.; BRASIL, I. D. S.; SILVA, T. C. Temporal analysis of desertification vulnerability in Northeast Brazil using Google Earth Engine. **Transactions in GIS**, v. 26, n. 4, p. 2041-2055, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/tgis.12926>.
- Observatório da Caatinga e Desertificação. **Análise do contexto estadual e perspectivas para o PAB.** [Apresentação em: Seminário Estadual de Pernambuco, 18 mar. 2024, Serra Talhada]. Slides
- PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINÔCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, Brasília, v. 17, n. 34, p. 87–106, jan./jun. 2012.
- PINTO, M. E. G.; SILVA, I. A.; SILVA, J. S. D.; LIMA, M. R. M.; LIMA, K. C. Caracterização de sistemas erosivos a partir de tecnologia LIDAR no município de Belém de São Francisco, semiárido de Pernambuco. In: CORRÊA, A. C. B. (Org.). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro.** [S. l.]: [s. n.], 2024. p. 3480-3489.



SAMPAIO, S. A.; OLIVEIRA, R. C.; SOUZA, S. O. Dinâmica de Uso e Ocupação das Terras na Região Costa do Dendê, Estado da Bahia, Brasil, entre 1985 e 2023: Uma Análise dos Reflexos Socioeconômicos e Ambientais em Escala Regional. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 25, n. 99, p. 114-132, junho de 2024. DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG259970407>.

SEMAS-PE. **Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco**. Recife: SEMAS, 2020. 120 p.

SILVA, E. G. S. M.; LIMA, K. C. Influência litoestrutural na configuração da erosão linear em bacia hidrográfica sobre a zona de cisalhamento pernambuco oeste (zcpw). In: XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2024.

SILVA, I. A.; LIMA, K. C. Aspectos morfoodinâmicos de processos erosivos por meio de SIG no município de Itacuruba - semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 5, n. 2, p. 175-187, 2024.

SILVA, J. L. P.; SILVA JUNIOR, F. B.; SOUZA SANTOS, J. P. A.; SANTOS ALMEIDA, A. C.; SILVA, T. G. F.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SCHEIBEL, C. H.; SILVA, J. L. B.; LIMA, J. L. M. P.; SILVA, M. V. Semi-Arid to Arid Scenario Shift: Is the Cabrobó Desertification Nucleus Becoming Arid? **Remote Sensing**, v. 16, n. 15, p. 2834, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16152834>.

SOUZA, D. D. R.; ARAÚJO FILHO, J. C.; ARAÚJO, M. S. B.; SILVA, D. F. . Análise espaço-temporal do uso da terra em municípios do Núcleo de Desertificação de Cabrobó, Pernambuco. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió, v. 9, n. 18, p. 133–142, fev. 2024. ISSN 2595-7236.

VIEIRA, R. M. S. P.; TOMASELLA, J.; BARBOSA, A. A.; MARTINS, M. A.; RODRIGUEZ, D. A.; REZENDE, F. S.; CARRIELLO, F.; SANTANA, M. O. Avaliação do risco de desertificação no Nordeste do Brasil: Tendências atuais e cenários futuros. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 2, p. 817-832, fev. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.3681>.

XAVIER, J. P. S.; COUTINHO, E. A. T.; TAVARES, K. C. O.; LISTO, D. G. S.; LISTO, F. L. R. Erosões lineares no semiárido pernambucano: avaliação de uma parcela erosiva em microescala na Depressão São Franciscana. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 6, n. 2, p. 106-111, jul./dez. 2020. DOI: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n2ID19303>.



TAXONOMIA DO RELEVO DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO ANGELIM, SÃO LUÍS-MA

Ricardo Gonçalves Santana ¹

Quésia Duarte da Silva ²

Dayana Serra Maciel ³

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento Geomorfológico, Bacia Hidrográfica, Morfologias.

RESUMO

O mapeamento geomorfológico tem se tornado um importante instrumento de auxílio ao planejamento ambiental e ao ordenamento territorial. Sendo assim, considerando a necessidade metodológica de um mapeamento geomorfológico coerente e satisfatório, a literatura especializada brasileira propõe a espacialização do modelado por meio dos níveis taxonômicos, fundamentado em autores clássicos internacionais e nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura. Com base nesses pressupostos, a presente pesquisa tem como objetivo principal espacializar os níveis taxonômicos do relevo da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim, São Luís – MA. Para alcance do objetivo proposto foram realizadas as seguintes etapas: levantamento bibliográfico e cartográfico); mapeamento temático (foram espacializadas os aspectos da geologia, geomorfologia, solos, hipsometria, declividade e formas do terreno); trabalhos de campo para validação das informações geradas e análise das formas; e por fim a espacialização da taxonomia do relevo na escala de 1:10.000, da área objeto de estudo (foi estruturada a partir dos princípios de autores consagrados da literatura geomorfológica brasileira). A espacialização da taxonomia do relevo em escala de detalhe possibilita a identificação dos distintos tipos de uso da terra e ajuda a compreender como se deu a apropriação e ocupação dos diferentes compartimentos do modelado. O 1º nível taxonômico da sub-bacia bacia hidrográfica do Riacho do Angelim, correlaciona-se a unidade morfoestrutural, referindo-se à Bacia Costeira de São Luís, conforme aponta a bibliografia consultada. Em relação ao 2º nível taxonômico, abrange o Golfão Maranhense, pois equivalem ao conjunto de formas de relevo que compartilham características genéticas, como idade e semelhança nos padrões do modelado. Os padrões em colinas e padrões em formas tabulares constituem o 3º nível taxonômico, conforme a proposta utilizada. Esse nível inter-relaciona-se às morfologias de menor tamanho e caracterizam-se por serem conjunto de tipologias com notável similaridade, quanto a dimensão e ao aspecto fisionômico. As formas denudacionais (tabuleiros com topos planos e as colinas esparsas) e agradacionais (planície fluvial e de maré) constituem o 4º táxon. Em relação ao 5º nível taxonômico, refere-se às formas do terreno, ou seja, as vertentes e seu setores de forma individualizada, englobando as

1 Doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço - PPGeo da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, ricardogsantana19@hotmail.com

2 Professora Doutora do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço – PPGeo da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, quesiasilva@professor.uema.br

3 Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço - PPGeo da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, dayanaserramc@gmail.com



classes planares, convergentes e divergentes, além dos seus subtipos (convexas, côncavas e retilíneas), exercendo influência direta sobre a dinâmica hidrológica da superfície. No que diz respeito ao sexto táxon, relaciona-se as formas geradas pela ação erosiva e os depósitos atuais, na área de estudo foram espacializadas erosão em sulcos e área de terreno tecnogênico. Para além disso, mapeou-se os processos geomorfológicos atuais, relacionado a dinâmica hidrometeorológica (alagamentos) e fluvial (inundações). Com base na pesquisa em questão, conclui-se a análise taxonômica do relevo em escala de detalhe é uma ferramenta essencial para a compreensão das características físicas do terreno, oferecendo subsídios que podem auxiliar a tomada de decisões para elaboração de políticas públicas voltadas aos seguintes segmentos: planejamento ambiental e territorial, conservação e sensibilização ambiental, assim como na identificação dos compartimentos do relevo frágeis e vulneráveis à ocupação urbana.

INTRODUÇÃO

A geomorfologia, configura-se como o ramo científico responsável pelo oferecimento de subsídios teóricos e metodológicos para o entendimento das diferentes formas de relevo que compõem a superfície terrestre. Florenzano (2008) sinaliza que, a geomorfologia analisa o relevo por meio da sua gênese (processos que geram o relevo), composição (materiais constituintes) e os processos atuantes (fenômenos modeladores).

Santana (2021) fundamentando em Ross (2008) e Florenzano (2008) corrobora que o relevo é um elemento fisiográfico do ambiente natural, o qual exprime de forma heterogênea, uma diversidade enorme de tipos e formas, resultantes das relações processuais da troca de matéria e energia que ali se desenvolveram, no tempo e no espaço.

Para Ross (2008), o relevo é um produto gerado pela interação dos processos internos e externos do planeta Terra, o qual se materializam através das formas geométricas, que por sua vez se inter-relacionam com o substrato rochoso (componente litoestratigráfico) que as sustentam. A representação espacial dos compartimentos/morfologias e fenômenos se estrutura por meio da ilustração gráfica promovida pela cartografia geomorfológica.

Marques Neto (2020) ressalta que a cartografia geomorfológica é uma área interdisciplinar, específica, entre a Geomorfologia e a Cartografia, incumbida pela interpretação, espacialização e representação dos sistemas geomorfológico segundo sua gênese, estrutura, cronologia e dinâmica. Ademais, há possibilidade do seu emprego com perspectiva classificatória, qualificando o relevo segundo a sua origem ou determinando-o através da espacialidade, estabelecendo assim o mapeamento geomorfológico.

O mapeamento geomorfológico, enquanto recurso capaz de promover a compreensão do arranjo e funcionamento dos diferentes ambientes presentes na estreita faixa onde é possível se viver biologicamente, denominada por Grigoriev (1968) de



“Estrato Geográfico da Terra”, adquire importância após a Segunda Guerra Mundial em razão da grande demanda pelo reconhecimento dos diferentes sistemas ambientais da superfície terrestre (Troppmair, 1970; Ross, 2008; Silva, 2021).

De acordo com Florenzano (2008, p. 105), “o mapeamento geomorfológico, como conhecido atualmente, teve início na Polônia, onde ele tem sido utilizado, desde a década de 1950, como suporte ao planejamento econômico”. Silva (2012) fundamentada em Klimaszewski (1982) corrobora que o primeiro conceito de um mapa geomorfológico (em escala de detalhe) foi concebido pelo alemão Siegfried Passarge em 1914, no formato de um Atlas Morfológico de Saalfeld (cidade alemã) na escala de 1:50.000. No entanto, é através da proposta de classificação do relevo de Demek (1967), que se estabelece as devidas inter-relações para representação das formas de relevo por intermédio da cartografia geomorfológica (Ross e Gouveia, 2022).

No Brasil, os primeiros mapeamentos geomorfológicos foram gerados por meio dos levantamentos sistemáticos do Projeto RADAMBRASIL, entre os anos de 1970 e 1985. O projeto supracitado fundamentou-se em imagens do radar de visada lateral SLAR -*Side-Looking Airborne Radar*, na escala de 1:250.000, o qual englobou todo o território nacional (Silva, 2021). Neste sentido, Pirajá, Paranhos Filho e Silva (2020) com base nos pressupostos de Marques Neto e Ferraro (2018) elencam que, a metodologia utilizada pelo RADAMBRASIL foi moldada a partir das concepções da geomorfologia europeia, em particular pelas idealizações do geógrafo francês Jean Tricart no projeto. Outrossim, as contribuições do geógrafo brasileiro Jurandyr Luciano Sanches Ross foram essenciais, visto que posteriormente ele desenvolveu e aprimorou essa metodologia às especificidades geoambientais do contexto brasileiro.

Sendo assim, Ross (1992) propõe uma análise do relevo por meio da sua classificação em seis níveis taxonômicos (Quadro 01), com raízes nos princípios postulados por Walter Penck (1953), o qual ponderou que as formas do relevo terrestre são um produto das forças antagônicas dos processos endógenos (dão origem) e exógenos (esculturam). Por conseguinte, Ross (1992) baseou-se nos conceitos de Morfoestrutura e Morfoescultura propostos pelos russos Guerasimov e Mescherikov (1968) e Mecerjakov (1968). Assim, “todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação do tipo climático atual e pretérito que atuou e atua nessa estrutura” (Ross, 1992, p. 19).

Em relação às pesquisas desenvolvidas no Estado do Maranhão no âmbito da ciência geomorfológica, Lima et al. (2024) destaca Galvão (1955), Ab’Saber (1960), Lopes (1970), Barbosa e Pinto (1973), Feitosa (1983) e Ribeiro (2002) como as principais contribuições para estruturação do mapeamento geomorfológico do Estado supracitado.



Ademais, cita-se o Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2013) em sua publicação “Geodiversidade do Estado do Maranhão”, o qual realizou a compartimentação do relevo do Estado através da identificação dos domínios geomorfológicos, possibilitando a espacialização dos padrões de relevo da área estadual em questão.

QUADRO 01 - Taxonomia do Relevo proposta por Ross (1992)

1º Táxon	Unidade Morfoestrutural	Maior representação espacial, relacionando-se aos aspectos estruturais da bacia sedimentar de origem;
2º Táxon	Unidades Morfoesculturais	Menor grandeza, em relação ao táxon anterior, provenientes da ação climática no decorrer do tempo geológico, no âmbito da morfoestrutura;
3º Táxon	Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes	Formas de relevo com menor dimensão areal, diferenciando-se por meio da sua fisionomia, através das características da rugosidade topográfica ou do índice de dissecação do relevo, assim como o modelado dos topos, vertentes e vales de cada padrão existente;
4º Táxon	Tipos de Formas de Relevo	Referem-se as formas de relevo agradacionais (planícies fluviais, terraços fluviais ou marinhos, planícies marinhas, planícies lacustres, etc.) ou denudacionais (provenientes do desgaste erosivo, como colinas, morros, cristas, formas com topos planos, aguçados ou convexos), com semelhanças morfológicas, morfométricas e morfocronológicas.
5º Táxon	Tipos de Vertentes	Formas do terreno (curvatura horizontal e vertical das vertentes), uma vez que cada tipologia das formas são geneticamente distintas, com características geométricas, genéticas e dinâmicas diversas.
6º Táxon	Formas de Processos Atuais	Processos erosivos (sulcos, ravinas, voçorocas), cicatrizes de deslizamentos, depósitos atuais (bancos de sedimentação atuais, assoreamentos) e formas de origem antrópica (cortes de talude, depósitos tecnogênicos).

FONTE: Elaborado a partir concepções de Ross (1992).

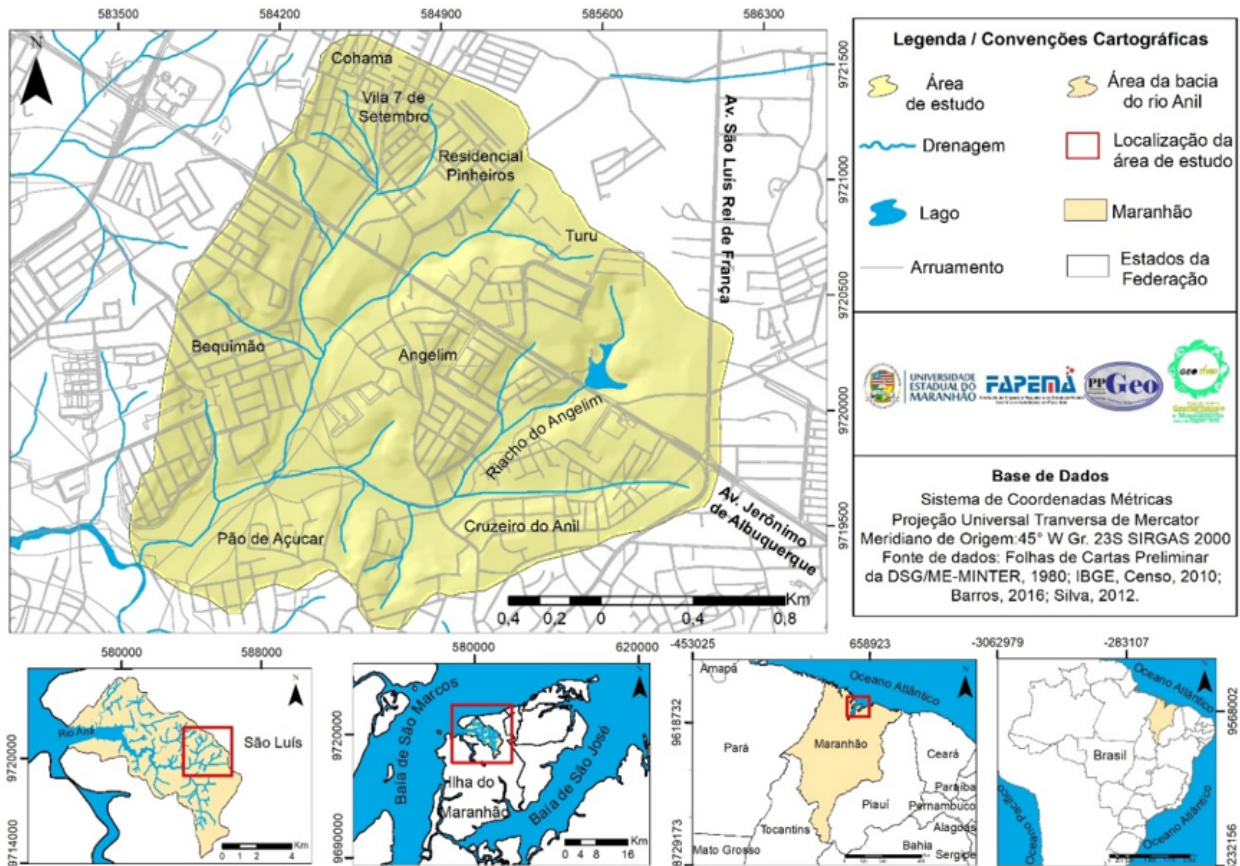
No que se refere aos contributos teórico-metodológicos relacionados ao relevo da Ilha do Maranhão, Silva e Nunes (2012) e Silva (2012) propuseram as primeiras propostas de classificação do modelado da Ilha por meio dos pressupostos de Ross (1992). Os primeiros autores realizaram o mapeamento dos níveis taxonômicos da Ilha do Maranhão até o 4º táxon, enquanto a segunda autora sugeriu a espacialização taxonômica até o 5º táxon (Lima et al., 2024). O Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2020), ao analisar a “Geodiversidade da Ilha do Maranhão”, realizaram o mapeamento das formas de relevo da ilha supramencionada até o 4º nível taxonômico, contribuindo assim para a compreensão da dinâmica evolutivas dos compartimentos geomorfológicos da área em questão.

Assim sendo, o mapeamento geomorfológico é uma ferramenta de fundamental importância para gestão territorial e ambiental, sendo capaz de fornecer informações



específicas acerca da superfície terrestre, viabilizando a compreensão das inter-relações entre os fatores geológicos, climáticos, hidrológicos e antrópicos. Neste sentido, a presente pesquisa objetiva identificar os níveis taxonômicos dos compartimentos do relevo da sub-bacia hidrográfica Riacho do Angelim, São Luís – MA (Figura 01) com base nos pressupostos de Ross (1992) e Silva (2012).

FIGURA 01 - Localização da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim, São Luís (MA)



FONTE: Autores (2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

Com base em uma perspectiva integrativa e sistêmica, fundamentada nos princípios de Ab'Saber (1969), Tricart (1965; 1977), Ross (1992), Casseti (2005) e Florenzano (2008), a presente pesquisa desenvolveu diversas etapas para o alcance do objetivo proposto, a saber: levantamento bibliográfico e cartográfico, espacialização das formas do terreno (curvatura horizontal e vertical das vertentes), mapeamento dos níveis taxonômicos do relevo e trabalhos de campo.

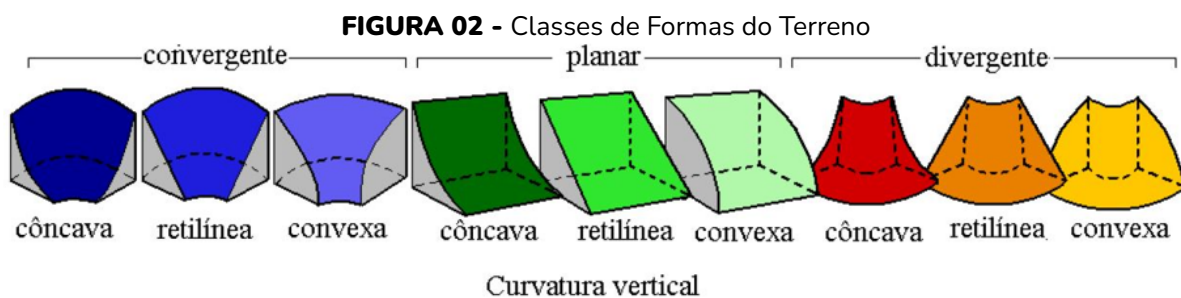
O levantamento bibliográfico baseou-se na literatura especializada pretérita e contemporânea por meio de consultas nos acervos físicos e digitais das bibliotecas centrais da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA e da Universidade Federal do



Maranhão – UFMA, assim como em periódicos, teses, dissertações e livros que abordem a temática proposta. Assim, os autores norteadores da pesquisa são: Ross (1992; 2008), Florenzano (2008), Silva (2012) e Marques Neto (2020).

A aquisição dos dados cartográficos, por sua vez, foi realizado a partir da obtenção das informações geoespaciais da bacia hidrográfica do rio Anil por meio dos relatórios de pesquisa do grupo Geomorfologia e Mapeamento – GEOMAP e do Laboratório de Geociências vinculados aos cursos de Geografia (licenciatura e bacharelado) e do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da UEMA e do conjunto de dados de Santana (2018; 2021). Utilizou-se as informações das Cartas planialtimétricas do Diretório do Serviço Geográfico do Exército – Ministério do Exército / Ministério do Interior - DSG/MINTER (1980) com escala de 1:10.000, com curvas de nível de equidistância de 5 metros, sendo as folhas 14,15, 23 e 24 referentes à sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim.

Para espacialização das formas do terreno, empregou-se a proposta de Valeriano (2008), o qual ressalta que, estas feições resultam da combinação e associação entre as curvaturas vertical (côncavo, retilíneo e convexo) e curvatura horizontal (convergente, planar e divergente). Assim, o autor em questão sinaliza a existência de nove classes de formas do terreno, provenientes da combinação das curvaturas horizontal e vertical do terreno (Figura 02). Destaca-se que todo o mapeamento foi realizado em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica – SIGs, especificamente no software ArcGis® for Desktop Advanced, versão 10.2, licença EFL999703439 estudantil para pesquisa.



FONTE: Valeriano (2008).

Santana (2021) corroborou que as formas do terreno influenciam diretamente a dinâmica do escoamento superficial, considerando que a curvatura horizontal refere-se à tendência do terreno em promover a divergência ou convergência do escoamento superficial, sendo representada em projeção horizontal. Superfícies com curvatura convergente tendem a canalizar o fluxo hídrico, concentrando maior energia, enquanto áreas com curvatura divergente favorecem a dispersão do fluxo sobre a superfície. Por sua vez, a curvatu-



ra vertical está associada ao perfil topográfico do terreno, evidenciando formas convexas, planas ou côncavas. Essa dimensão está intimamente ligada à dinâmica de escoamento, influenciando a infiltração, o acúmulo ou o escoamento da água ao longo das encostas.

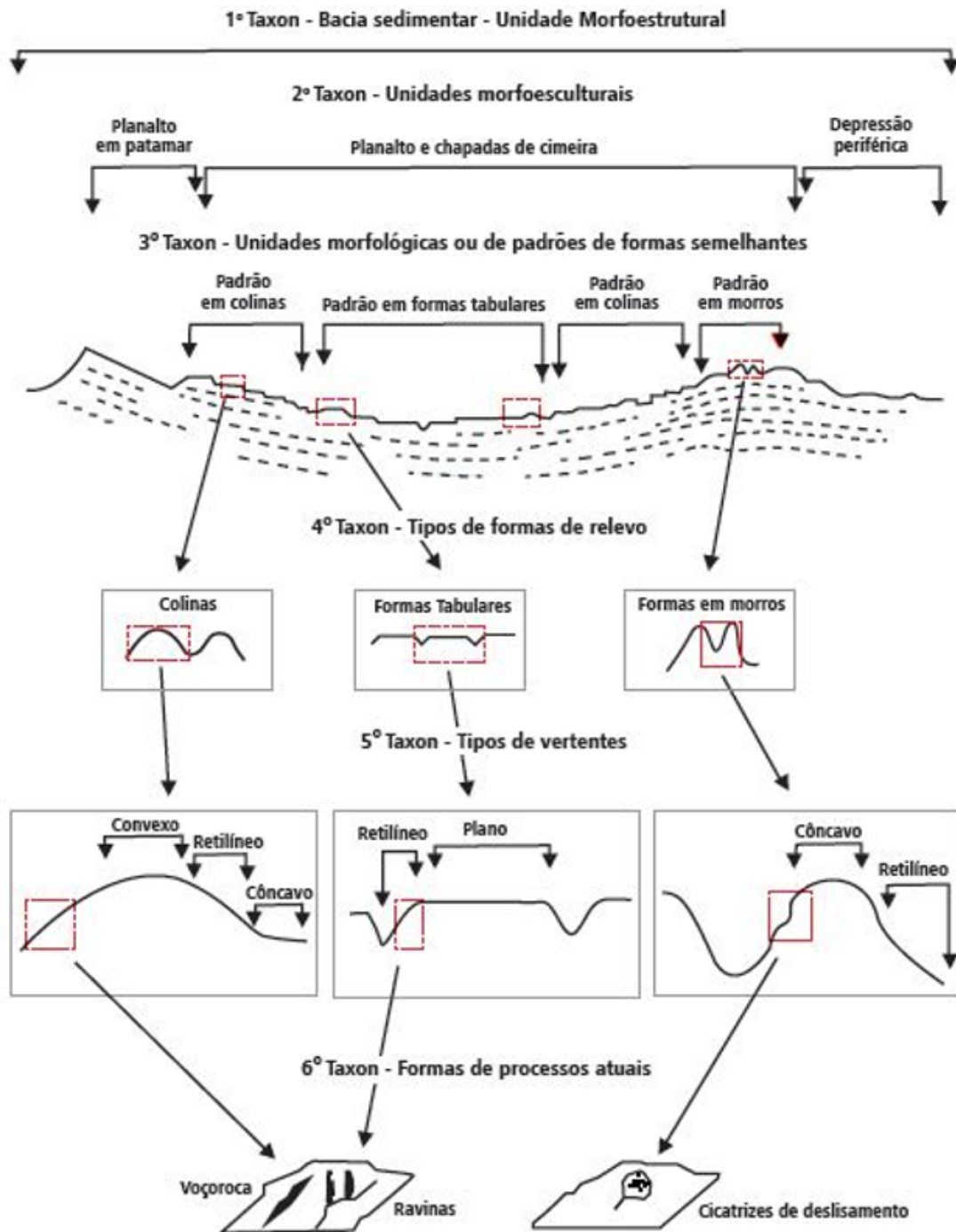
O mapeamento dos níveis taxonômicos do relevo da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim foi realizado a partir da extração e comparação dos dados de Silva (2012) e do Serviço Geológico do Brasil – CPRM (2020) com os dados geomorfológicos (altimetria, drenagem, pontos cotados) das Cartas DSG anteriormente citadas. Considerando a proposta taxonômica de Ross (1992), figura 03, o 1º, 2º e 3º nível (não especializados) foram associados a partir das concepções de Silva (2012).

Desta forma, a presente pesquisa contemplou a caracterização dos níveis 4º, 5º e 6º no mapeamento dos níveis taxonômicos do relevo da área objeto de estudo. Para a definição do nível 4º, recorreu-se à base de dados elaborada pela autora supracitada. Já o nível 5º foi construído a partir da interpretação das curvas de nível com equidistância de cinco metros, associada à análise das classes de formas do terreno, conforme os procedimentos metodológicos propostos por Valeriano (2008).

No que se refere ao sexto táxon, sua caracterização e representação cartográfica foram realizadas por meio de simbologia linear, conforme a metodologia originalmente proposta pela literatura especializada. Salienta-se que, no mapa de taxonomia do relevo, foram inseridas manchas correspondentes a áreas de inundação e alagamento, com o objetivo de validar a ocorrência e a distribuição espacial de processos geomorfológicos atuantes na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim.



FIGURA 03 - Níveis taxonômicos das unidades de relevo



FONTE: Ross (1992).

No que concerne aos trabalhos de campo realizados, foram utilizados os seguintes equipamentos: máquina fotográfica, GPS - Global Positioning System, trena e caderneta de campo. As idas à campo foram efetuadas no primeiro e segundo semestre do ano de 2024, sendo primordiais para caracterização da taxonomia do relevo da área objeto de estudo, assim como na validação das morfologias existentes. Com base nos dados levantados nos trabalhos de campo foi possível finalizar o mapa de taxonomia do relevo, na escala de 1:10.000, da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim.

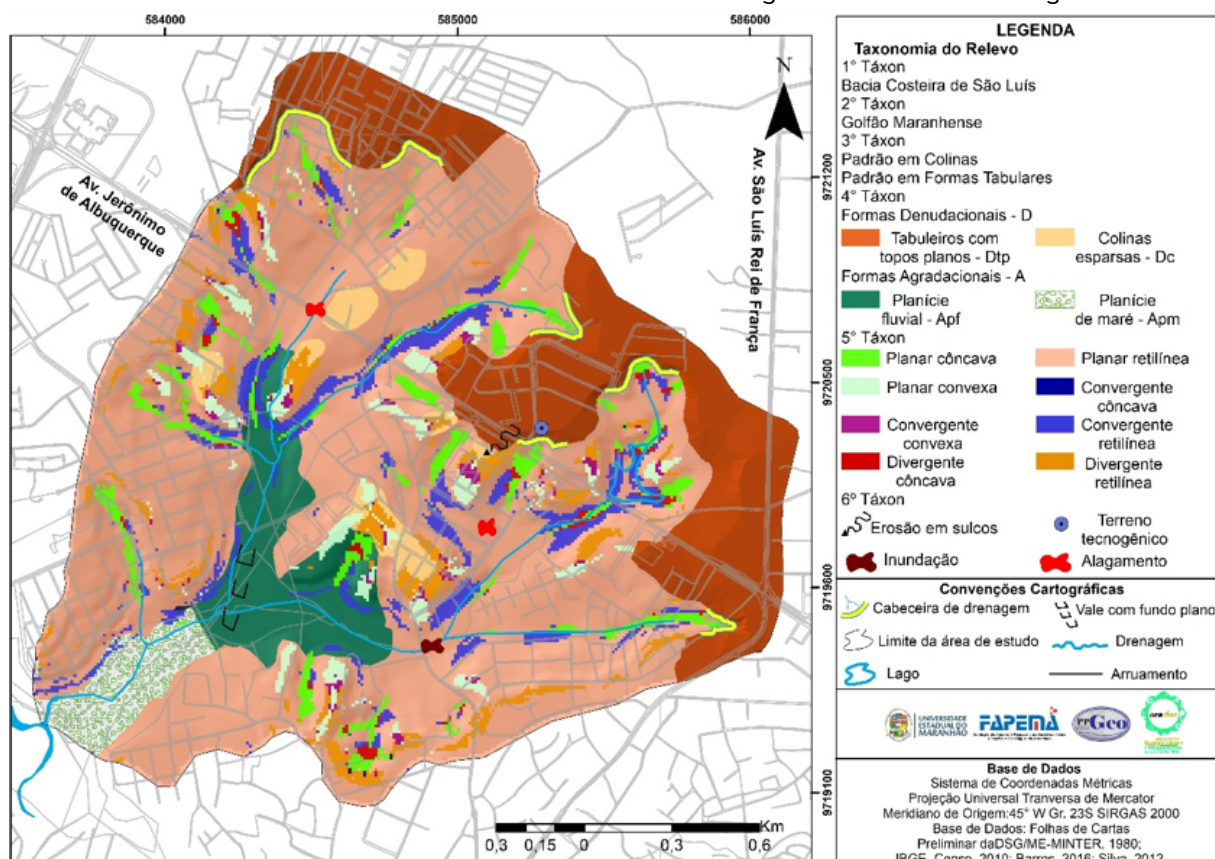


RESULTADOS E DISCUSSÃO

A sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim situa-se no médio curso da bacia hidrográfica do Rio Anil, no município de São Luís – MA. Em termos areais a área em análise possui 4,34 km² e abrange os seguintes bairros: Angelim (Novo Angelim e Alto do Angelim), Bequimão, Residencial Pinheiros, Vila 07 de Setembro e uma pequena porção da Cohama, Cruzeiro do Anil, Pão de Açúcar e do Turu.

Por meio da proposta de mapeamento e classificação da taxonomia do relevo de Ross (1992) e da proposição do mapeamento geomorfológico da Iha do Maranhão de Silva (2012), foi possível estruturar o mapa de taxonomia do relevo da área objeto de estudo (Figura 04). Assim, os 1º, 2º e 3º níveis taxonômicos não estão espacializados em razão da sua dimensão espacial não ser compatível com a escala adotada.

FIGURA 04 - Taxonomia do relevo da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim



FONTE: Autores (2024).

Segundo Silva (2012, p. 139), “todo o relevo terrestre pertence a uma determinada estrutura que o sustenta e mostra um aspecto escultural que é decorrente da ação dos processos exógenos pretéritos e atuais que atuou e atua nessa estrutura”. Neste sentido, o 1º nível taxonômico refere-se à Unidade Morfoestrutural da Bacia Costeira



de São Luís, correlacionando-se às associações litológicas e seus padrões estruturais correspondentes, os quais condicionam diretamente a gênese e as características das formas de relevo.

Silva (2012) fundamentada na literatura geológica, afirma que toda a Ilha do Maranhão (área em que o a sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim está inserida) pertence à Bacia Costeira de São Luís. No que tange às suas peculiaridades, configura-se como uma estrutura alongada na direção noroeste-sudeste, originando-se a partir de rebaixamentos e falhamentos em degraus, configurando estruturas em grábens (Petri e Fúlfaro, 1983; Rosseti, 2006).

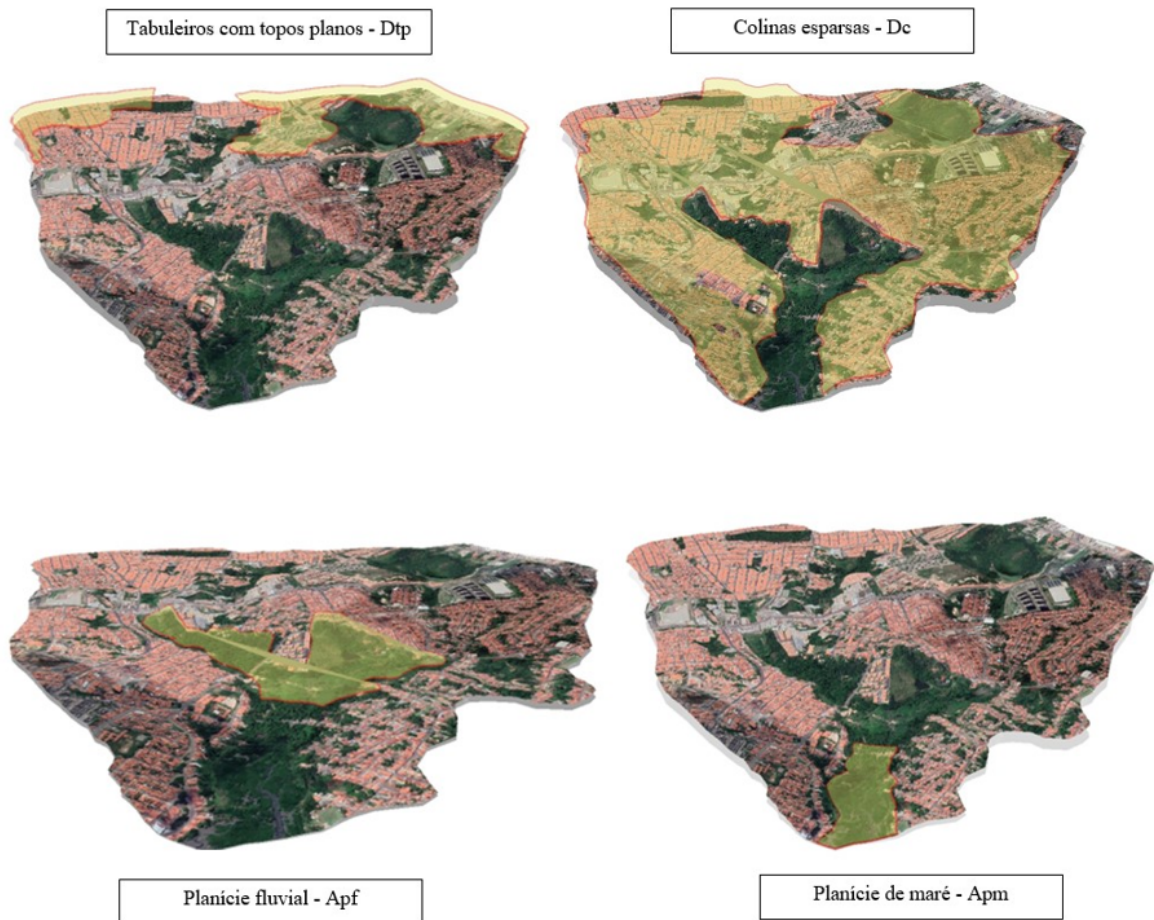
O 2º nível taxonômico, de menor grandeza em relação ao táxon anterior, corresponde ao Golfão Maranhense (Silva, 2012). De acordo com a literatura geológica esta morfologia é um complexo estuarino localizado em uma posição em ângulo reto em relação ao litoral. Por esta razão, o Golfão Maranhense abriga amplas extensões de várzeas sujeitas a inundações periódicas, situadas em áreas topograficamente rebaixadas e alagadiças associadas aos estuários afogados dos rios Munim, Itapecuru, Mearim e Pindaré. Essa região compreende, ainda, a planície de Perizes e abriga, em sua porção central, a Ilha do Maranhão, além de diversas ilhas de menor dimensão (Rodrigues et al. 1994; Silva, 2012).

Em relação ao 3º nível taxonômico, o qual a área objeto de estudo encontra-se inserida, corresponde às Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes, se relaciona aos padrões de relevo denudacionais, isto é, padrão em colinas e formas tabulares. Estas feições possuem semelhanças morfogenéticas, morfológicas (morfográficas e morfométricas) e morfocronológicas; que, por sua vez, estão assentadas sobre o Grupo Barreiras, segundo a idealização de Silva (2012). Os seus aspectos fisionômicos as diferenciam, com destaque a sua rugosidade topográfica, grau de entalhamento dos vales e dimensão interfluvial.

Já o 4º nível taxonômico da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim, abrange as morfologias denudacionais (tabuleiros com topos planos e as colinas esparsas) e agradacionais (planícies de maré e fluvial). Em conformidade com as proposições de Santana (2021), as formas denudacionais são esculpturadas pelos processos de desgaste e erosão, enquanto as que predominam a agradação, prevalece a acumulação ou sedimentação, colmatadas no período Quaternário (Figura 05).



FIGURA 05 - 4º nível taxonômico da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim



FONTE: Autores (2024).

De acordo com Santana (2021, p. 138), os tabuleiros presentens na área em análise “são caracterizados por apresentarem elevações acima de 40 metros e estão relacionados às áreas que ocorrem a recarga dos aquíferos”. À vista disso, os tabuleiros constituem formas de relevo de origem sedimentar, situados em baixas altitudes e delimitadas por rupturas topográficas acentuadas, sendo compartimentos geomorfológicos recorrentes por toda a extensão do litoral Nordeste do Brasil (Florenzano, 2008). Os tabuleiros da área encontram-se densamente modificados em detrimento do elevado grau de urbanização presente.

As colinas esparsas constituem-se de formas de erosão, com pequenas elevações do terreno e declives suaves, não excedendo 50 metros de altitude, e frequentemente, estão associadas a uma forma de relevo derivado (Guerra, 1993; Guerra e Guerra, 2008; Santana, 2021). Suas características genéticas foram alteradas em decorrência da ação antrópica, uma vez que favorecem a ocupação, em virtude do baixo grau de inclinação das vertentes.

No que diz respeito as formas agradacionais, a planície fluvial da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim inter-relaciona-se a uma área onde o processo de sedimentação excede o de erosão, promovendo o acúmulo de sedimentos fluviais



aluvionares e coluvionares. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2009, p. 32), planície fluvial é uma “área plana resultante de acumulação fluvial sujeita a inundações periódicas, correspondendo às várzeas atuais. Ocorre nos vales com preenchimento aluvial”.

As planícies fluviais associadas ao Riacho do Angelim estão submetidas a intensos processos de ocupação antrópica, caracterizados pela presença de moradias fixadas a uma distância de aproximadamente 8 metros das margens dos cursos d’água. Tem-se, ainda, a prática recorrente de aterramento dessas áreas frágeis por parte da população local, com o intuito de viabilizar a instalação de habitações de forma não planejada, desconsiderando os dispositivos legais que regulam a ocupação de Áreas de Preservação Permanente - APPs.

No que concerne às planícies, na Ilha do Maranhão, assim como na área em análise, para Silva (2012, p. 222), “os processos morfodinâmicos atuantes nestas morfologias dizem respeito à ação deposicional das correntes de maré, dos rios e da ação humana”. Em consonância com Angulo (1992), as planícies de maré constituem feições morfológicas costeiras formadas sob a influência predominante do regime de marés, com atuação secundária das ondas. Desenvolvem-se, em geral, em litorais de baixa declividade e caracterizam-se pela expressiva deposição de sedimentos finos (geralmente, silte e argila), favorecendo a formação de extensas superfícies intertidais.

Nesta perspectiva, correspondem a superfícies sedimentares, compostas predominantemente por materiais lamosos ou arenosos, situadas acima do nível da maré baixa e que são periodicamente inundadas durante os ciclos de maré alta (Silva, 2012). Na sub-bacia hidrográfica objeto de estudo, estão feições passam pelo processo de aterramento para facilitar a expansão urbana pela população de baixo poder aquisitivo, do contrário são ocupadas por moradias de madeira com elevação sobre o canal.

O 5º nível taxonômico compreende os Tipos de Vertentes, associadas aqui às formas de terreno. Valeriano (2008, p. 41), assinala que, “as classes de curvaturas horizontais (convergente, planar ou divergente) e verticais (côncavo, retilíneo ou convexo) podem ser combinadas para fornecer indicação da forma do terreno”. Em face do exposto, foram espacializados, a partir da prognose de Valeriano (2008), oito classes de formas do terreno na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim: planar côncava, convergente côncava, divergente côncava, planar retilínea, divergente retilínea, convergente retilínea, planar convexa e convergente convexa (Quadro 02).



QUADRO 02 - Taxonomia do relevo da sub-bacia do riacho do Angelim, São Luís- MA

NÍVEIS TAXONÔMICOS							
1º TÁXON	2º TÁXON	3º TÁXON	4º TÁXON	5º TÁXON		6º TÁXON	
Bacia Costeira de São Luís	Golfão Maranhense	Padrão em Colinas	Planície de Maré - Apm	Vertentes	Convergente	Côncava	Processos atuais do tipo: erosão em sulcos, terreno tecnogênico, inundações e alagamentos.
						Retilínea	
					Convexa		
			Planar		Côncava		
		Retilínea					
		Convexa					
		Padrão de Formas Tabulares	Colinas Esparsas - Dc		Divergente	Côncava	
						Retilínea	
			Tabuleiros com topos planos - Dtp				

FONTE: Autores (2024).

Santana (2021) corrobora que, devido o Riacho do Angelim estar densamente urbanizado, é de fundamental importância compreender os tipos de vertentes (formas de terreno – curvatura vertical e horizontal das vertentes) a partir do estabelecimento das inter-relações entre a dinâmica pluviométrica em detrimento do escoamento superficial no ambiente urbano. Logo, é possível utilizar a curvatura da superfície como um indicador de fluxo do escoamento superficial considerando que as vertentes possuem fluxos concentrados - convergentes e fluxos difusos - divergentes ou planares – transição. Com base nos pressupostos de Colangelo (1996), Valeriano (2008) e Guirra (2017), foi possível determinar o comportamento hidrológico na superfície do terreno da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim (Quadro 03). Portanto, o deslocamento das águas superficiais na área supramencionada estão relacionados aos fluxos dominantes de concentração, transição e dispersão.

No Riacho do Angelim há predominância dos fluxos resultantes de transição (planar retilínea), mesodispersores (divergente retilínea e planar convexa) e mesoconcentradores (convergente retilínea e planar côncava). As superfícies planares retilíneas, as quais são consideradas por Santana (2021) como intermediárias ou de



transição quanto à dispersão e acúmulo do escoamento superficial, podem resultar em fluxos mesoconcentradores (planar côncava) ou mesodispersores (planar convexa), a depender da direção do fluxo. Portanto, direcionam o escoamento superficial para os ambientes de acumulação, favorecendo-os.

QUADRO 03 - 5º nível taxonômico da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim

Curvatura do Terreno		Comportamento hidrológico na superfície do terreno	
Horizontal	Vertical	Fluxo dominante	Fluxo resultante
Convergente	Côncava	Concentração	Hiperconcentrador
	Retilínea		Mesoconcentrador
	Convexa		Hipoconcentrador
Planar	Côncava	Transição	Mesoconcentrador
	Retilínea		Transição
	Convexa		Mesodispersor
Divergente	Côncava	Dispersão	Hipodispersor
	Retilínea		Mesodispersor

FONTE: Adaptado Colangelo (1996), Valeriano (2008) e Guirra (2017).

As feições convergentes retilíneas são definidas pela literatura especializadas como formas coletoras, pois favorecem o escoamento superficial em direção aos fundos de vale. Na área em análise, esse processo é intensificado e maximizado, isto é, em razão da impermeabilização das vertentes, a infiltração é reduzida e tem-se o aumento do escoamento superficial, direcionando um maior volume para os fundo de vale/canais fluviais ou área abaciadas, influenciando a deflagração de fenômenos hidrogeomorfológicos como enchentes, inundações e alagamentos.

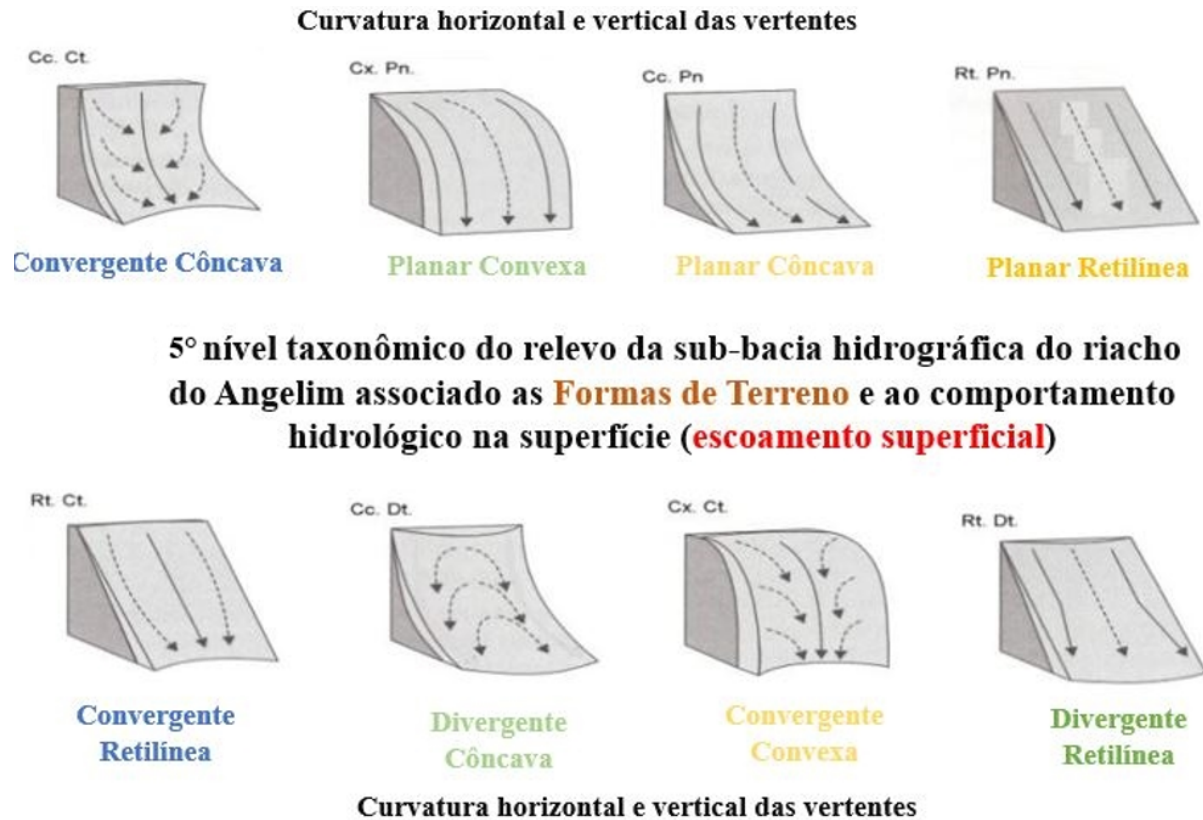
As vertentes planares côncavas e convexa estão relacionadas ao fluxo dominante de concentração, resultando em deslocamentos mesoconcentradores e mesodispersores (Figura 06). Colangelo (1996, p.32) complementa que “a convexidade e a concavidade das formas de relevo são os fatores que condicionam, respectivamente, os padrões de dispersão e concentração de drenagem”.

Por fim, foram espacializadas as feições correspondentes ao 6º nível taxonômico do modelado da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim, a partir da proposta de compartimentação do relevo de Ross (1992). Deste modo foram incluídos os processos atuais resultantes das ações erosivas, sedimentação e provenientes da ação antrópica. Foi inserido, também, as manchas de inundações e alagamentos, assim como a presença de um terreno tecnogênico, pois entende-se que os processos oriundos das modificações realizadas em virtude da urbanização, atuam na deflagração dos processos



hidrogeomorfológicos, influenciando a sua frequência e magnitude. Assim como os de ordem hidrometeorológica, pois promovem ou facilitam a esculptação do relevo por meio dos processos erosivos e/ou favorecem o surgimento de ambientes deposicionais, sejam de ordem natural ou antropogênica.

FIGURA 06 - 5º nível taxonômico da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim associado à dinâmica hidrológica da superfície do terreno.



FONTE: Adaptado de Colangelo (1996), Valeriano (2008) e Guirra (2017).

A figura 6 evidencia os processos atuantes no Riacho do Angelim. Desse modo, a fotografia A, B e C correspondem a área da mancha de inundação, em diferentes momentos, presente no mapa de taxonomia do relevo. A fotografia A evidencia a erosão marginal por meio do solapamento basal das margens do curso d'água, e mostra a distância das residências em relação ao canal. Estes processos são oriundos da expansão urbana e ocupação não direcionada (oriunda da ausência de um planejamento territorial e/ou ambiental adequado), proveniente do desmatamento da vegetação do entorno e da mata ciliar, assim como a descaracterização das margens, em razão do aterramento para fixação de moradias. As fotografias B e C foram retiradas após uma ocorrência pluviométrica, capturando o momento após a ocorrência da inundação, onde se inicia o rebaixamento da lamina d'água, devido ao escoamento rápido da área.

As imagens D e E da figura 6, expõem o momento exato da ocorrência de alagamentos na avenida Jerônimo de Albuquerque. Ressalta-se que nesta área havia um canal fluvial



de 2 ordem, o qual foi canalizado para construção da avenida. No entanto, em razão da características fisiográficas da área somados à ineficiência da drenagem, tem-se o desenvolvimento de alagamentos.

FIGURA 06 - 6º nível taxonômico da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim



FONTE: Autores (2024).

Na fotografia F, tem-se o desenvolvimento de sulcos erosivos, sendo uma consequência do corte da borda do tabuleiro para o alargamento da avenida mencionada acima. Em relação ao terreno tecnogênico espacializado no Riacho do Angelim, trata-se de uma área com presença de sedimentos tecnogênicos, compostos por material remobilizado (sobre os tabuleiros com topos planos), originários dos cortes de taludes, já citados (Figura 07).



FIGURA 07 - Terreno tecnogênico na sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim



FONTE: Autores (2024).

Portanto, entende-se que a formação de terreno tecnogênico deu-se em razão da ação do poder público para melhorias da via principal. Sobre estas feições antrópicas, Peloggia et al., (2019, p. 54), “a agência humana sobre a paisagem pode levar à formação de terrenos antropogênicos (também chamados de tecnogênicos ou artificiais), seja pela transformação de terrenos naturais preexistentes ou pela criação de novas formações geológicas superficiais”.

A pesquisa possibilitou a espacialização da taxonomia do relevo da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Angelim, por meio da identificação dos níveis taxonômicos do modelado. O que viabilizou a estruturação necessária das inter-relações em função do elevado grau de urbanização presente, promovendo uma discussão do dinamismo e da morfodinâmica das morfologias, permitindo o desenvolvimento das considerações necessárias sobre a temática abordada, assim como sobre a área em análise.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação dos níveis taxonômicos dos compartimentos do relevo da sub-bacia hidrográfica Riacho do Angelim em São Luís – MA, estruturada a partir da proposta metodológica de Ross (1992), permitiu uma análise detalhada e integrada dos compartimentos geomorfológicos da área em estudo. O mapeamento dos táxons, especialmente nos níveis mais detalhados (4º, 5º e 6º), evidenciou não apenas a diversidade morfológica local, mas também as implicações do processo de urbanização desordenada sobre o modelado e os processos hidrogeomorfológicos e hidrodinâmicos associados. A pesquisa demonstrou que a compreensão das unidades de relevo da superfície terrestre, sobretudo em áreas urbanas com alto grau de antropização, constitui um instrumento essencial para o diagnóstico das fragilidades ambientais.

A articulação entre morfoestrutura, morfoescultura, padrões morfológicos, tipos de formas de relevo, tipos de vertentes e formas de processos atuais proporciona uma visão sistêmica do meio físico, permitindo compreender a gênese, dinâmica e evolução do modelado terrestre. Além da contribuição científica, os resultados aqui apresentados possuem elevada aplicabilidade prática, servindo como subsídio técnico-científico para a formulação de políticas públicas voltadas ao planejamento urbano, ambiental e territorial. Dessa forma, destaca-se que a metodologia adotada neste estudo pode ser replicada em outras bacias urbanas, contribuindo para a ampliação da base de dados geomorfológicos em escala de detalhe e fortalecendo a interface entre ciência, planejamento e gestão ambiental. A continuidade das pesquisas sobre a taxonomia do relevo poderá ampliar o conhecimento sobre os impactos da urbanização nas morfologias e fortalecer o diálogo entre a Geografia Física, o planejamento urbano e a gestão de riscos nesses ambientes.

Agradecimentos:

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão (FAPEMA), pelo financiamento da pesquisa.



REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Contribuição à geomorfologia do estado do Maranhão. **Notícia Geomorfológica**. Ano 3, n. 5, 1960, p. 35-40.
- _____. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- ANGULO, R. J. **Geologia da planície costeira do estado do Paraná**. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Universidade de São Paulo – Instituto de Geociências, São Paulo, 1992.
- BARBOSA, G. V.; PINTO, M. N. **Geomorfologia da Folha AS-23, Fortaleza, e parte da folha SA 24 – Fortaleza**. In: Projeto RADAM, Rio de Janeiro, 1973.
- CASSETI, V. **Geomorfologia**. 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomoforlogia.htm>. Acesso em 14 de maio 2025.
- COLÂNGELO, A. C. Modelo de Feições Mínimas ou das Unidades Elementares do Relevo: um suporte cartográfico para mapeamentos geocológicos. In: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.10, p.29-40, 1996.
- DEMEK, J. Generalization of Geomorphological Maps. **Progress Made in Geomorphological Mapping**, Brno: p.36-72, 1967.
- FEITOSA, A. C. **Evolução morfogenética do litoral norte da ilha do Maranhão**. Tese de Doutorado. Rio Claro: IGCE/UNESP, 1983.
- FLORENZANO, T. G. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T. G. (Org.). **Geomorfologia conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos. 320 p. 2008.
- GALVÃO, R. Introdução ao conhecimento da área maranhense abrangida pelo plano de valorização econômica da Amazônia. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: XVIII (3): 239-297, IBGE, jul/set, 1955.
- GERASIMOV, I.P.; MESCHERIKOV, J.A. Morphostructure. **The Encyclopedia of Geomorphology. Encyclopedia of Earth Sciences**, v. III, Fairbridge, R.W. ed., Dowden, Hulchinson & Koss Inc., Pennsylvania, p. 731-732, 1968.
- GRIGORIEV, A. A. The theoretical fundaments of modern physical geography. **The interaction of sciences I the study of the earth**. Moscou, 1968.
- GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8 ed. Rio de Janeiro – IBGE, 1993.
- GUERRA, A. T; GUERRA, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. 6ª ed. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2008.
- GUIRRA, A. P. M. **Novas contribuições ao modelo de fragilidade ambiental à processos erosivos: estudo de caso aplicado ao perímetro urbano de Rondonópolis, Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso. Instituto de Ciências Humanas e Sociais. Rondonópolis, 2017.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Geomorfologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- KLIMASZEWSK, M. Detailed geomorphological maps. **ITC Journal**, v. 3, p. 265-272, 1982.
- LIMA, C. G.; FRANÇA, D. V. B.; SILVA, Q. D.; SANTANA, R. G.; MACIEL, D. S. Mapeamento dos níveis taxonômicos das unidades de relevo na Bacia Hidrográfica do Rio Pimenta, Ilha do Maranhão – MA (Brasil). **Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto**, v. 5, n. 1, 2024.
- LOPES, R. **Uma região tropical**. Rio de Janeiro: Cia. Ed. Fon-Fon e Seleta, 1970.
- MARQUES NETO R.; FERRARO B. V. Cartografia geomorfológica regional e morfogênese: contribuições metodológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia (Online)**, São Paulo, v.19, n.2, (Abr-Jun) p.267-281, 2018.
- MARQUES NETO, R. **Cartografia geomorfológica: revisões, aplicações e proposições**. Curitiba: CRV, 2020.
- MECERJAKOV, J.P. Les concepts de morphostructure et morphoesculture: um nouvel instrument del'analyse geomorphologique. **Annales de Geographie**. Paris, n.423, set/out, p. 539-552, 1968.
- PELOGGIA, A. U. G. Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros. **Revista do Instituto Geológico (Online)**, v. 40, p. 1-17, 2019.



- PENCK, W. **Morphological analysis of land forms**. Macmilian an Co., London, 1953.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil (Fanerozoico)**. São Paulo: TA Queiroz, EDUSP; 1983.
- PIRAJÁ, R. V.; PARANHOS FILHO, A. C.; SILVA, M. H. S.. Taxonomia do relevo do estado de Mato Grosso do Sul e da bacia hidrográfica do rio Taboco. **GEOFRONTER**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2020.
- RIBEIRO, F. P. **Memórias do Sertão Maranhense**. São Paulo. Siciliano, 2002.
- RODRIGUES, T. L. N.; ARAUJO, C. C.; CAMOZZATO, E.; RAMGRAB, G. E. **Folha SA.23-Z-A, Cururupu. Folha SA.23-X-C, Estado do Maranhão**. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. São Luís.. Brasília, CPRM, 1994.
- ROSS, J. L. S. Registro Cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.6, p. 17-30, 1992.
- _____. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 7 ed. São Paulo: Contexto, 2008.
- ROSS, J. L. S.; GOUVEIA, I. C. M-C. A taxonomia do relevo e a cartografia geomorfológica regional. (Orgs.). CARVALHO JUNIOR, O. A.; GOMES, M. C. V.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T. **Revisões de Literatura da Geomorfologia Brasileira**. – Brasília : Universidade de Brasília, p. 705-736, 2022.
- ROSSETTI, D. F. **Evolução sedimentar miocênica nos estados do Pará e Maranhão**. São José dos Campos: INPE, 2006.
- SANTANA, R. G. **Situação das áreas com ocorrências de enchentes e inundações no riacho do Angelim, São Luís – MA**. Monografia (Graduação). Departamento de História e Geografia da Universidade Estadual do Maranhão, 2018.
- SANTANA, R. G. **Fragilidade ambiental do relevo à ocupação urbana na sub-bacia hidrográfica do riacho do Angelim, São Luís – MA**. Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.
- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Programa Geologia do Brasil: levantamento da Geodiversidade. Teresina, Brasil. 2013.
- _____. **Geodiversidade da ilha do Maranhão**. Teresina : CPRM, 2020.
- SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. Tese (Doutorado em Geografia). Presidente Prudente- Universidade Estadual de São Paulo, 2012.
- SILVA, Q. D.; NUNES, J. O. R. Relevo da Ilha do Maranhão: Proposta de Classificação. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, IX, **Anais**, Rio de Janeiro, RJ, 2012.
- SILVA, T. M.. Raízes dos mapeamentos geomorfológicos e perspectivas atuais. **HUMBOLDT**, v. 1, n. 2, 2021.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, Rio de Janeiro, 1977.
- Tricart, J. **Principes et méthodes de la geomorphologie**. Paris:Masson Ed., 201p., 1965.
- TROPPEMAIR, H. Estudo comparativo de mapeamentos geomorfológicos. **Notícia Geomorfológica**, v. 10, n. 20, p. 3-11, 1970.
- VALERIANO, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. INPE: São José dos Campos, 75 p., 2008.



PROCESSOS EROSIVOS ASSOCIADOS A NÍVEIS DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE PETROLÂNDIA - PE

Maria Rita Monteiro de Lima ¹
Sidney Walison Santos da Silva ²
George André Lando ³
Kleber Carvalho Lima ⁴

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Agricultura Irrigada, Uso e Cobertura.

RESUMO

No semiárido nordestino nas últimas décadas, foram direcionados investimentos na infraestrutura hídrica para criação de perímetros irrigados, na busca de promover um modelo de agricultura com elevada produtividade para a região. Contudo, apesar de tornar o município de Petrolândia-PE um dos maiores exportadores de água de coco, os sistemas de irrigação também contribuíram ao longo dos anos de forma significativa, para o aumento da degradação dos solos, com o aumento dos processos erosivos e também da suscetibilidade aos índices de desertificação. Diante o contexto da região, objetivou-se analisar a degradação ambiental a partir da correlação entre o índice de desertificação, o uso e cobertura da terra e a ocorrência de erosões nessas áreas. Diante disso, utilizou-se os dados de desertificação da Secretária de Meio Ambiente de Pernambuco e imagens do Landsat 8 do ano de 2024, para o uso e cobertura da terra as classes foram a vegetação densa, vegetação aberta e vegetação degradada, solo exposto, área urbanizada, construções antrópicas e corpo d'água. A partir da interseção das classes de suscetibilidade a desertificação com as classes de uso atual, obteve-se os níveis de degradação ambiental, considerando-se as classes baixa, moderada, alta, muito alta e crítica. Nas áreas de níveis baixos, encontra-se uma vegetação de caatinga mais preservada, com pouca interferência antrópica; no nível moderado há áreas com indícios de erosão laminar; nas áreas com nível alto e muito alto há diferentes níveis de evolução de erosão linear, com áreas de uso antrópico intensivo; e as áreas com níveis críticos corresponde a área natural de exposição a litologias mais friáveis. Portanto, acredita-se que o estudo pode auxiliar em estratégias para mitigação dos níveis de degradação, a partir de produtos cartográficos que possibilitem o entendimento do uso e cobertura da terra.

- 1 Mestrando do PPG em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, mariarita.lima@upe.br
- 2 Mestrando do PPG em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco – UPE, sidney.walison@upe.br
- 3 Professor: Doutor, Universidade de Pernambuco - UPE, giorge.lando@upe.br
- 4 Professor orientador: Doutor, Universidade de Pernambuco – UPE, kleber.carvalho@upe.br



INTRODUÇÃO

A região semiárida brasileira caracteriza-se por possuir clima quente e seco com significativa irregularidade pluviométrica, tornando-se uma área mais propícia aos processos de degradação ambiental, como a desertificação. Esse processo contribui na diminuição dos níveis de fertilidade do solo, através de uma combinação de fatores naturais e antrópicos, impactando as populações que necessitam da terra para subsistência (SEMAS, 2020).

Dentro do contexto da erosão, a desertificação é um intensificador desse processo, por se relacionar de maneira direta com os fatores antrópicos como período de pousio inadequado, excesso de água nos lotes agrícolas e na diminuição dos níveis de fertilidade. Resultando em abandono de lotes e redução da vegetação nativa, para desmatamento de novas áreas e introdução de novos cultivos, tornando-se um ciclo entre uso, abandono e degradação (Tavares; Arruda; Silva, 2019).

O uso intensivo do solo na agricultura com práticas de irrigação e com escassez de chuvas, aumenta ao passar dos dias os processos erosivos, uma vez que a técnica de irrigação ao ser utilizada diariamente, facilita o transporte de sedimentos para novas áreas (Medeiros et al., 2018). Diante desse contexto, essas práticas contribuem em uma dinâmica de degradação progressiva do solo e que contribui para o aumento dos índices de degradação.

A região de Desenvolvimento do Sertão de Itaparica engloba 07 municípios, entre eles Petrolândia que possui como principal fonte de renda a agricultura irrigada, sendo um dos maiores exportadores de água de coco do Brasil (Araújo, 2017). No entanto, a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade de Pernambuco compreende que este município possui níveis mais severos de suscetibilidade à desertificação (SEMAS, 2020), ocasionado ao longo do tempo pelas mudanças de uso e ocupação do solo para construção da hidroelétrica Luiz Gonzaga (Araújo, 2017).

Diante deste contexto, o presente trabalho objetiva analisar a degradação ambiental a partir da correlação entre os níveis de suscetibilidade à desertificação e o uso e cobertura da terra e associados a ocorrência de erosões nessas áreas. Ocasionalmente por fatores naturais e antrópicos e que impacta diretamente na qualidade de vida da população que foi reassentada após a inundação.

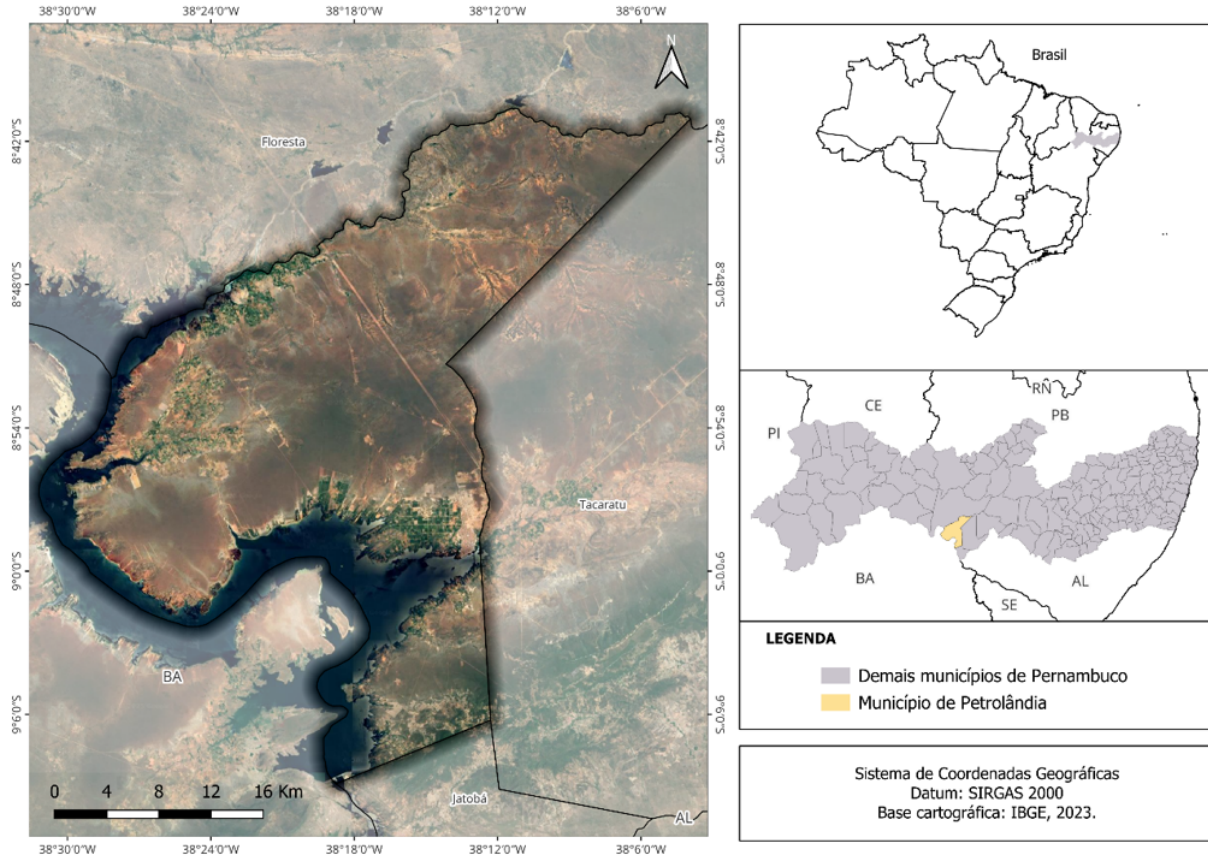
MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Petrolândia, localiza-se na região de Desenvolvimento do Sertão de Itaparica, totalizando 240,57 km², com precipitação anual de aproximadamente 528 mm/ano e temperatura anual de 25°C (Parahyba et al., 2004; Anjos, Candeias e Nóbrega, 2016; APAC, 2023). Possuindo ao longo de sua extensão os perímetros irrigados Apolônio



Sales, Icó-Mandantes e Barreiras Bloco II (Gunkel; Sobral 2007). Essas áreas foram construídas após a instalação da Usina Hidroelétrica (UHE) Luiz Gonzaga, tornando o município um dos grandes produtores no cultivo do coco da região de desenvolvimento.

FIGURA 1 - Mapa de localização do município de Petrolândia – Pernambuco.



FONTE: Autores, 2025.

Os dados referentes a suscetibilidade à desertificação para a área em análise foram obtidos através da Secretaria de Meio Ambiente de Pernambuco (SEMAS, 2020), e também foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, referentes ao ano de 2024. Para obtenção das classes do uso e cobertura da terra, foram consideradas as classes: vegetação densa, vegetação aberta, vegetação degradada, solo exposto, área urbanizada, construções antrópicas e corpos d'água.

Por intermédio do geoprocessamento das classes de uso e cobertura com os níveis de suscetibilidade à desertificação, identificou-se diferentes graus de degradação ambiental presentes na área. Esses níveis foram categorizados em: baixa, moderada, alta, muito alta e crítica, permitindo uma compreensão mais precisa da distribuição espacial dos processos de degradação e da relação entre o uso da terra e a vulnerabilidade ambiental.

Os resultados obtidos foram organizados em mapas e tabelas, permitindo uma visão mais detalhada dos níveis de desertificação no município de Petrolândia e dos



impactos causados nas áreas de cultivos. Desse modo, ao integrar nas discussões as abordagens qualitativas e quantitativas, buscou-se explorar de modo detalhado os processos intrínsecos identificados no município.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A organização socioespacial no município de Petrolândia – PE reflete de forma direta no modo como ocorre a distribuição do uso e cobertura e como isso impacta nas questões socioeconômicas da região (Araújo, 2017). Através da análise desses dados, identificou-se áreas de caatinga degradada superior a 10% e que reflete nas questões socioeconômicas da região, uma vez que a mesma necessita do solo para subsistência através das técnicas de irrigação (Tabela 1).

TABELA 1 - Uso e cobertura do Landsat 8 para o ano de 2024.

CLASSES	ÁREA (KM ²)	% TOTAL DA ÁREA
Formação florestal	10,81	1,02%
Caatinga densa	509,60	48,26%
Caatinga aberta	131,79	12,48%
Caatinga degradada	123,86	11,73%
Solo exposto	20,73	1,96%
Áreas Antrópicas Agrícolas	77,90	7,38%
Áreas urbanizadas	5,71	0,54%
Construções antrópicas	0,13	0,01%
Corpo d'água	175,37	16,61%
TOTAL	1055,89	100,00%

FONTE: Autores, 2025.

Diante disso, a formação de caatinga densa, ocupa a maior parte da cobertura da área, com 48,28% do total do município, como também a vegetação da caatinga aberta representou 12,48%, da dinâmica do uso e cobertura do município, desse modo, evidenciou-se extensas áreas com forte dinâmica de adensamento da vegetação, levando em consideração a existência de áreas de preservação.

Após a realocação da população para as novas áreas agrícolas ocasionada pela construção da Usina Hidrelétrica Luiz Gonzaga, e com a instalação da irrigação nos perímetros irrigados, iniciou-se o uso da terra de forma contínua pelos moradores reassentados, cultivando uma variedade de espécies entre as quais têm-se a melancia, melão, cebola, coco entre outras (Santos, 2019; SEMAS, 2020). No entanto, com a



utilização da água de forma intensiva e um período inadequado de pousio, ao passar do tempo os níveis de fertilidade do solo diminuem em algumas áreas, até se tornarem improdutivos (Santos, 2019).

De acordo com Lima et al., (2024), ao utilizar dados do MapBiomas para a análise temporal do município de Petrolândia, foi possível observar um crescente aumento das áreas agrícolas em detrimento das áreas naturais, intensificando o surgimento de áreas degradadas. O uso contínuo do solo nas práticas agrícolas também contribui no aumento do surgimento dos processos erosivos, uma vez que a irrigação contínua transporta partículas do solo para novas áreas (Santos et al., 2021).

Desse modo, as áreas com diferentes tipos de cultivo tornam-se mais propícias ao desenvolvimento de diferentes formas erosivas e posteriormente, evoluem para diferentes estágios de desertificação, sendo esse processo influenciado pelos fatores climáticos e a ação antrópica (Poesen et al., 2003).

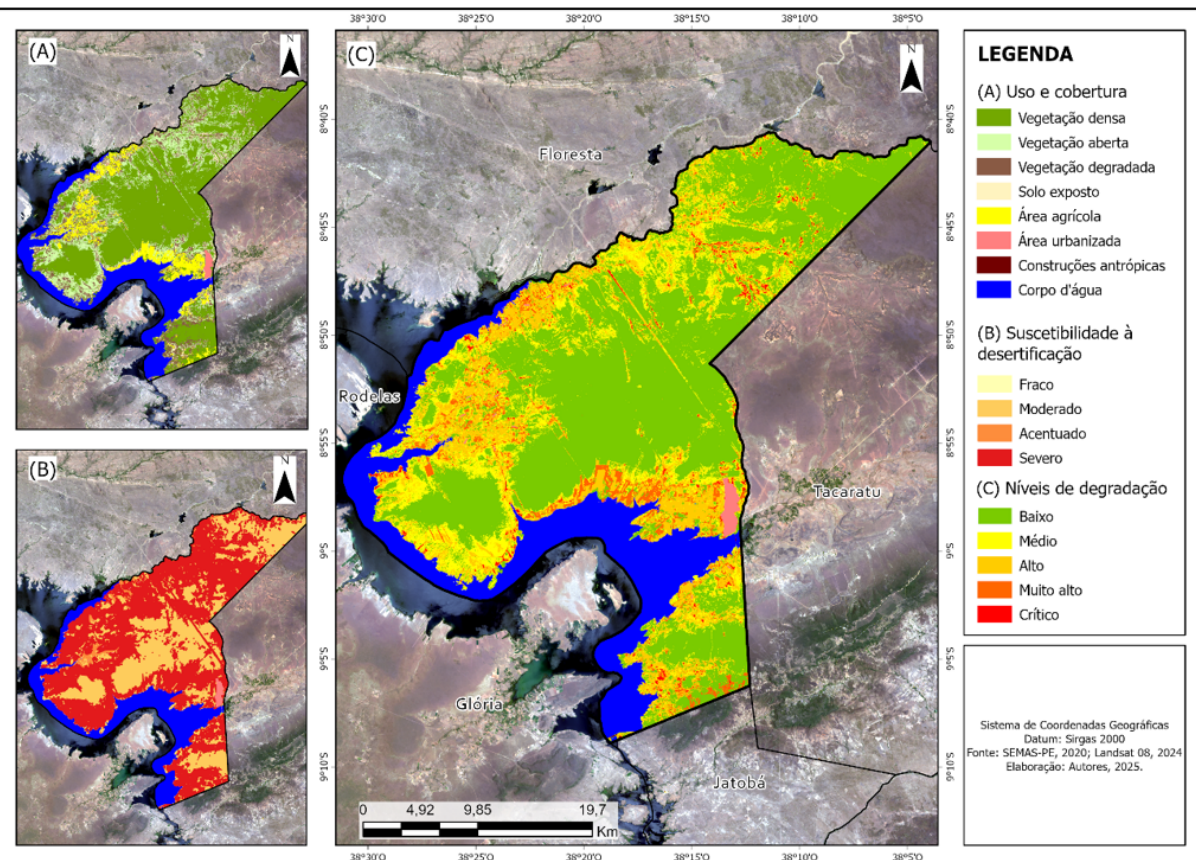
Com isso, de acordo com os dados do SEMAS (2020), na tabela 2, foi possível observar os índices de suscetibilidade à desertificação para o município de Petrolândia – PE. Desse modo, identificou-se que os valores mais elevados no índice são o moderado com 42,68%, e o severo com 38,98% do total da área. O que correspondeu com a dinâmica de interação entre os solos da região e o uso da terra, expondo a vulnerabilidade das populações ao enfrentamento dos processos de degradação.

TABELA 2 – Índice de suscetibilidade a desertificação

ÍNDICES DE SUSCETIBILIDADE	ÁREA (KM ²)	% TOTAL DA ÁREA
fraco	1,56	0,15%
moderado	450,65	42,68%
acentuado	16,76	1,59%
severo	411,54	38,98%
Corpo d'água	175,37	16,61%
TOTAL	1055,89	100,00%

FONTE: SEMAS, 2020.

Além disso, ao realizar o geoprocessamento do uso e cobertura em conjunto com os dados de Suscetibilidade à desertificação, o município de Petrolândia – PE, apresentou diferentes níveis de degradação (Figura 2-C). E as mudanças ao passar dos anos no uso e cobertura influenciam de maneira direta nos diferentes níveis de degradação, uma vez que nas áreas com menor incidência desse processo, são em locais que possuem vegetação de caatinga mais preservada, com níveis baixos de interferência antrópica em relação as demais classes.

FIGURA 2 - Produtos cartográficos do município de Petrolândia – PE

FONTE: Autores, 2025.

Na Figura 2-C, na área categorizada em nível moderado, há maior incidência de áreas agrícolas com a presença de erosão laminar, ou seja, são áreas suscetíveis ao surgimento dos processos erosivos em suas fases iniciais, com as partículas do solo transportadas em maiores quantidades e depositadas em novos locais (Guerra, Silva, Botelho; 2015). Diferente do processo que ocorre nas áreas com nível alto e muito alto de degradação, pois possuem diferentes níveis de evolução da erosão linear, predominando áreas com uso antrópico intensivo, sendo possível identificar a presença erosões lineares em diferentes estágios.

Nas áreas que possuem níveis críticos a degradação, conforme apontados por Veras et al., (2017) e Silva et al., (2024), correspondem a áreas de contato geológico entre a Formação Aliança e os Depósitos Colúvio-eluviais, são locais que possuem o solo mais suscetível aos processos erosivos lineares, e que possuem também materiais geológicos pouco consolidados e diante disso, são mais facilmente intemperizadas.

Silva et al., (2024) evidenciaram os processos erosivos decorrentes da alta pressão antrópica sobre as fragilidades anteriormente apontadas, com áreas que apresentam erosões acentuadas.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises do uso e cobertura no município de Petrolândia – PE, observou-se que a dinâmica socioespacial está relacionada com todas as transformações ambientais que aconteceram ao longo do tempo naquela região. Ademais, a confiabilidade dos dados utilizados permitiu identificar com mais precisão cada área correspondente aos seus diferentes estágios de degradação.

Os elevados níveis de degradação especialmente nas áreas de cultivo, influenciam diretamente os níveis de fertilidade do solo, além de contribuírem ativamente para o desmatamento de novas áreas. Iniciando-se todo o ciclo de produção, perda da fertilidade, abandono do lote, tornando fundamental um olhar mais direcionado da população para os cuidados e manejo com o solo.

Diante disso, os resultados obtidos ressaltam a importância de promover ainda mais estratégias sobre o manejo sustentável, recuperação ambiental, período de pousio, com o intuito de prolongar a base produtiva das áreas de perímetros irrigados da região, garantindo melhores condições de vida à população local.

Agradecimentos:

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento 001, ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Desenvolvimento Socioambiental (PPGSDS), Garanhuns, PE e a Universidade de Pernambuco (UPE), como também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela concessão de bolsa de Pós-Graduação (Processo nº 130427/2024-1) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pela concessão de bolsa de Bolsa de Pós-Graduação (Processo nº IBPG-1178-4.00/24) ao segundo autor.



REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. J. F. **Desafios da agricultura irrigada de base familiar no sistema produtivo de água de coco - Petrolândia, Pernambuco** / Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-graduação em Geografia, Recife, 2017.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações.** - 10º ed. - Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.
- LIMA, M. R. M. ; SILVA, S. W. S. ; LANDO, G. A. ; LIMA, K. C. . Análise temporal do uso e cobertura da terra no perímetro irrigado Icó-Mandantes através de dados do mapbiomas. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro Americano de Geografia Física e Ambiente, 2024, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2024.
- MEDEIROS, M. L.; RAPOSO, D. V. N.; SANTOS, L. C.; FRANCISCO, A. P. B.; TORRES, E. G. A. Petrolândia 30 anos: Análise histórico-cartográfica das mudanças demográficas no perímetro irrigado em Icó-Mandantes (Pernambuco – Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.4, n.1. p. 252-261, 2018.
- PARAHYBA, R. B. V.; ALVAREZ, I. A. Degradação dos solos por sais numa área do vale do Submédio do Rio São Francisco. In: XXIX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas – Guarapari – ES, Brasil, 2010. **Anais...** Guarapari, ES. 2010.
- POESEN, J.; NACHTERGAELE, J.; VERSTRAETEN, G.; VALENTIN, C. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. **Catena**, v. 50, p. 91–133, 2003. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(02\)00143-1](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(02)00143-1).
- SANTOS, C. C. **Transformações das relações rural-urbano desencadeadas por grandes empreendimentos hidrelétricos a partir de Petrolândia - PE** Tese (doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CFCH. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Recife, 2019.
- SANTOS, S. A.; CASTRO, F. C.; SANTOS, A. M.; OLIVEIRA, I. J. Fragilidade ambiental dos solos no semiárido do Estado de Pernambuco: Problemática a luz da erosão e da salinização. In: XIV **Encontro Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia**, 2021. **Anais...** Online, 2021.
- SEMAS. **Zoneamento das áreas suscetíveis à desertificação do estado de Pernambuco.** Recife: SEMAS, 120p. 2020.
- SILVA, S. W. S.; LIMA, M. R. M. ; RAMOS, R. P. S. ; LIMA, K. C. . Potencialidades de imagens de alta resolução na identificação de feições erosivas em perímetros irrigados do semiárido brasileiro. **OLAM-Ciência e tecnologia**, v. 19, p. 154-163, 2024.
- TAVARES, V. C.; ARRUDA, I. R. P.; SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 385-405, jan./abr. 2019.
- VERAS, J. D. D; NEUMANN, V. H. M. L; VALENÇA, L. M. M; OLIVEIRA, S. R. MAPEAMENTO GEOLÓGICO DA PORÇÃO SUDOESTE DA FOLHA AIRI, BACIA DE JATOBÁ, NORDESTE DO BRASIL. **Estudos geológicos** vol.27-2017.



DINÂMICAS DOS RIOS E OMISSÃO HÍDRICA: DESIGUALDADES SOCIOECONÔMICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO MÉDIO CURSO DO PARAÍBA DO SUL

Giselle Ferreira Borges ¹
Neiva Barbalho de Moraes ²
Monara da Silva Santos ³
Andre de Souza Avelar ⁴

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Hídrica, Transformações Territoriais, Vulnerabilidade Ambiental, Sustentabilidade Hídrica.

RESUMO

O Rio Paraíba do Sul, localizado no sudeste do Brasil, é um dos principais cursos d'água da região, fundamental para o abastecimento de água e para a manutenção dos ecossistemas aquáticos. Sua bacia hidrográfica abrange vários municípios que dependem diretamente desse recurso para consumo, agricultura e atividades industriais. No entanto, o rio enfrenta sérios desafios ambientais, agravados pelo uso inadequado do solo, crescimento urbano-rural desordenado e erosão das margens, o que compromete sua sustentabilidade a longo prazo. Compreender as interações entre aspectos socioeconômicos e ambientais, especialmente no médio curso do rio, é essencial, com os impactos da ocupação humana. O presente trabalho mostra que a qualidade da água está relacionada aos níveis de educação, renda das populações e condições de saneamento básico, fatores que podem ser determinantes na preservação ou degradação dos recursos hídricos. O comprometimento desses indicadores intensifica a crise hídrica, e agrava os danos que atingem tanto as comunidades ribeirinhas quanto os ecossistemas. Diante deste cenário, este trabalho analisou a sensibilidade ambiental do Rio Paraíba do Sul no médio curso, correlacionando indicadores socioeconômicos e ambientais para identificar áreas vulneráveis à degradação. A pesquisa utilizou metodologia quantitativa e espacial, combinando trabalho de campo e dados secundários provenientes de fontes como o IBGE e o Instituto Trata Brasil. As análises espaciais dos dados, possibilitaram a visualização das relações entre educação, renda, saneamento e as condições ambientais, assim como suas influências sobre as transformações geossistêmicas no médio curso do rio. A partir dos dados georreferenciados, foram elaborados mapas e gráficos que identificaram áreas críticas em termos de poluição hídrica, degradação do solo e impactos provocados pela expansão urbana-rural. Os resultados apontaram uma forte

1 Professora Doutora da Rede Privada- RJ, giborgesgeouff@gmail.com

2 Professora Doutora da UERJ do Instituto Cap-Uerj, RJ, barbalhomorais@mail.com

3 Mestranda do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - RJ, monarasantos09@gmail.com

4 Professor Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UF, andre.avelar@globocom



correlação entre baixos índices de saneamento básico, elevada desigualdade de renda e a deterioração da qualidade da água no médio curso do Rio Paraíba do Sul. Municípios com infraestrutura precária apresentaram níveis elevados de poluição e degradação ambiental, evidenciando a relação direta entre vulnerabilidade social e fragilidade ambiental. Em contrapartida, áreas com melhores condições socioeconômicas apresentaram melhor qualidade da água e maior capacidade de gestão dos recursos hídricos, embora ainda enfrentem desafios como a poluição dos afluentes e o assoreamento. O crescimento desordenado e a ocupação irregular das margens do rio continuam a intensificar a degradação, promovendo a perda da biodiversidade aquática e comprometendo a qualidade de vida das comunidades ribeirinhas. Assim, a integração entre políticas públicas de saneamento, educação e planejamento urbano torna-se essencial para a preservação dos recursos hídricos e a garantia da sustentabilidade da bacia do Rio Paraíba do Sul.

INTRODUÇÃO

O Rio Paraíba do Sul, localizado na região Sudeste do Brasil, constitui um dos principais cursos d'água da bacia hidrográfica da região, exercendo papel fundamental no abastecimento hídrico, na manutenção dos ecossistemas aquáticos e no suporte às atividades econômicas, como agricultura, indústria e consumo urbano, que dependem diretamente de seus recursos. A bacia hidrográfica, conceito fundamental na Geografia Física, refere-se a uma área territorial delimitada pela topografia onde toda a água da chuva converge para um mesmo ponto de saída, influenciando diretamente os processos ambientais e sociais de seu entorno. Essa bacia abrange diversos municípios, cujas populações e economias são diretamente impactadas pela qualidade e disponibilidade da água. Entretanto, o rio enfrenta inúmeros desafios ambientais decorrentes do uso inadequado do solo, do crescimento urbano-rural desordenado e da erosão das margens, ameaçando sua sustentabilidade e o equilíbrio dos ecossistemas a médio e longo prazo (Lopes e Silva, 2021; Oliveira *et al.*, 2022).

Este contexto torna-se ainda mais crítico no médio curso do Paraíba do Sul, onde a interação complexa entre ocupação humana e fatores naturais, como relevo e clima, vem intensificando processos de degradação ambiental. O conceito de sensibilidade ambiental é essencial para entender como diferentes áreas apresentam graus distintos de resposta às pressões antrópicas, refletindo na capacidade do ambiente de se recuperar das alterações provocadas pelo homem. As transformações na paisagem, como o desmatamento, o assoreamento e a poluição hídrica, são agravadas pela precariedade das condições de saneamento básico e pela desigualdade socioeconômica presente em muitas localidades. Além disso, indicadores sociais como renda e nível educacional das populações revelam-



se estreitamente correlacionados com a qualidade ambiental, demonstrando que as vulnerabilidades sociais repercutem diretamente no comprometimento dos recursos hídricos (Marengo et al., 2020; Freitas e Cunha, 2019).

A partir desse cenário, este trabalho tem por objetivo analisar a sensibilidade ambiental no médio curso do Rio Paraíba do Sul, correlacionando indicadores socioeconômicos e ambientais para identificar áreas mais vulneráveis à degradação e compreender as relações entre esses fatores. A vulnerabilidade socioambiental, conceito que integra a exposição, sensibilidade e capacidade de resposta dos sistemas humanos e naturais a ameaças, é aqui aplicada para compreender como a omissão de políticas públicas eficazes, aliada à desigualdade social e ao crescimento urbano desordenado, impacta a sustentabilidade hídrica da bacia. Compreender esses processos é fundamental para subsidiar ações integradas de gestão territorial e ambiental que promovam a justiça socioambiental e a conservação dos recursos naturais (Ab'Saber, 2005; Ross, 2006; Barbieri, 2017).

Metodologicamente, a pesquisa utilizou uma abordagem quantitativa e espacial, combinando coleta de dados em trabalho de campo e análise de informações secundárias, obtidas de fontes oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e o Instituto Trata Brasil. A aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ferramenta essencial para análise espacial e geoprocessamento, possibilitou a integração dos dados socioeconômicos — como renda, educação e saneamento básico — com variáveis ambientais, tais como qualidade da água, cobertura vegetal e degradação do solo. Por meio da elaboração de mapas temáticos e gráficos, foi possível identificar áreas críticas e compreender as dinâmicas socioambientais presentes no médio curso do rio (Klink e Machado, 2021; Medeiros *et al.*, 2023).

Os resultados evidenciaram uma forte correlação entre baixos índices de saneamento, desigualdade socioeconômica e degradação ambiental. Municípios com infraestrutura precária apresentaram elevados níveis de poluição hídrica e degradação do solo, agravando a vulnerabilidade das comunidades ribeirinhas e dos ecossistemas aquáticos. Por outro lado, regiões com melhores condições socioeconômicas demonstraram maior capacidade de gestão dos recursos hídricos e melhor qualidade da água, embora ainda enfrentem desafios como a poluição dos afluentes e o assoreamento decorrente do crescimento urbano desordenado. A ocupação irregular das margens do rio, associada ao conceito geográfico de uso e cobertura do solo, permanece como fator crítico, promovendo a perda da biodiversidade e comprometendo a qualidade de vida local (Guerra e Silva, 2018; Rodrigues, 2021).

Em síntese, este estudo reforça a necessidade de políticas públicas integradas que articulem saneamento, educação, planejamento urbano e conservação ambiental para



garantir a sustentabilidade da bacia do Rio Paraíba do Sul. A superação da omissão hídrica e a redução das desigualdades socioambientais emergem como caminhos indispensáveis para a proteção dos recursos hídricos e para a promoção de condições justas e equilibradas entre o meio ambiente e as populações dependentes (Brito e Ferreira, 2022; Santos e Silveira, 2001).

METODOLOGIA

Este estudo adotou uma abordagem quantitativa, geoespacial e socioambiental, centrando-se nos municípios que compõem o médio curso da bacia do Rio Paraíba do Sul: Três Rios, Areal, Comendador Levy Gasparian, Petrópolis, Simão Pereira e Juiz de Fora. A metodologia desenvolveu-se em três etapas principais.

Na primeira etapa, realizou-se a coleta e sistematização de dados secundários provenientes de fontes oficiais, tais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Instituto Trata Brasil (2023), Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico / Instituto Estadual do Ambiente (ANA/INEA, 2023), MapBiomias (2022), além de boletins estaduais de vigilância hídrica. Esses dados possibilitaram a construção de um panorama socioambiental abrangente, contemplando informações demográficas, socioeconômicas, ambientais e referentes ao uso e cobertura do solo.

Na segunda etapa, foi realizado um levantamento de campo em 2024, que consistiu no registro fotográfico e georreferenciamento de pontos críticos ao longo do médio curso do rio, incluindo áreas afetadas por erosão, assoreamento, despejo irregular de esgoto e ocupações irregulares nas margens fluviais. Este procedimento seguiu as recomendações metodológicas de Guerra e Cunha (2015) e Berto e Guerra (2020) para avaliações de riscos ambientais, assegurando a validação e complementação dos dados secundários.

A terceira etapa envolveu a análise espacial sobre as variáveis socioeconômicas renda, educação e saneamento básico foram que permite hierarquizar e ponderar fatores diversos, conforme as abordagens teóricas de Tricart (1977) e Christofolletti (1980) relativas à análise da estrutura da paisagem. Tal integração possibilitou a identificação das áreas de maior sensibilidade e vulnerabilidade ambiental no médio curso do Rio Paraíba do Sul, fornecendo subsídios para estratégias de gestão territorial sustentável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada dos dados socioeconômicos e ambientais revelou padrões estruturais de vulnerabilidade socioambiental, corroborando o entendimento multidimensional dos processos de degradação hídrica em bacias hidrográficas urbanizadas. A Fig. 1 sintetiza os indicadores médios dos municípios estudados,



evidenciando disparidades significativas nos níveis de saneamento básico, renda per capita e escolaridade, fatores que influenciam conjuntamente a qualidade dos recursos hídricos e a resiliência ambiental.

FIG. 1 - Indicadores socioeconômicos e ambientais dos municípios do médio curso do Rio Paraíba do Sul (2024).

Município	% Domicílios com Saneamento Básico	Renda Per Capita (R\$)	Taxa de Escolaridade (%)	Índice de Qualidade da Água*	Cobertura Florestal (%)	Declividade Média (%)
Três Rios	68	1.500	82	65	35	15
Areal	55	1.200	76	58	42	20
Comendador Levy Gasparian	45	1.000	70	50	30	18
Petrópolis	75	2.200	90	72	55	25
Simão Pereira	50	1.100	74	54	40	22
Juiz de Fora	80	2.500	92	78	60	12

FONTE: ANA/INEA (2023), adaptado pela autora.

A Fig. 1 evidencia correlação positiva entre a taxa de saneamento básico e o índice de qualidade da água, indicando que investimentos em infraestrutura sanitária estão diretamente associados à melhoria dos parâmetros ambientais aquáticos, conforme Monteiro et al. (2021) e Silva et al. (2022). Municípios com menor renda e saneamento deficitário, como Comendador Levy Gasparian e Areal, apresentaram níveis críticos de poluição hídrica, evidenciados por coliformes termotolerantes e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) acima dos limites estabelecidos pelo CONAMA (2023), refletindo a perpetuação das desigualdades ambientais (SANTOS; ANDRADE, 2020).

A análise espacial via SIG revelou que áreas com declividade acentuada e baixa cobertura vegetal são mais suscetíveis à erosão e assoreamento, principalmente em zonas de expansão urbana desordenada (Fig. 2). Estes resultados dialogam com Guerra e Silva (2018), que ressaltam a importância da vegetação nativa como reguladora dos processos hidrológicos e mitigadora da perda de solo. A supressão da cobertura florestal, sobretudo em encostas, intensifica o escoamento superficial, reduz a infiltração e agrava o transporte de sedimentos para os corpos d'água, comprometendo sua qualidade físico-química.

FIG. 2 - Caracterização das principais feições sócio-geomorfológica-ambiental identificadas no médio curso da Bacia do Paraíba do Sul.



FONTE: Autora.

O uso intensivo de encostas para atividades agrícolas e ocupações informais agrava a fragmentação ambiental e altera o regime hidrológico, fenômenos alinhados às análises clássicas de Ab'Sáber (2005), que discutem a fragilidade ecológica dos domínios morfoclimáticos tropicais sob pressão antrópica não planejada. Esses processos acarretam desequilíbrios ecológicos e perdas expressivas de biodiversidade aquática (GOMES, 2004).

Municípios com melhor estrutura de gestão ambiental, como Juiz de Fora e Petrópolis, apresentaram condições relativamente superiores no monitoramento hídrico e em ações de recuperação ambiental, como revitalização de nascentes e controle da poluição pontual. Entretanto, a pressão da urbanização sobre afluentes secundários, como o Rio Piabanha, evidencia os limites das políticas ambientais atuais, frequentemente marcadas pela falta de articulação interinstitucional e recursos insuficientes (MARQUES; LIMA, 2023).

A omissão hídrica caracterizada pela insuficiência de investimentos contínuos em saneamento e pela fragmentação das políticas públicas nos níveis municipal, estadual e federal configura-se como um dos principais entraves para mitigar os impactos ambien-

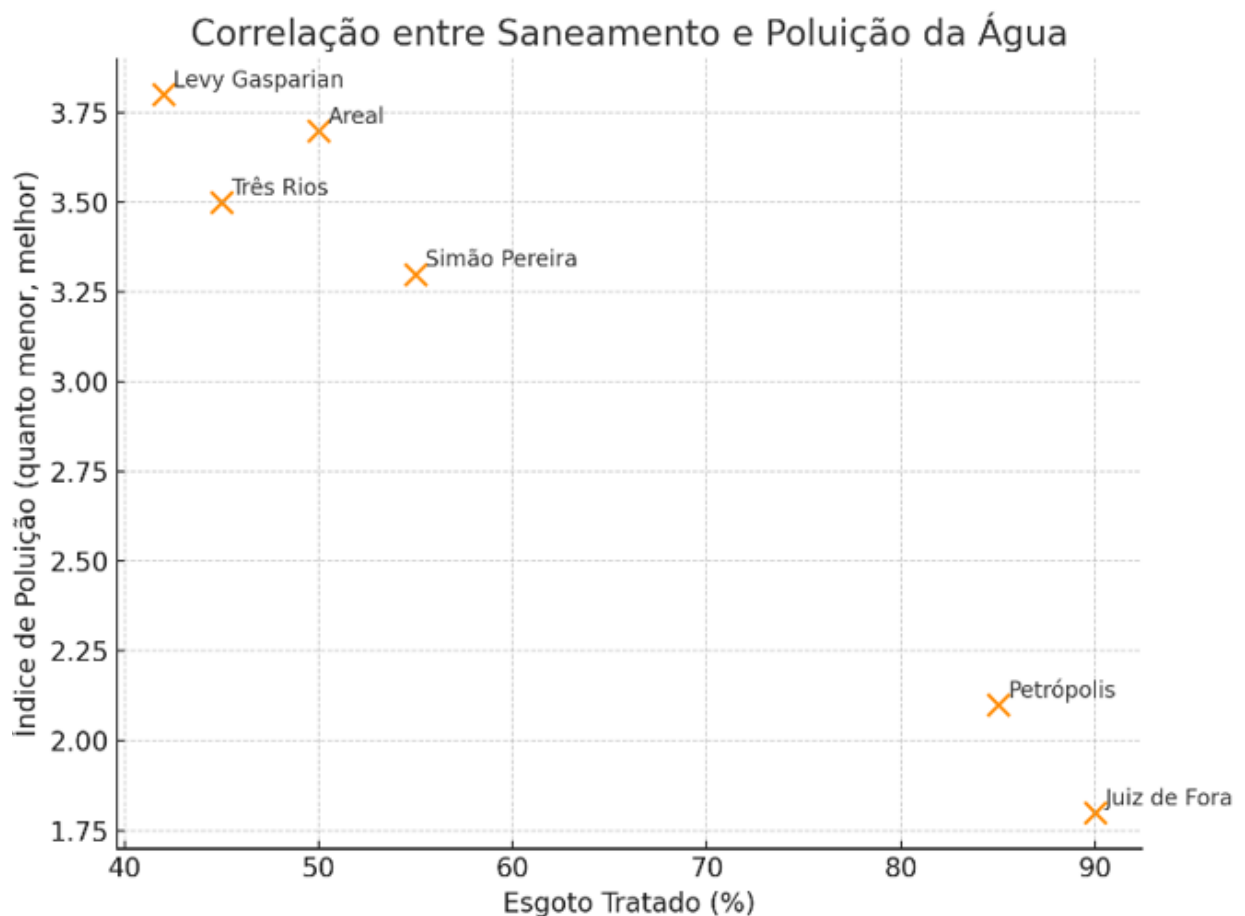


tais na bacia. Brito e Ferreira (2022) ressaltam que a ausência de integração entre planejamento urbano e gestão dos recursos hídricos intensifica a exclusão territorial, reduzindo a eficácia das medidas protetivas e ampliando a vulnerabilidade social e ambiental.

Ao cruzar indicadores socioeconômicos e ambientais, a análise demonstrou que áreas com maior vulnerabilidade social apresentam simultaneamente riscos ambientais elevados, como erosão, contaminação hídrica e perda da biodiversidade, convergindo com as discussões de Becker (2013) sobre a dimensão socioambiental dos conflitos territoriais em regiões estratégicas para conservação ambiental e segurança hídrica.

A Fig. 3 evidencia correlação negativa expressiva entre percentual de esgoto tratado e índice de poluição hídrica nos municípios do médio curso do Rio Paraíba do Sul. Locais como Comendador Levy Gasparian, Três Rios e Areal, com cobertura de esgotamento sanitário inferior a 55%, apresentam elevados níveis de contaminação, especialmente por coliformes termotolerantes e DBO, conforme dados da ANA e INEA (2023). Em contraste, Juiz de Fora e Petrópolis, com cobertura superior a 85%, exibem menores índices de poluição, sugerindo relação direta entre saneamento e qualidade hídrica.

FIG. 3 - Correlação entre percentual de esgoto tratado e índice de poluição hídrica nos municípios do médio curso do Rio Paraíba do Sul.



FONTE: ANA/INEA, 2023; Trata Brasil (2023) e IBGE (2022). Elaboração própria.



Esse padrão confirma a literatura atual, que identifica o saneamento precário como vetor principal da degradação da qualidade da água em áreas urbanas brasileiras. Silva et al. (2022) relacionam deficiência no tratamento de esgoto à intensificação da eutrofização, proliferação de patógenos e deterioração dos ecossistemas aquáticos, principalmente em contextos de urbanização acelerada. Monteiro et al. (2021) e Santos e Andrade (2020) apontam o fortalecimento da infraestrutura sanitária como medida eficaz para mitigar a poluição difusa e reduzir pressões antrópicas sobre recursos hídricos.

Pereira et al. (2024) destacam que a vulnerabilidade da qualidade da água é mais acentuada em municípios com baixa capacidade institucional, fraca articulação intersetorial e ausência de instrumentos de planejamento ambiental, perpetuando exclusão ambiental e degradação hídrica, conforme observado nos municípios com os piores índices.

A visualização gráfica reforça este diagnóstico, mostrando que Juiz de Fora (aprox. 90% de esgoto tratado) e Petrópolis (cerca de 80%) possuem qualidade hídrica superior à de municípios como Comendador Levy Gasparian e Três Rios, que não atingem a média nacional de saneamento, reiterando a centralidade do saneamento básico para a saúde ambiental e a prevenção de impactos difusos.

A insuficiência de sistemas de coleta e tratamento de esgoto resulta no lançamento direto de cargas orgânicas nos corpos d'água, comprometendo padrões ambientais, segurança hídrica e saúde das populações ribeirinhas. Brito e Ferreira (2022) argumentam que a fragilidade da governança ambiental e as restrições orçamentárias dificultam a universalização do saneamento e agravam os passivos ambientais, configurando quadro de injustiça ambiental, em que áreas mais pobres acumulam os maiores impactos.

Do ponto de vista metodológico, o uso de indicadores como coliformes termotolerantes e DBO é prática consolidada para avaliação da qualidade da água em ambientes urbanos e periurbanos (ANA; INEA, 2023), proporcionando diagnóstico preciso da carga orgânica e subsidiando o planejamento ambiental e o monitoramento contínuo.

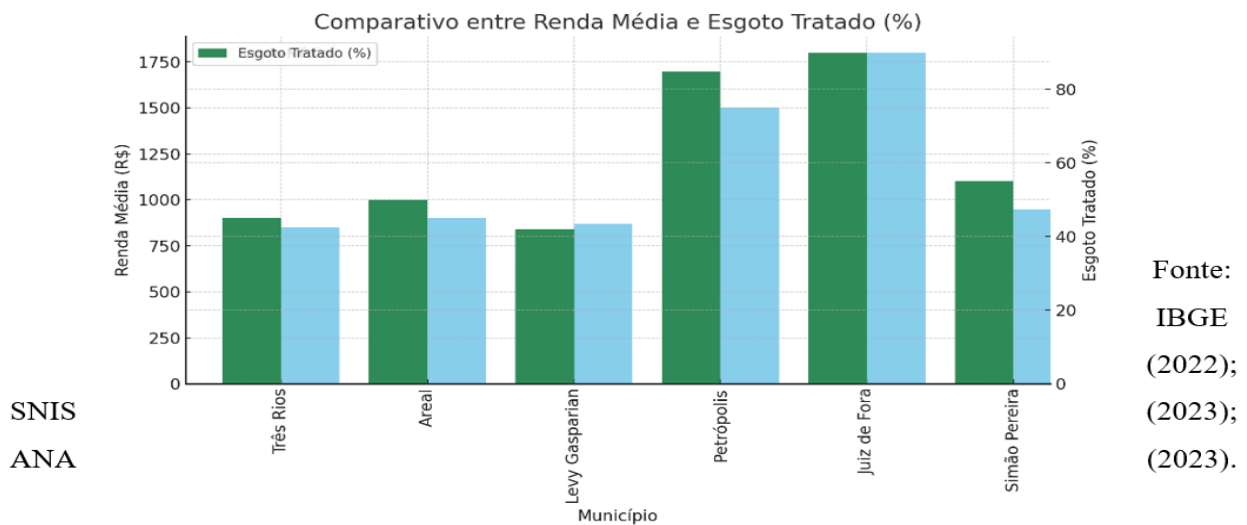
Os resultados enfatizam a necessidade de abordagem integrada entre políticas de saneamento e instrumentos de gestão ambiental e territorial. A articulação entre esferas governamentais, participação social e investimento em infraestrutura e educação ambiental são fundamentais para romper o ciclo de degradação hídrica e promover a resiliência socioambiental. Marques e Lima (2023) apontam a bacia do Rio Paraíba do Sul como exemplo da urgência de políticas públicas sustentadas por dados científicos e princípios de justiça ambiental, visando recuperação hídrica e melhoria da qualidade de vida.

Os dados comparativos entre renda média (em R\$) e percentual de esgoto tratado revela padrões estruturais de desigualdade socioambiental que influenciam diretamente



a infraestrutura urbana e a sustentabilidade regional. Municípios como Petrópolis e Juiz de Fora, com renda média superior a R\$ 1.700, alcançam percentuais de esgoto tratado de 75% e 90%, respectivamente (Fig. 4). Em contrapartida, Três Rios, Areal, Comendador Levy Gasparian e Simão Pereira apresentam rendas inferiores a R\$ 1.000 e cobertura sanitária abaixo de 50%, sugerindo correlação direta entre capacidade econômica e acesso a serviços essenciais.

FIG. 4 - Comparativo entre a renda média (R\$) e o percentual de esgoto tratado (%) nos municípios do médio curso do Rio Paraíba do Sul.



FONTE: IBGE (2022); SNIS (2023); ANA (2023).

Essa relação reforça os apontamentos de Santos et al. (2022), que associam desigualdade socioeconômica à desigualdade territorial na oferta de serviços urbanos, perpetuando ciclos de exclusão social e degradação ambiental com impactos diretos sobre saúde pública e qualidade hídrica em bacias urbanas.

Silva e Almeida (2023) corroboram que investimentos em saneamento tendem a concentrar-se em municípios com maior arrecadação e capacidade institucional, deixando desassistidas populações de menor renda e representação política. Nessas localidades, a ausência de infraestrutura básica expõe mais às doenças hídricas, degradação urbana e sobrecarga dos ecossistemas fluviais.

O caso de Simão Pereira, com renda intermediária mais baixo percentual de esgoto tratado, indica que renda não é único determinante. Fatores institucionais, como eficiência da gestão pública, acesso a financiamentos federais e planos municipais de saneamento influenciam fortemente (FERREIRA et al., 2020; LOPES; MENDONÇA, 2022). Ademais, aspectos geográficos, como relevo acidentado e adensamento irregular, elevam custos de implementação de redes, agravando desigualdades.



Frente a esse quadro, é imperativo adotar abordagem intersetorial integrando planejamento urbano, justiça ambiental e desenvolvimento sustentável. A universalização do saneamento deve ser vista como direito fundamental e vetor estruturante para combater desigualdades regionais, especialmente em bacias críticas como a do Rio Paraíba do Sul. Melo e Rodrigues (2023) destacam que políticas públicas voltadas ao fortalecimento institucional local, aliadas a mecanismos de financiamento sustentável, são indispensáveis para promover equidade ambiental e social.

Em síntese, o gráfico evidencia que desníveis de renda se traduzem em desigualdades concretas no acesso ao saneamento, refletindo a reprodução das assimetrias socioespaciais da urbanização brasileira. Os dados reiteram a urgência de políticas integradas que associem desenvolvimento econômico e justiça ambiental, conforme propõem Pereira et al. (2024), para garantir qualidade de vida e sustentabilidade ecológica nos territórios urbanos periféricos e margens fluviais.

Com base nos resultados apresentados, torna-se evidente que a degradação hídrica no médio curso do Rio Paraíba do Sul está profundamente interligada às condições socioeconômicas dos municípios analisados. As análises demonstram que as desigualdades na oferta de saneamento básico não são apenas reflexo da renda ou da escolaridade, mas também resultado de processos históricos de urbanização desigual, planejamento territorial fragmentado e ausência de políticas públicas integradas. Conforme apontado por Santos e Silveira (2001), a configuração territorial das cidades brasileiras reproduz lógicas de exclusão que se manifestam de forma direta sobre a qualidade ambiental e a saúde das populações mais vulneráveis.

A sobreposição dos indicadores analisados como cobertura florestal, declividade, renda, escolaridade e infraestrutura sanitária revela que os territórios onde múltiplas fragilidades se acumulam são também aqueles onde os impactos ambientais se intensificam, caracterizando zonas críticas de vulnerabilidade socioambiental. Essa convergência de fatores foi destacada por Freitas e Cunha (2019), que afirmam que a injustiça ambiental é fortalecida sempre que há concentração de passivos ambientais em áreas socialmente mais frágeis, sobretudo em bacias hidrográficas urbanizadas.

Além disso, o cruzamento entre a qualidade hídrica e o índice de esgoto tratado expôs como o saneamento básico é um componente estruturante para a saúde ambiental das bacias. A ausência de tratamento adequado de efluentes urbanos implica em impactos sistêmicos para os corpos d'água, afetando diretamente a biodiversidade aquática, o equilíbrio hidrológico e os usos múltiplos da água. Essa constatação reforça



os apontamentos de Klink e Machado (2021), ao enfatizarem que a conservação da biodiversidade e a sustentabilidade ambiental dependem da efetivação de serviços ecossistêmicos assegurados por políticas públicas sólidas e territorialmente integradas.

Portanto, os dados e análises aqui desenvolvidos apontam que estratégias eficazes de enfrentamento à degradação hídrica devem necessariamente partir de uma visão integrada e intersetorial, que considere tanto os aspectos físicos e ecológicos quanto as variáveis socioeconômicas e institucionais. A abordagem adotada neste estudo contribui para o reconhecimento da bacia do Rio Paraíba do Sul como território vulnerável e estratégico, onde a promoção da equidade socioambiental deve ser orientada por políticas de saneamento universal, requalificação urbana, conservação ambiental e fortalecimento da gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos.

Em última instância, os resultados reforçam a necessidade de um novo pacto federativo para a gestão hídrica, que reconheça a complexidade dos desafios locais, promova a cooperação entre os entes públicos e garanta financiamento contínuo para ações estruturantes e educativas. Apenas com essa articulação será possível transformar as paisagens degradadas em espaços de resiliência, segurança hídrica e justiça ambiental para as populações que habitam e dependem dos rios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo demonstrou que a dinâmica fluvial no médio curso do Rio Paraíba do Sul está intrinsecamente condicionada pela omissão hídrica e pelas desigualdades socioeconômicas locais. A degradação ambiental ocorre de forma heterogênea, concentrando-se em áreas marcadas pela precariedade da infraestrutura urbana, supressão da cobertura vegetal e insuficiência das políticas públicas para universalização do saneamento.

A ausência de planejamento ambiental integrado, que articule conhecimento científico e realidade socioespacial das populações ribeirinhas, potencializa vulnerabilidade ecológica e compromete a qualidade de vida dessas comunidades. Assim, torna-se imprescindível implementar ações articuladas que envolvam educação ambiental, universalização do saneamento e controle rigoroso da ocupação do solo para mitigar os processos de degradação.

Além disso, o uso de geotecnologias, especialmente os SIG, mostrou-se fundamental para identificar áreas críticas e orientar políticas públicas mais equitativas e coerentes territorialmente. O desafio permanece em garantir o direito à água e a preservação dos ecossistemas fluviais, de modo que esses direitos transcendam privilégios e se consolidem como garantias universais.



REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005.
- ANA. Agência Nacional de Águas; INEA. Instituto Estadual do Ambiente. Relatório anual de qualidade da água no estado do Rio de Janeiro, 2023.
- BARBIERI, Antônio Flávio. Geografia Física: uma introdução à análise do meio natural. São Paulo: Contexto, 2017.
- BECKER, Bertha K. Conflitos territoriais, exclusão social e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados, São Paulo, v. 27, n. 78, p. 25-40, 2013.
- BRITO, E. F.; FERREIRA, M. E. Omissão hídrica e gestão territorial: desafios para o desenvolvimento sustentável. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, n. 3, p. 210-225, 2022.
- BRITO, M. L.; FERREIRA, J. A. Fragmentação institucional e governança hídrica: barreiras à integração na gestão das bacias hidrográficas brasileiras. Cadernos de Geografia, v. 42, n. 74, p. 256-273, 2022.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, 2023.
- COSTA, L. F.; SOUZA, R. P.; MARTINS, D. S. Impactos do saneamento básico na saúde pública: uma análise multidisciplinar. Revista Brasileira de Saúde Ambiental, v. 16, n. 3, p. 245-259, 2021.
- FERREIRA, J. A.; LIMA, M. S.; ANDRADE, P. M. Governança e provisão de saneamento básico em municípios brasileiros: desafios e perspectivas. Revista de Políticas Públicas, v. 14, n. 1, p. 65-82, 2020.
- FREITAS, S. R.; CUNHA, C. J. Desigualdades socioambientais e gestão de recursos hídricos: um estudo na bacia do Rio Paraíba do Sul. Revista de Estudos Ambientais, v. 12, n. 2, p. 98-115, 2019.
- GOMES, M. L. Desenvolvimento e sustentabilidade: dilemas da conservação ambiental em áreas urbanas. Cadernos de Geografia, v. 24, n. 43, p. 65-78, 2004.
- GUERRA, J. B.; SILVA, M. A. Degradação ambiental e uso do solo no alto curso do Rio Paraíba do Sul. Geografia: Ensino e Pesquisa, v. 24, n. 1, p. 45-60, 2018.
- GUERRA, J. B.; SILVA, F. R. Vegetação e processos hidrológicos: impactos da supressão florestal em áreas urbanizadas. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 11, n. 4, p. 789-804, 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.
- KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservação da biodiversidade no Brasil: princípios e desafios. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2021.
- LOPES, F. G.; SILVA, L. R. Impactos do crescimento urbano na qualidade da água em bacias hidrográficas brasileiras. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 26, n. 4, e25, 2021.
- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; SOARES, W. R. Vulnerabilidades ambientais no contexto do Sudeste brasileiro. Climatologia e Meio Ambiente, v. 5, n. 1, p. 33-49, 2020.
- MARQUES, T. R.; LIMA, A. P. Desafios da gestão integrada dos recursos hídricos em regiões metropolitanas: o caso da bacia do Rio Paraíba do Sul. Revista de Gestão Ambiental, v. 18, n. 2, p. 115-134, 2023.
- MEDEIROS, F. J.; CARDOSO, F. L.; SANTOS, M. V. Análise espacial integrada para gestão ambiental de bacias hidrográficas. Geotecnologias em Foco, v. 10, n. 1, p. 12-29, 2023.
- MELO, T. R.; RODRIGUES, A. F. Universalização do saneamento básico no Brasil: uma revisão crítica das políticas públicas recentes. Cadernos de Gestão Ambiental, v. 19, n. 2, p. 102-118, 2023.
- MONTEIRO, C. A.; et al. Saneamento básico e qualidade da água em bacias urbanas: um estudo integrado no Sudeste brasileiro. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 26, e22, 2021.
- OLIVEIRA, A. C.; FERNANDES, D. A.; SILVA, P. R. Dinâmica do uso do solo e sua relação com a qualidade dos recursos hídricos. Cadernos de Geografia, v. 31, n. 2, p. 150-170, 2022.



PEREIRA, V. R.; SANTOS, F. H.; ALMEIDA, J. C. Desenvolvimento socioeconômico e vulnerabilidade ambiental nas bacias hidrográficas urbanas. *Revista de Geografia e Meio Ambiente*, v. 29, n. 1, p. 33-50, 2024.

RODRIGUES, T. F. Políticas públicas e saneamento básico: desafios no contexto da bacia do Rio Paraíba do Sul. *Revista Gestão e Desenvolvimento*, v. 17, n. 3, p. 75-90, 2021.

SANTOS, G. L.; OLIVEIRA, C. M.; BARBOSA, L. F. Desigualdade socioeconômica e infraestrutura urbana: o caso do saneamento básico no Brasil. *Geografia e Desenvolvimento*, v. 17, n. 2, p. 112-130, 2022.

SANTOS, M.; ANDRADE, L. Desigualdades socioambientais e acesso à água: uma análise crítica do saneamento no Brasil. *Revista Ambiente e Sociedade*, v. 23, e0121, 2020.

SANTOS, M.; SILVEIRA, C. Território e recursos hídricos: análise geográfica para a gestão ambiental. *Cadernos de Geografia*, v. 19, n. 30, p. 67-86, 2001.

SILVA, E. A.; ALMEIDA, R. S. Desigualdades no acesso ao saneamento básico e seus impactos ambientais. *Revista de Ciências Ambientais*, v. 28, n. 4, p. 199-215, 2023.

SILVA, R. F.; et al. Impactos socioambientais da ausência de saneamento básico na contaminação de águas superficiais: um estudo de caso. *Ambiente & Sociedade*, v. 25, e0234, 2022.

SNIS. Serviço Nacional de Informações sobre Saneamento. Relatório Anual de Saneamento Básico 2023. Brasília: SNIS, 2023.

TRATA BRASIL. Indicadores do saneamento básico no Brasil, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br>. Acesso em: 26 jul. 2025.



MAPEAMENTO DOS GRUPOS PAISAGÍSTICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO UNIÃO-PERNAMBUCO

Renilson Pinto da Silva Ramos ¹
Fernando da Silva Alexandre ²
Gabriel Alan de Sousa Soares ³
João Victor Teixeira de Melo ⁴
Adriani Cavalcante Azevedo ⁵
Gabriella Falcão de Oliveira ⁶
Lyvia Ramos Souza ⁷
Daniel Dantas Moreira Gomes ⁸
Lidriana de Souza Pinheiro ⁹

PALAVRAS-CHAVE: Geossistemas, Grupos Paisagísticos, Geotecnologias, Planejamento Ambiental, Bacia Hidrográfica.

RESUMO

Este trabalho realiza uma análise integrada da Bacia Hidrográfica do Rio União, localizada no litoral sul do estado de Pernambuco, entre as latitudes 8°36' e 8°50' S e longitudes 35°03' e 36°18' O, com uma área total de 325 km². A bacia compreende os municípios de Barreiros, Rio Formoso, Sirinhaém e Tamandaré, cujas populações variam entre 20 mil e 40 mil habitantes, apresentando Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) entre 0,586 e 0,613. Fundamentado na Teoria dos Geossistemas e adotando uma abordagem sistêmica, o estudo busca compreender a paisagem a partir da interação entre elementos físico-naturais e antrópicos. A metodologia de classificação paisagística baseia-se nos trabalhos de Cavalcanti (2013) e Cavalcanti e Corrêa (2014), por meio do cruzamento entre os componentes dos “sítios” (relevo, litologia, substrato rochoso e drenagem) e dos “estados” (solos e cobertura vegetal), permitindo uma representação espacial detalhada da paisagem. Os dados utilizados na pesquisa foram obtidos a partir de fontes como CPRM, Embrapa, MapBiomas, IBGE, SRTM e Landsat 8 (2020), sendo tratados em ambiente de geoprocessamento nos softwares QGIS 3.0 e ArcGIS 10.4.1. A geodiversidade da bacia é significativa, composta por formações como a Suíte Intrusiva Itaporanga – Plúton Sem Denominação (Neoproterozóico III), depósitos flúvio-

- ¹ Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Federal do Ceará-UFC, renilsonramos@alu.ufc.br
- ² Doutorando pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, fnando257@gmail.com
- ³ Mestrando do Curso de Saúde e Desenvolvimento Socioambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, gabriel.alan@upe.br
- ⁴ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estácio, coautor3@email.com
- ⁵ Graduada do Curso de Geografia da Universidade de Pernambuco-UPE, adrianiazevedo21@gmail.com
- ⁶ Doutoranda do Curso de Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade de Pernambuco - UPE, gabriela.falcao@upe.br
- ⁷ Graduada do Curso de Geografia da Universidade de Pernambuco-UPE, rsouza.lyvia@gmail.com
- ⁸ Professor orientador: Doutor em Geologia, Universidade de Pernambuco - UPE, Daniel.gomes@upe.br
- ⁹ Professor orientador: Doutora em Oceanografia, Universidade Federal do Ceará - UFC, lidriana@ufc.br



marinhos do Pleistoceno, o Grupo Barreiras (Terciário), as Formações Algodais e Cabo (Cretáceo), e o Complexo Cabrobó (Mesoproterozoico). O relevo foi classificado em oito unidades morfológicas, com destaque para a Dissecação Homogênea Convexa e a Rampa de Colúvio. Os solos predominantes são os Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos e Gleissolos Háplicos, que influenciam os processos erosivos e o uso agrícola. O uso da terra mostra um predomínio agropecuário, com 123 km², sendo 67 km² de cana-de-açúcar e 49 km² de pastagens, além de 48 km² de remanescentes de Mata Atlântica e 16 km² de manguezais. Foram identificados cinco grupos paisagísticos principais: Cs, Fa; Cs, Ff; Cs, Fgl; Ll, Ff; e Ll, Fgl, variando conforme relevo, vegetação e intensidade de uso antrópico. As áreas Cs, com encostas íngremes, sofrem mais com erosão, enquanto áreas Ll, planas e com drenagem deficiente, requerem atenção especial à conservação hídrica. O estudo demonstra a importância das geotecnologias no planejamento ambiental e no ordenamento territorial sustentável da região.

INTRODUÇÃO

A visão holística da Geografia sobre os elementos que compõem a paisagem, aliada à compreensão das conexões entre os sistemas naturais que integram a Terra, permite um enfoque integrado da ciência geográfica. Após diversos momentos de revisão crítica e metodológica, a Geografia passou a incorporar abordagens que possibilitam estudar a paisagem como um sistema dinâmico, complexo e interdependente. Junto a essas abordagens, o avanço das tecnologias aplicadas à análise espacial transformou a Geografia em uma ciência aplicada, voltada à interpretação, gestão e transformação do território.

No estudo da Geografia Física contemporânea, compreender a forma como os dados são obtidos e analisados tornou-se essencial para alcançar leituras mais precisas sobre os processos que ocorrem na superfície terrestre. Essa compreensão exige não apenas o domínio técnico dos procedimentos, mas também a capacidade de contextualizar e discutir os resultados de modo a gerar conhecimentos aplicáveis, voltados ao planejamento ambiental e ao ordenamento territorial. Dada a dificuldade de se realizar observações constantes em campo, especialmente em regiões extensas ou de difícil acesso, o uso de geotecnologias tem crescido como solução para monitoramento e diagnóstico ambiental.

Nos últimos anos, a preocupação com o uso dos recursos naturais e os impactos causados por práticas inadequadas vem ganhando destaque nas agendas públicas e acadêmicas. Essa preocupação envolve, sobretudo, a busca por instrumentos que tornem mais eficientes o uso, a conservação e o manejo sustentável das paisagens e seus recursos. As bacias hidrográficas, por sua estrutura sistêmica e conectada, são unidades privilegiadas para análises ambientais, pois permitem observar a relação entre os processos naturais e as pressões antrópicas.



A Bacia Hidrográfica do Rio União, situada no litoral sul de Pernambuco, é um exemplo representativo de território sujeito a diversas pressões ambientais. Composta por municípios que apresentam características socioeconômicas sensíveis, a bacia enfrenta desafios relacionados ao desmatamento, à expansão agropecuária, à erosão dos solos e à alteração do regime hidrológico. A atuação humana sobre o relevo, a vegetação e os recursos hídricos têm provocado mudanças significativas na dinâmica da paisagem e na estabilidade dos sistemas naturais presentes na região.

Nesse contexto, o uso de técnicas como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite uma abordagem integrada dos elementos que compõem a paisagem da bacia, oferecendo dados fundamentais para compreender sua estrutura, dinâmica e vulnerabilidade. A análise dos grupos paisagísticos, a partir da relação entre compartimentos geomorfológicos e tipos de cobertura vegetal e solo, possibilita identificar áreas mais sensíveis, bem como aquelas com maior potencial de uso sustentável.

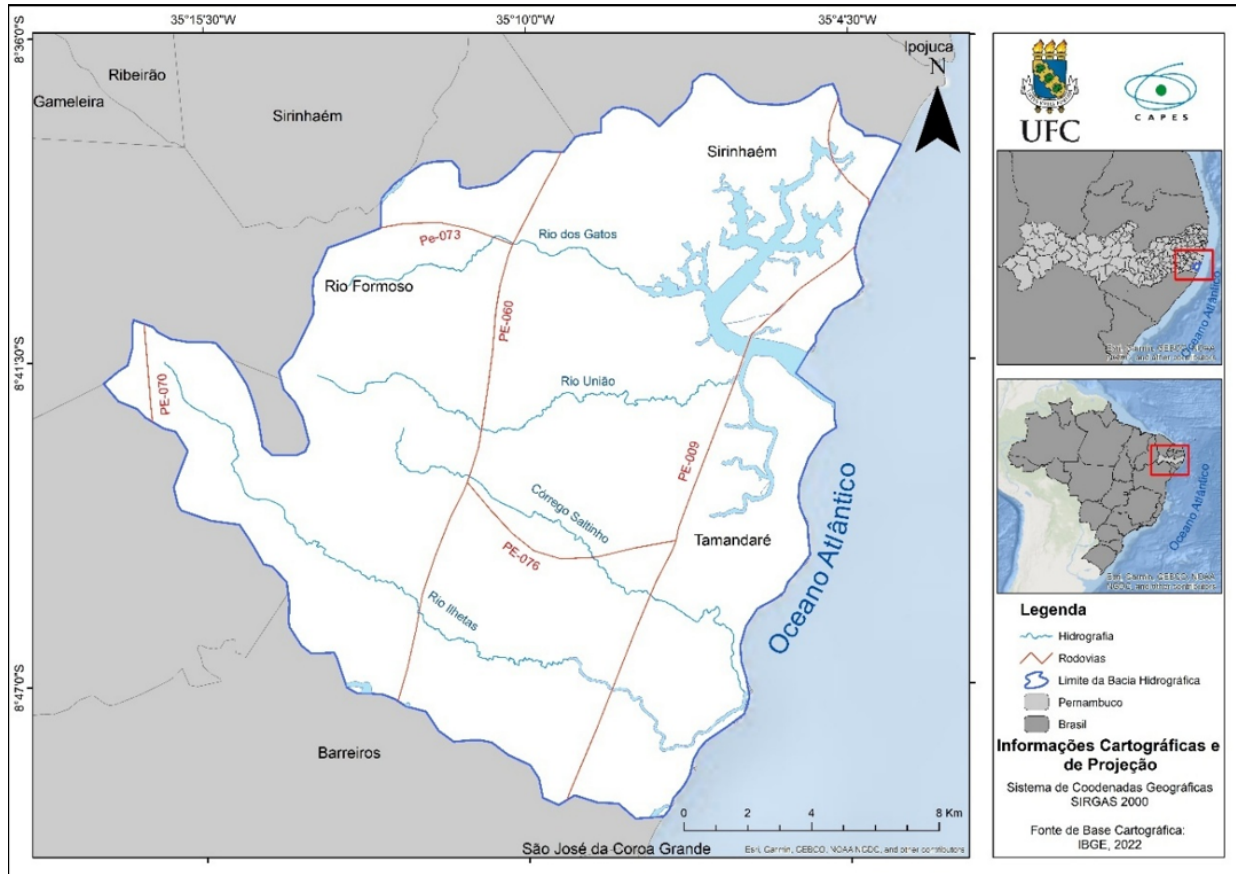
Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo realizar o mapeamento e a análise integrada dos grupos paisagísticos da Bacia Hidrográfica do Rio União, em Pernambuco, com base no cruzamento de dados físico-naturais e antrópicos em ambiente SIG, a fim de subsidiar ações de planejamento ambiental e ordenamento territorial sustentável.

Localização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio União está localizada no litoral sul do estado de Pernambuco, entre as latitudes 8°36' e 8°50' sul e as longitudes 35°03' e 36°18' oeste (Figura 1), totalizando uma área de aproximadamente 325 km². Essa bacia está inserida em uma região de expressiva importância ecológica, social e econômica, sendo caracterizada por ambientes costeiros, fluviais e de transição entre a Zona da Mata e o litoral pernambucano.



FIGURA 1 – Mapa de Localização da Bacia Hidrográfica do Rio União.



FONTE: Elaborado por autores, 2015.

Dentro do perímetro da bacia, estão inseridos quatro municípios: Barreiros, Rio Formoso, Sirinhaém e Tamandaré. Essas cidades apresentam populações que variam entre 20 mil e 40 mil habitantes e possuem Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) que oscilam entre 0,586 e 0,613, revelando realidades socioeconômicas medianas e contextos que demandam atenção especial quanto à gestão ambiental e ao uso do território.

A inserção da bacia em uma área de forte presença humana, com significativa atividade agropecuária e expansão urbana, confere a esse território uma dinâmica ambiental complexa. A diversidade de formas de relevo, tipos de solo, cobertura vegetal e uso da terra demanda estudos que considerem os impactos das atividades antrópicas sobre os processos naturais, sobretudo em relação à erosão, à drenagem e à degradação dos recursos naturais. Nesse contexto, o mapeamento e a análise integrada da paisagem tornam-se ferramentas fundamentais para subsidiar estratégias de planejamento territorial sustentável e conservação ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio União



MATERIAIS E MÉTODOS

LEVANTAMENTO DE DADOS E ELABORAÇÃO DO BANCO DE DADOS

Para o desenvolvimento da pesquisa voltada ao mapeamento dos grupos paisagísticos da Bacia Hidrográfica do Rio União, foi necessário reunir dados a partir de diversas bases cartográficas e temáticas relacionadas à estrutura litológica e à classificação dos solos da área de estudo. Os dados geológicos e pedológicos foram obtidos junto à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), respectivamente.

Para a delimitação da bacia, análise da morfometria e elaboração das cartas de hipsometria e declividade, foram utilizados Modelos Digitais de Elevação (MDEs) provenientes da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizados por meio do projeto TOPODATA, vinculado à National Aeronautics and Space Administration (NASA).

Adicionalmente, foram utilizadas imagens multiespectrais provenientes do sensor OLI a bordo do satélite Landsat 8, com recorte temporal do ano de 2020, com o objetivo de gerar o mapa de densidade de vegetação. Todos os dados foram integrados e processados em ambiente de geoprocessamento utilizando o software livre QGIS 3.0. Após os procedimentos de aquisição, os dados foram organizados em um banco de dados geográficos, visando facilitar sua manipulação, análise e interpretação ao longo da pesquisa.

Para o mapeamento do uso e cobertura da terra, foram utilizados os dados do Projeto MapBiomas, considerando o ano de 2020 como recorte temporal, por ser a base mais recente disponível até o momento. A classificação foi feita com base na legenda oficial do projeto, utilizando os códigos temáticos e padrões cromáticos atribuídos às classes de uso do solo, os quais foram aplicados diretamente aos dados matriciais.

TRATAMENTO DE DADOS

Os dados adquiridos passaram por procedimentos de tratamento para garantir sua qualidade e compatibilidade. As imagens multiespectrais foram submetidas à correção atmosférica no software SPRING, com aplicação da técnica de subtração de pontos escuros. Para todos os dados cartográficos, foram aplicadas correções geométricas e padronização para o sistema de coordenadas UTM, fuso 25S, com o Datum SIRGAS 2000.



MAPEAMENTO DOS GRUPOS PAISAGÍSTICOS

A delimitação dos grupos paisagísticos da Bacia Hidrográfica do Rio União seguiu a proposta metodológica de Cavalcanti (2013) e Cavalcanti e Corrêa (2014), que prevê o cruzamento entre os elementos classificados como “sítios” e “estados”. Para isso, foram inicialmente gerados arquivos vetoriais a partir dos dados físicos da área (Quadro 1).

A definição dos sítios levou em consideração os elementos físico-naturais relacionados à drenagem, formas de relevo e características do substrato rochoso. Para isso, foram utilizadas as cartas vetoriais de litologia fornecidas pela CPRM e os dados do MDE-SRTM convertidos para formato vetorial. Posteriormente, os dados foram reclassificados com base em seis elementos fundamentais para a diferenciação das unidades da paisagem: formas do relevo, características litológicas, origem do substrato rochoso, tipo de drenagem, migração geoquímica e rocha matriz.

Com o suporte das ferramentas de geoprocessamento em ambiente SIG, foi possível integrar os dados e delimitar os sítios paisagísticos, conforme a classificação proposta na literatura. Em seguida, cada sítio foi subdividido com base nos estados, definidos pela combinação de solos e cobertura vegetal, permitindo uma tipologia mais precisa da paisagem e a geração dos grupos paisagísticos que compõem a bacia.

QUADRO 1 - Grupos Paisagísticos.

RELEVO	Rocha				Sedimento				Orgâni.
	Cristalino		Sedimentar		Arenoso a Franco Arenoso		Médio a Argiloso		
	Ácid.	Básic.	Carbonát.	Terríg.	C/casc. c.	S/ casc.	C/casc.	S/casc.	
Formas positivas ($\Delta h > 5m$) drenadas	S	M	C	T	Kfg	Kf	G	KL	-
Encostas muito Íngremes e escarpas drenadas	Cs	Cm	Cc	Ct	Cfg	Cf	Cg	Cl	-
Cânions e Vales Íngremes com umedecimento variável	Vs	Vm	Vc	Vt	Vfg	Vf	Vg	Vl	-



Planícies de Inundação com umedecimento variável	-	-	-	-	-	Af	-	-	Ab
Relevos planos ou suavemente ondulados ($\Delta h < 5m$) drenados	Ps	Pm	Pc	Pt	Pfg	Pf	Pg	Pl	-
Relevo plano pantanoso ou com estagnação de água, ainda que periódica	Ls	Lm	Lc	Lt	Lfg	Lf	Lg	Ll	B

FONTE: Elaborado por autores, 2025.

DELIMITAÇÃO DOS ESTADOS PAISAGÍSTICOS

A delimitação dos estados paisagísticos da Bacia Hidrográfica do Rio União baseou-se em dois conjuntos principais de dados: os tipos de solos e as coberturas vegetais. Para a caracterização dos solos, foram utilizados os dados vetoriais disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), já compatíveis com o sistema de referência adotado na pesquisa. Esses dados permitiram identificar as classes predominantes de solos na bacia, como Latossolos Amarelos, Argissolos Amarelos e Gleissolos Háplicos, que exercem forte influência sobre a dinâmica erosiva e a aptidão agrícola da região.

Quanto à cobertura vegetal, esta foi mapeada por meio do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), utilizando dados multiespectrais obtidos do sensor OLI, a bordo do satélite Landsat 8, referente ao ano de 2025. Inicialmente em formato matricial, os dados do NDVI foram processados, classificados segundo faixas de densidade de vegetação e, posteriormente, convertidos em arquivos vetoriais para integração ao banco de dados geoespacial.

A partir do cruzamento entre os dados de solos e os de vegetação, foi possível estabelecer os estados da paisagem em consonância com os limites espaciais previamente definidos pelos sítios. A delimitação dos estados respeitou essa subdivisão territorial, possibilitando uma tipologia espacial refinada e integrando os componentes físico-naturais da paisagem.



Além dos níveis de densidade vegetal obtidos pelo NDVI, também foram consideradas as tipologias de vegetação predominantes na área da bacia. Para fins de classificação e padronização cartográfica, foram adotadas as seguintes nomenclaturas: T para áreas de Caatinga, M para Mata Atlântica, S para formações de Cerrado e A para vegetação de origem antrópica. Essa padronização permitiu representar com maior clareza a diversidade de formações vegetais e seus diferentes graus de conservação ou modificação.

A combinação entre os estados e os sítios resultou na definição dos grupos paisagísticos, possibilitando uma análise integrada da estrutura, dinâmica e vulnerabilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio União.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

BREVE FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA: SISTEMAS AMBIENTAIS

A palavra “sistema” corresponde por significado a um conjunto de fatores que, unidos às relações interdependentes que existem dentro deste conjunto, realizam trocas entre partes que lhe provirem forma. A nomenclatura “sistema” também foi utilizada pela ciência em diversos momentos e em diferentes áreas do conhecimento, como é o caso da física, que a utilizou para descrever sistemas planetários. É apenas nos anos 1930, entretanto – em estudos na Biologia – que essa palavra ganha um escopo conceitual e metodológico, passando então a possuir um maior rigor técnico e científico em sua definição (CHRISTOFOLETTI, 1999; AMADOR, 2008; PREISE et al., 2018; ASSCHE et al., 2019).

Na Geografia, houve diferentes contribuições vindas de vários geógrafos para uma análise que tinha em vista a integração. Na corrente de pensamento russo do Geossistema, se destaca Sochava (1977) e suas ideias baseadas numa classificação da paisagem por meio da homogeneização dos processos que ditam a dinâmica de uma localidade. Bertrand (1971) desenvolveu seu estudo sobre a temática na França e levou em consideração o estudo dos sistemas ambientais por tamanhos de escala da paisagem; Monteiro (2000) realizou estudos no Brasil acerca de sua análise integradora dos Geossistemas e Christofolletti (1999) procedeu à pesquisa em torno dos sistemas ambientais físicos. Esses diferentes pesquisadores possibilitaram uma forma do estudo da paisagem, fornecendo um ideal de maior integração dos elementos que a forma, considerando fatores abióticos, bióticos e, também, os antrópicos.

Acerca da tipologia dos sistemas ambientais, pode-se discutir o que/quais são isolados ou não-isolados, estes últimos subclassificados em mais dois tipos: os fechados e os abertos. Os sistemas isolados representam o tipo de sistemas que não têm relações com sistemas exteriores, mas apenas dele para com ele mesmo. Os sistemas não-isolados são os que mantêm relação com todos os outros sistemas; os não-isolados fechados



permitem apenas a troca de energia, mas não a de matéria, permitindo assim apenas uma entrada e saída parcial desse sistema, enquanto que os sistemas não-isolados abertos permitem troca de matéria e energia com os sistemas ao seu redor (CHRISTOFOLETTI, 1999; CHRISTOFOLETTI, 2004; FEIL; SCHREIBER; TUNDISI, 2015).

A maioria dos sistemas ambientais, assim como os sociais, são classificados como não-isolados abertos. Para melhor entender essa interconexão entre cada um dos elementos, seria necessário levar em conta os processos de troca de matéria e energia que os formam, sendo considerado o equilíbrio fluente como forma de estabelecer uma estabilidade ao sistema. Além do equilíbrio fluente, um sistema possui outras fases em seu funcionamento como: (I) a retroalimentação, que tem seu resultado a partir de uma casualidade; (II) a homeostase, que serve como processo que mantém o funcionamento do sistema; (III) o isomorfismo, que tem ligação direta com os princípios gerais que formam um sistema dentro da escala de abordagem; (IV) a sinergia, que é a capacidade de acumulação de energia por parte do sistema (SILVA; PEREZ FILHO, 2007; EICHENBERG; SILVA, 2015).

Essa abordagem sistêmica, levando em consideração diversos elementos para uma análise integradora, possibilitando assim subsídios para um melhor planejamento que leve à apropriação de um espaço. A análise ecodinâmica da paisagem a partir da interdependência e inter-relação entre seus elementos possibilita uma análise integrada a partir de uma visão sistêmica, por assim dizer dinâmica, diferentemente da formulação de um inventário, que seria estática. O estudo da paisagem a partir dessa visão favorece a possibilidade de se definir, a partir de uma grande quantia de variáveis com fatores tanto físico-naturais quanto humanos, áreas com estabilidade, áreas intermediárias e áreas com forte instabilidade ambiental (TRICART, 1977; CHRISTOFOLETTI, 1999; MONTEIRO, 2000; AMADOR, 2008; ALMEIDA et al., 2018).

Considerando as discussões em torno dos sistemas ambientais como parte da análise da paisagem, essa categoria de análise espacial-geográfica pode ser discutida quando se trata de áreas com processos avançados de erosão. Tais fenômenos podem ser considerados, segundo Carneiro (2014), como paisagens degradadas, considerando a paisagem vista como área de interação entre elementos humanos, físico-naturais e biológicos.

A partir dessas afirmações é possível dizer que a construção de sistemas pode ser definida por mensurações de transporte de matéria e energia, conseqüentemente isso possibilita que modelos propostos para uma organização espacial sejam criados. Depreende-se também a possibilidade de trazer generalizações que por sua vez podem ser analisadas de acordo com o embate entre as definições constatadas em gabinete com a realidade analisada, analisando assim as interações humanas e seu contato com as atividades dos fenômenos físico-naturais (BRANDÃO, 2012; LI et al., 2017).



Parte das atividades que os seres humanos desenvolvem ao longo de sua evolução técnico-científica ajudaram a ocasionar danos ao meio ambiente, fazendo com que assim existam danos para os recursos hídricos, os solos, a vegetação e demais partes de um grande e complexo sistema ambiental. Uma vez que esses sistemas ambientais são mantidos em funcionamento no que é chamado de equilíbrio dinâmico, uma mudança em apenas um de seus elementos altera todo o funcionamento da interação desses processos, ocasionando assim o que pode ser descrito como um desequilíbrio ambiental (AMADOR, 2008; GRILO; ENAMI, 2008; FIERZ, 2015; LEMOS; SOUZA; DINIZ, 2020).

Tendo em consideração a complexidade dos sistemas ambientais, torna-se importante salientar que diversos estudos apontam o fato da erosão do solo poder ocasionar diferentes danos a um sistema ambiental. Esses danos ocasionam a queda na qualidade da água, o decréscimo no material orgânico nos solos e, conseqüentemente, a perda do potencial agrícola. Essas eventualidades podem ser evitadas com a utilização de técnicas que visem um ambiente de forma sistêmica (WONDEMARIAM et al, 2018; LEMOS; SOUZA; DINIZ, 2020).

Esse tipo de análise integradora tende a auxiliar em estudos que necessitam de uma abordagem complexa de múltiplos fatores, que deverão ser considerados na aplicação dos procedimentos metodológicos adotados e resultarão na proposta abordada. Problemas complexos de tomada de decisão que se utilizam dessa abordagem teórica podem ajudar a entender como diferentes fatores acarretam diferentes fenômenos. Esse tipo de visão auxilia a possibilidade de não só enxergar a conjuntura atual e pretérita de tais fenômenos como também de lançar um vislumbre do futuro (SOUCHÈRE et al., 2010; BORGES et al., 2005; LIU et al., 2015; BALETA et al., 2019).

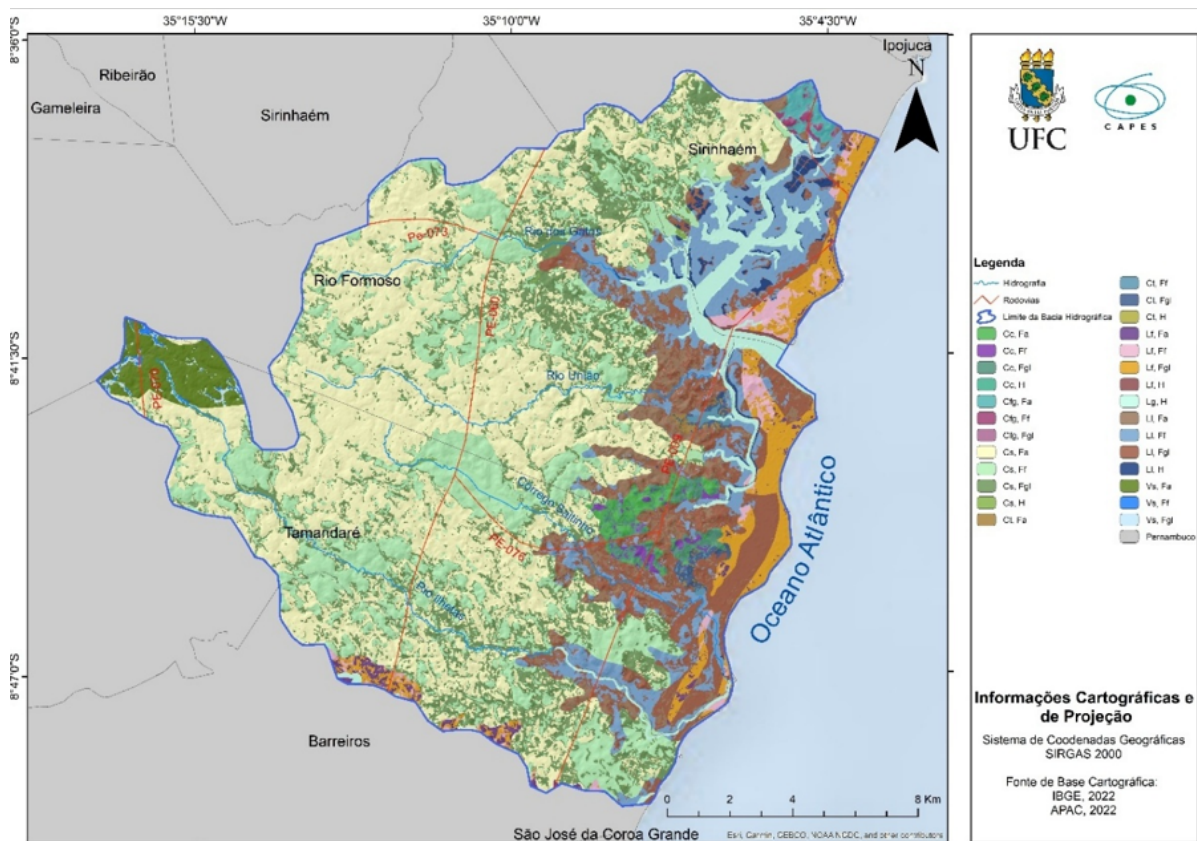
Além da compreensão da realidade para fins de estudo, as análises provenientes da perscrutação que envolve a temática dos sistemas ambientais podem levar à possibilidade de definir quais áreas são especificamente mais frágeis que outras e o motivo disto. Isso permite a realização de planejamentos que tentem ser menos agressivos e que funcionem de maneiras a explorar todo o potencial de um local sem realizar uma degradação, permitindo uma coexistência baseada em sustentabilidade. Tais estudos muitas vezes tem um resultado em torno de uma especialização (RIBEIRO et al., 2016), como no caso dos estudos de um determinado tipo de risco, nos quais as complexidades envolvidas exigem uma abordagem que tenha como objetivo proporcionar uma visão multifacetada que facilita a compreensão do todo (EAKIN; LUERS, 2006).



Dessa forma, além de áreas que devem ser necessariamente gerenciadas, existem também locais que necessitam exclusivamente de preservação. Tais sistemas possuem fragilidade incompatível com o uso humano, e sua traz mais danos que benefícios para todos os lados (ZUAZO e PLEGUEZUELO, 2008; PANDEY et al., 2017; MACEDO et al., 2018).

Por conta da diversidade na fragilidade dos ambientes, é importante considerar que diversos problemas ambientais são ocorridos devido a uma interação entre diferentes sistemas. Essa interação diz respeito ao momento em que sistemas físico-ambientais entram em choque com a incongruência dos sistemas sociais, quando ocorre uma tentativa de fornecerem função a sistemas ambientais que são incompatíveis para aquela atividade. Gera-se então um desequilíbrio em todo o sistema, que traz danos para ambos os lados envolvidos (GIMENES e AUGUSTO FILHO, 2013).

FIGURA 2 – Mapa dos Grupos Paisagísticos.



FONTE: Elaborado por autores, 2025.

A classe Cs, Fa, cobre 111 Km², e se destaca por sua predominância, sugerindo extensas áreas com vegetação esparsa, podendo ver o solo a partir de imagens orbitais, estando sobre um relevo com encostas íngremes com embasamento cristalino de ph ácido. A predominância dessa classe influencia na configuração da paisagem local, tendo influência direta na dissecação do relevo existente em seu perímetro. Essa presença de vegetação com dosséis abertos demonstra a existência do uso dessa área para pastagem ou agricultura.



A presença expressiva de Cs, Ff, cobrindo 54 Km², revela a existência de uma vegetação florestal fechada e preservada, endêmica a mata atlântica, associada condições topográficas de encostas escarpadas com embasamento cristalino e ácido, onde existem cursos hídricos em sua proximidade. A presença desses dosséis fechados potencializa ciclos de nutrientes e umidade, criando ambientes propícios para flora e fauna que necessitam de maior proteção contra intempéries climáticas (NETO et al., 2014).

A unidade Cs, Fgl, com 47 Km², ilustra uma configuração que indica que o sistema ambiental local está sofrendo por pressões antrópicas advindas de um desmatamento e do crescimento de uma vegetação secundária. Essas áreas com em encostas íngremes podem ter sido usadas para pastagem em um momento pretérito, uma vez que nos dados de uso da terra do mapbiomas (figura 2) a área da unidade da paisagem supracitada está classificada como “pastagem”.

As unidades da paisagem Ll, Ff e Ll, Fgl, com 25 Km² e 24 Km² respectivamente, destacam a interação provável existência de lavouras na proximidade de áreas florestais, principalmente pelo solo ser argiloso e sem cascalho, com embasamento sedimentar o qual possui um elevado aporte de nutrientes para suprir as atividades agrícolas. Geralmente essas áreas apresentam problemas derivados do uso desmedido e desregularizado dos recursos hídricos, todavia em contrapartida também apresenta um potencial de produtividade, caso o mesmo esteja aliado a ideais de sustentabilidade (SILVA; PUTTI; MANZIOENE, 2021).

A presença heterogênea de tipos de cobertura vegetal, como a existência dos estados Ff e Fgl, demonstra a importância de políticas de conservação que visem garantir a manutenção das espécies endêmicas. Uma vez que nessa localidade existe uma transição entre o uso da localidade para atividades agrícolas na proximidade de áreas florestais.

A aplicação dos estudos da paisagem demonstra a relação do uso da terra com a formação da paisagem natural do ambiente estudado, sua estrutura a função, o que auxilia no desenvolvimento de políticas que promovam o manejo sustentável dos sistemas ambientais apresentados. Se destaca então a necessidade de se realizar uma abordagem holística no estudo do ambiente pesquisado, para que assim seja considerada a interdependência dos componentes da paisagem.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos diferentes mapeamentos realizados ao longo deste trabalho, foi possível identificar importantes características físico-naturais que influenciam a dinâmica ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio União, bem como compreender a



forma como ocorre a ocupação humana em seu território. A integração das informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hidrológicas e de cobertura vegetal permitiu a elaboração do mapa final da pesquisa: o mapa de grupos paisagísticos, o qual sintetiza de maneira integrada os elementos que estruturam a paisagem da bacia.

O mapeamento dos grupos paisagísticos, ao articular dados sobre o material parental, formas e estruturas do relevo, padrões de drenagem, inclinação das vertentes e tipos de vegetação, revelou-se uma ferramenta eficaz para representar com fidelidade a diversidade e a organização espacial da paisagem local. Esse tipo de abordagem oferece uma leitura sistemática e interpretativa da realidade geográfica, permitindo que se compreenda o comportamento ambiental da bacia a partir de uma perspectiva integrada, conforme propõe a Teoria dos Geossistemas.

O uso de geotecnologias, aliado ao embasamento científico adequado, mostrou-se essencial para a realização de estudos que visem não apenas o diagnóstico, mas também o planejamento ambiental. A análise integrada da paisagem, tal como aplicada na Bacia do Rio União, demonstra que é possível produzir informações qualificadas sobre os recursos naturais e os processos que atuam sobre eles. Quando interpretados corretamente, esses dados se tornam subsídios valiosos para orientar ações de gestão ambiental, uso sustentável do solo e formulação de políticas públicas.

Dessa forma, torna-se viável o aproveitamento racional dos recursos da bacia, equilibrando o desenvolvimento das atividades humanas com a conservação ambiental. O conhecimento produzido por meio dessa metodologia pode contribuir diretamente para a melhoria da qualidade de vida da população local, ao promover um uso mais eficiente e responsável do território, respeitando suas potencialidades e limitações.



REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N. V; MEDEIROS, I. S; FREIRES, J. L; DANTAS, M. S. Ecodinâmica e Vulnerabilidade Ambiental de uma Sub-Bacia Inserida em uma Área de Proteção Ambiental. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 3, p. 296-309, 2018.
- AMADOR, M. B. M. A visão sistêmica e sua contribuição ao estudo do espaço pecuário de Venturosa e Pedra no agreste de Pernambuco. **Tese** (Doutorado em Geografia) Faculdade de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. 2008.
- ASSCHE, K. V; VERSCHRAEGEN, G; VALENTINOV, V; GRUEZMACHER, M. The Social, the Ecological, and the Adaptive. Von Bertalanffy's General **Systems Theory and the Adaptive Governance of Social-Ecological Systems**. Systems Research and Behavioral Science, 2019.
- AZEVEDO, T. S. O uso da legislação ambiental na restauração da conectividade estrutural da paisagem: um estudo de caso para a bacia hidrográfica do correjo das posses, extrema-mg. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 15(2): p-p, ju l./dez. 2017.
- BALBINOT, R; OLIVEIRA, N. K; VANZETTO, S. C; PEDROSO, K; VALÉRIO, A. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. **Ambiência**, 4 (1), pp. 131-149, 2008.
- BALETA, J; MIKULČIĆ, H; KLEMEŠ, J. J; URBANIEC, K; DUIĆ, N. Integration of Energy, Water and Environmental Systems for a Sustainable Development. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 1424-1436, 2019.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, 1971.
- BOAS, G. H. V; MARÇAL, M. S. Avaliação da sensibilidade do sistema fluvial no alto-médio vale do rio macaé (rj). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.1, (Jan-Mar) p.93-102, 2013.
- BORGES, M. J; PISSARRA, T. C. T; VALERI, S. V; OKUMURA, E. M. Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis (IPEF)**, Piracicaba, v. 69, n.69, p. 93-103, 2005.
- BRANDÃO, P. B. Velhas Aplicações e Novas Possibilidades para o Emprego do Método Comparativo nos Estudos Geográficos. **GeoTextos**, vol. 8, n. 1, jul. 2012.
- BRIERLEY, G; FRYIRS, K; MARÇAL, M; LIMA, R. The use of the River Styles Framework as a tool to 'work with nature' in managing rivers in Brazil: Examples from the Macaé Catchment. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20(4), p. 753– 771, 2019.
- CAVALCANTI, L. C. S; CORRÊA, A. C. B. Da descrição de áreas às sínteses naturalistas: uma abordagem historiográfica sobre a ideia de 'áreas naturais'. **Espaço e Geografia (UNB)**, v. 17, 2014.
- CAVALCANTI, L. C. S. Da Descrição de Áreas à Teoria dos Geossistemas: uma Abordagem Epistemológica sobre Sínteses Naturalistas. **Tese** (Doutorado em Geografia) Faculdade de Geografia, Universidade Federal de Pernambuco. 2013.
- CARNEIRO, V. A. Paisagens degradadas do município de Palmelo (Goiás): o estudo das voçorocas via trabalho de campo. **GeoTextos**, vol. 10, n. 1, 2014.
- CARVALHO, R. G. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Volume Especial (36): 26-43, 2014.
- CAZULA, L.P; MIRANDOLA, P.H. Bacia hidrográfica – conceitos e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SPBrasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, n.12, 2010. 101-124 pp.
- CHEN, S; ZHA, X; BAI, Y; WANG, L. Evaluation of soil erosion vulnerability on the basis of exposure, sensitivity, and adaptive capacity: a case study in the Zhuxi watershed, Changting, Fujian Province, Southern China. **Catena**, v. 177, pp. 57-69, 2019.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: UNESP; Edgard Blücher, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. L. H. Sistemas dinâmicos: as abordagens da Teoria do Caos e da Geometria Fractal em Geografia. In: Antonio Carlos Vitte; Antonio José Teixeira Guerra. (Org.). **Reflexões Sobre a Geografia Física no Brasil**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.



- COSTA, S. O. S. Identificação das vulnerabilidades e potencialidades da bacia hidrográfica do rio canhoto – PE/AL, com vistas ao zoneamento ambiental. **(Dissertação de mestrado)** UFPB, João Pessoa, 2018.
- COVINO, T. Hydrologic connectivity as a framework for understanding biogeochemical flux through watersheds and along fluviais networks. **Geomorphology**, v. 277, p. 133–144, 2017.
- DEWAN, A; CORNER, R; SALEEM, A; RAHMAN, M. M; HAIDER, M. R; RAHMAN, M. M; Sarker MH. Assessing channel changes of the Ganges–Padma River system in Bangladesh using Landsat and hydrological data. **Geomorphology** 276: 257–279, 2017.
- EAKIN, H; LUERS, A. L. Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. **Annual Review of Environment and Resources**, 2006, Vol. 31:365-394.
- EICHENBERG, F. O; SILVA, C. A. Análise da atividade turística a partir da Teoria Geral dos Sistemas: a condição sistêmica como paradigma. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, 2015.
- FEIL, A. A; SCHREIBER, D; TUNDISI, J. G. A Complexidade do Sistema Ambiental e Humano e sua Relação com a Sustentabilidade. **Sustentabilidade em Debate - Brasília**, v. 6, n. 1, p. 37-52, 2015.
- FIERZ, M. A Teoria do Equilíbrio Dinâmico em Geomorfologia. **GEOSP Espaço E Tempo**, v. 19, p. 605-629, 2015.
- GAO, P; ZHANG, Z. Spatial patterns of sediment dynamics within a medium-sized watershed over an extreme storm event. **Geomorphology**, v. 267 pp. 25-36, 2016.
- GIMENES, F. B. Q. AUGUSTO FILHO, O. Mapas de Fragilidade Ambiental Utilizando o Processo de Análise Hierárquica (AHP) e Sistema de Informação Geográfica (SIG). **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.
- GOERL, R. F; SIEFERT, C. A. C; SCHULTZ, G. B; DOS SANTOS, C. S; DOS SANTOS, I. Elaboração e Aplicação de Índices de Fragmentação e Conectividade da Paisagem para Análise de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 2011.
- GOMES, R. C; BIANCHI, C; OLIVEIRA, V. P. V. Análise da multidimensionalidade dos conceitos de bacia hidrográfica. **GEOgraphia**, vol: 23, n. 51, 2021.
- GRILO, R. C; ENAMI, L. M. Gestão de Bacias Hidrográficas com o Uso de Modelo Preditivo de Erosão dos Solos e Sistemas de Informação Geográfica. Unar. **Revista Científica do Centro Universitário de Araras “Dr. Edmundo Ulson”**, v. 2, p. 21-23, 2008.
- LEMONS, J. E; SOUZA, B. I; DINIZ, M. T. M. Sistemas, caos e o processo de desertificação no Semiárido Brasileiro: complexidade e interações. **Ateliê Geográfico**, 14(1), p. 136-154, 2020.
- LI, X; CHEN, G; LIU, X; LIANG, X; WANG, S; CHEN, Y; PEI, F; XU, X. A New Global Land-Use and Land-Cover Change Product at a 1-km Resolution for 2010 to 2100 Based on Human–Environment Interactions. **Annals of the American Association of Geographers**, v. 107(5), p. 1040–1059, 2017.
- LIU, J; MOONEY, H; HULL, V; DAVIS, S. J; GASKELL, J; HERTEL, T; LUBCHENCO, J; SETO, K. C; GLEICK, P; KREMEN, C; LI, S. Systems Integration for Global Sustainability. **Science**, 347, 2015.
- MACEDO, D. R; HUGHES, R. M; KAUFMANN, P. R; CALLISTO, M. Development and Validation of an Environmental Fragility Index (EFI) for the Neotropical Savannah Biome. **Science of the Total Environment**, v. 635, p. 1267–1279, 2018.
- MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas, A História de uma Procura**. São Paulo, Qeosp 3 - Novas abordagens, Editora Contexto, 2000.
- PANDEY, R; JHA, S. K; ALATALO, J. M; ARCHIE, K. M; GUPTA, A. K. Sustainable Livelihood Framework-Based Indicators for Assessing Climate Change Vulnerability and Adaptation for Himalayan Communities. **Ecological Indicators**, v. 79, p. 338–346, 2017.
- PREISE, R; BIGGS, R; ALTA, V; FOLKE, C. Social-Ecological Systems as Complex Adaptive Systems: Organizing Principles for Advancing Research Methods and Approaches. **Ecology and Society**, v. 46, 2018.
- RIBEIRO, A. S; MINCATO, R. L; CURI, N; KAWAKUBO, F. S. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V. 09 N. 01 (2016) 016-031.



- SEDIGHI, F; DARVISHAN, A. K; ZARE, M. R.. Effect of watershed geomorphological characteristics on sediment redistribution. **Geomorphology**, 375, 2021.
- SILVA, C. A; PEREZ FILHO, A. **Geografia, Turismo e Análise Sistêmica. In: VITTE, Antonio Carlos (org.). Contribuições à história e à epistemologia da geografia.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- SILVA, C. S; SILVA, W. F; A; SANTOS, L. D. J; GIRÃO, O. Identificação de depósitos fluviais e desconectividades antrópicas no baixo curso do rio Una – PE. **GEOUERJ**, v. 37, 2020.
- SOTCHAVA, V. - O estudo de geossistema. Trad. Monteiro e Romariz, São Paulo, IGEOG/USP, **Série Métodos em Questão**, 16:1-52,1977.
- SOUCHÈRE, V; MILLAIR, L; BOUSQUET, F; PAGE, C; ETIENNE, M. Co-constructing with stakeholders a role-playing game to initiate collective management of erosive runoff risks at the watershed scale. **Environmental Modelling & Software**. Volume 25, Issue 11, November 2010, Pages 1359-1370.
- SOUZA, J. O. P; CORRÊA, A. C. B. Sistema fluvial e planejamento local no semiárido. **Mercator**, 11, pp. 149-168, 2012.
- STRAUCH, A. M; MACKENZIE, R. A; GIARDINA, C. P; BRULAND, G. L. Influence of declining mean annual rainfall on the behavior and yield of sediment and particulate organic carbon from tropical watersheds. **Geomorphology**, v. 306, p. 28-39, 2018.
- TEODORO, V. L. L; TEIXEIRA, D; COSTA, D. J, L; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n. 20, 2007. p. 137.
- TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.
- VENEZIANI, Y; RODRIGUES, C. L. Geomorfologia fluvial do Baixo Ribeira do Iguapé, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 20, p. 541-562, 2019.
- VINHAS, A; RODRIGUES, A. Evolução morfosedimentar da plataforma adjacente ao sistema fluvial do Tejo desde o Último Máximo Glaciário. 6as, **JEH**. Lisboa, 2020.
- WOLDEMARIAM, G. W; IGUALA, A. D; TEKALIGN, S; REDDY, R. U. Spatial Modeling of Soil Erosion Risk and Its Implication for Conservation Planning: the Case of the Gobebe Watershed, **East Hararghe Zone, Ethiopia. Land**, 2018, 7, 25.
- YAN, Q. H; LEI, T. W; YUAN, C. P; LEI, Q. X; YANG, X. S; ZHANG, M. L; SU, G; AN, L. Effects of watershed management practices on the relationships among rainfall, runoff, and sediment delivery in the hilly-gully region of the Loess Plateau in China. **Geomorphology**, 228, 735– 745, 2015.
- ZHANG, H. Y; SHI, Z. H; FANG N. F; GUO, M. H. Linking watershed geomorphic characteristics to sediment yield: evidence from the loess plateau of China. **Geomorphology** 234: 19– 27, 2015.
- ZUAZO, V. H. D; PLEGUEZUELO, R. R. Soil-erosion and runoff pre-vention by plant covers. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, Springer Verlag (Germany), , 28 (1), 2008.



PROCESSOS EROSIVOS NA ILHA DO MARANHÃO: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E FATORES CONTROLADORES

Karina Vieira de Govêa ¹

Quésia Duarte da Silva ²

Ricardo Gonçalves Santana ³

José Fernando Rodrigues Bezerra ⁴

Antônio José Texeira Guerra ⁵

PALAVRAS-CHAVE: Erosão, Ilha do Maranhão, Fatores Controladores.

RESUMO

Os processos erosivos são comuns em todo o território brasileiro, e no estado do Maranhão isso não é diferente. Na Ilha do Maranhão, esses processos estão distribuídos pelos quatros municípios que a compõem. Desta forma, esta pesquisa teve por objetivo geral apresentar o estado da arte sobre os processos erosivos na Ilha do Maranhão, por meio da revisão bibliográfica sobre a temática em questão e a espacialização desses fenômenos na área objeto de estudo, além da identificação dos fatores controladores desses processos. Para alcançar esses objetivos propôs-se um levantamento bibliográfico no qual foram encontradas as pesquisas utilizadas para a elaboração da pesquisa, estas foram sintetizadas em um quadro com o nome do autor, título da pesquisa, ano, tipo de trabalho e instituição e estão organizadas em um lapso temporal de 2002 a 2024. A partir desse levantamento, foi realizado um mapeamento, por meio do Google Earth Pró e do Quantum Gis, onde foram elaborados os mapas de localização e de unidades pedológicas da Ilha com bases da CPRM, IBGE e outros autores. Como resultados, foram mapeados 67 processos erosivos em toda Ilha do Maranhão, sendo 45 em São Luís, 15 em São José de Ribamar, 4 em Paço do Lumiar e 3 em Raposa. Entre os fatores controladores estão as características geoambientais da área e ações de agentes sociais.

- ¹ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, kvieira532@gmail.com
- ² Professora orientadora: Doutora do curso de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, quesiasilva@professor.uema.br
- ³ Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, ricardogsantana19@hotmail.com
- ⁴ Doutor do Curso de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão- UEMA, fernangeo@yahoo.com.br
- ⁵ Doutor do Curso de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, antonioguerre@gmail.com



INTRODUÇÃO

Os processos erosivos são fenômenos naturais, que podem ocorrer em todo o mundo, em especial em países não desenvolvidos, que possuem regimes de chuvas tropicais, esses processos podem ser considerados por alguns a causa e até mesmo a consequência desse subdesenvolvimento (Guerra, 1996).

No Brasil, o surgimento desses processos está associado à exploração do solo de forma intensa e a inexistência de políticas públicas e planos de conservação dos solos, estes fatores tem contribuído de forma significativa para a degradação de inúmeras áreas em todo país (Lisboa, et al. 2024).

Além da exploração do solo para os mais diversos fins, outras atividades também colaboram para o surgimento dos processos erosivos, entre as quais se destaca o desmatamento, manejo inadequado do solo, atividades agropecuárias entre outras (Nunes et al., 2011).

No estado do Maranhão, as erosões são comuns, sendo justificadas pela forma como se deu o processo de urbanização do estado, pelo uso do solo e também pelas transformações que ocorrem na zona costeira, sendo estas ocasionadas principalmente pelas correntes de marés que sofrem forte influência das atividades portuárias presentes na área. No litoral maranhense as “correntes de marés são fortes: 2.5 m s-1 e a altura das ondas fica em torno de 0.6 a 1.4 m” (EL- Robrini et al., 2013). A dinâmica da área também está associada ao fato de ser uma costa transgressiva e pela ocorrência de macromarés.

Na Ilha do Maranhão (figura 1), formada pelos municípios de São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa, existem inúmeros processos erosivos e entre os motivos do surgimento das erosões, destaca-se a sua localização geográfica, pois se trata de um ambiente costeiro, sofrendo interferência direta de fenômenos climáticos, geológicos, oceanográficos, que contribuem com a vulnerabilidade à processos erosivos (Menezes et al. 2018; Araújo et. al., 2019).

Segundo Souza et. al., (2017) a Ilha do Maranhão é caracterizada por uma paisagem dinâmica e heterogênea, com 12 bacias hidrográficas enfrenta processos erosivos intensificados tanto por fatores naturais quanto pela ação social cada vez mais agressiva em seu território. O estudo desses processos é crucial para compreender os impactos da ação das marés, das intervenções humanas e da ocupação desordenada do solo, que aceleram a degradação costeira, ameaçando comunidades tradicionais, infraestruturas urbanas e ecossistemas sensíveis, como manguezais e restingas.



Assim, esta análise integrada demonstra que os processos erosivos encontrados na ilha do Maranhão, representam uma ameaça direta as comunidades locais, especialmente em zonas costeiras e urbanas. Silva (2012) acrescenta que a combinação de solos frágeis (como os da formação barreira), marés intensas e chuvas torrenciais acelera a perda do solo e o recuo de falésias, colocando em risco as atividades econômicas, pois a ocupação desordenada em ecossistemas sensíveis são problemas agravantes e evidenciam a necessidade de um planejamento urbano participativo para reduzir impactos.

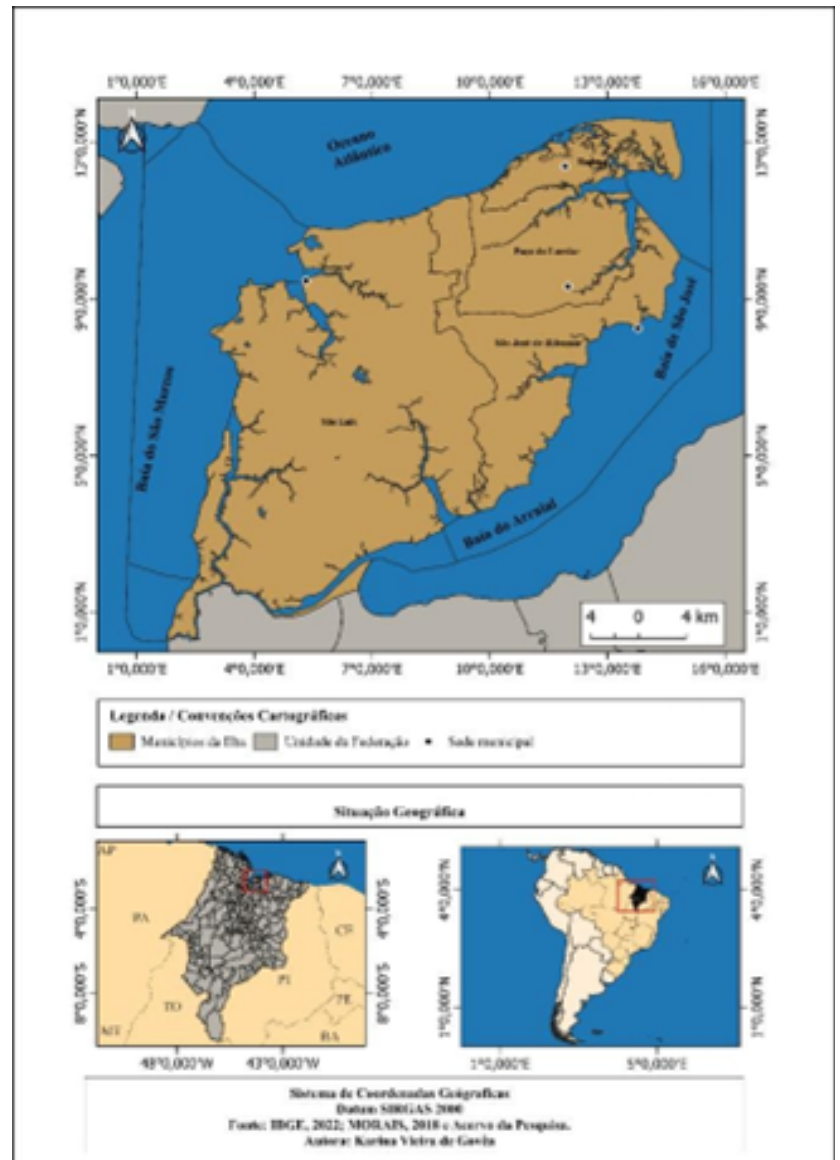


FIGURA 1 – Mapa de localização da Ilha do Maranhão
Fonte: Autores (2024).

Do mesmo modo, a forma como ocorreu o processo de urbanização destes municípios e algumas atividades humanas provocaram vulnerabilidades ambientais em determinadas áreas do território destes quatro municípios, permitindo o surgimento e aceleração de erosões em toda a Ilha

Neste contexto, cabe destacar a relevante contribuição científica do Grupo de Pesquisa em Geomorfologia e Mapeamento (GEOMAP), vinculado ao curso de Geografia (Licenciatura e Bacharelado) e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia: Natureza e Dinâmica do Espaço (Mestrado e Doutorado) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) que tem contribuído significativamente para o entendimento dos processos erosivos na Ilha do Maranhão, sendo essencial para a sistematização e execução deste trabalho.



Por esta razão, a presente pesquisa objetiva apresentar o estado da arte sobre os processos erosivos na Ilha do Maranhão, por meio da revisão bibliográfica sobre a temática em questão e a espacialização desses fenômenos na área objeto de estudo, além da identificação dos fatores controladores desses processos.

PROCESSOS EROSIVOS: CONCEITOS, TIPOLOGIAS E RISCOS

Erosão

A erosão dos solos pode ser definida como o desprendimento e transporte da camada superficial do solo, podendo ser ocasionada pela água ou pelo vento. Além da água e do vento, outros fatores podem contribuir para o aparecimento ou aceleração dos processos erosivos, entre eles estão o tipo de solo, a falta de cobertura vegetal, o uso do solo, tipo de relevo e as ações sociais (Araújo et al. 2005; Guerra e Cunha, 1998).

Para Grilo e Ernani (2008), os processos erosivos são entendidos como a remoção e deposição dos sedimentos do solo superficial por meio de agentes naturais, mas que podem ser intensificados por meio de algumas ações dos agentes sociais.

De acordo com Rubira *et al.*, (2016) existem 9 tipos de erosão, como descrito na figura a seguir:

Tipos de Erosão	Definição	Agente Principal	Contexto	Formas/ Estágios
Pluvial	Desprendimento e transporte de partículas pelo impacto das gotas de chuva (splash).	Água da chuva	Solos desprotegidos e áreas desmatadas	Erosão por arrastamento
Eólica	Transporte de sedimentos por ação do vento (suspensão, saltitação ou rolamento).	Vento	Áreas secas, desérticas e solos arenosos	Dunas e assoreamento
Fluvial	Desgaste e transporte de sedimentos pelas águas de rios/córregos.	Água de rios ou vales	Margens de rios e vales	Alvéolos, meandros e terrações de abrasão
Marinha	Desgaste costeiro por ondas, marés e correntes.	Água do mar	Falésias, praias e costas rochosas	Recuo de falésias e erosões costeiras
Linear	Escavação Linear por escoamento superficial concentrado	Água da chuva/ escoamento	Encostas, e áreas urbanas mal drenadas	Sulcos, ravinas e voçorocas
Interna (piping)	Erosão subsuperficial por fluxo de água em dutos (piper)	Água subterrânea	Solos porosos e taludes	Colapsos e subsidências
Lamar	Remoção uniforme de camada superficial do solo por escoamento difuso	Água da chuva	Áreas agrícolas e solos exposto	Perda de fertilidade do solo
Carstica	Dissolução de rochas calcárias por água ácida	Água com agentes químicos	Regiões com rochas carbonáticas	Cavernas e dolinas
Glacial	Desgaste e transporte de sedimentos por geleiras	Água em estado sólido (gelo)	Regiões polares e montanhosas	Vales em U e morenas

FONTE: Adaptado de Rubira *et al.* (2016).



Nearing (2004) argumentou que as mudanças climáticas tendem a intensificar a erosão dos solos em diversas regiões do mundo impactando nos ecossistemas e na qualidade da vida humana. E nesse sentido, observando os diferentes tipos de erosões, podemos identificar que em sua maioria os processos erosivos são intensificados por práticas agrícolas inadequadas, expansão urbana desordenada e fatores climáticos, e nessa perspectiva Rubira (2016) alerta que os processos erosivos, geram problemáticas em diferentes escalas, representando um desafio global a biodiversidade e aos recursos hídricos.

Segundo Guerra (2015), os processos erosivos tendem a ser agravados pela ação da água, especialmente em países tropicais, onde os elevados índices pluviométricos e o acúmulo de precipitação em determinadas estações do ano intensificam esse fenômeno. Nesse contexto, a erosão hídrica destaca-se como um dos principais problemas ambientais no Brasil, já que os solos, mais suscetíveis devido às chuvas intensas e ao manejo inadequado, sofrem perda de fertilidade, comprometendo diretamente a capacidade produtiva das terras (Pereira *et al.*, 2022).

Os solos arenosos do Grupo Barreira, característicos de grande parte do Maranhão, apresentam baixa coesão entre partículas e alta permeabilidade, aliada ao clima tropical úmido favorecem a formação de voçorocas e aceleram os processos erosivos (Guerra *et al.*, 2018). Essas propriedades físicas dos solos favorecem a infiltração da água e reduzem a resistência do impacto das chuvas, acelerando a formação de ravinas e voçorocas. Nesse contexto, os estudos sobre processos erosivos se fazem essenciais por abordarem tanto os impactos ambientais, econômicos e sociais da erosão quanto as soluções sustentáveis e políticas públicas necessárias para recuperação de áreas degradadas.

Entendendo a necessidade desses fatores, os tipos de erosões são caracterizadas em: erosão pluvial que é causada pelas águas das chuvas, onde começa o efeito splash, processo desencadeado quando as gotas da chuva atingem o solo desprotegido e seu impacto desagrega as partículas do solo “é propiciado pela ação mecânica das gotas, que promovem o arrancamento e posteriormente o deslocamento das partículas terrosas” (Christofoletti, 1980, p. 29).

Definida por Silva (1995), a erosão eólica é o transporte aéreo ou rolamento de sedimentos provocados pelos ventos, costuma ocorrer com mais frequência em áreas que possuem pouca vegetação, permitindo uma maior ação dos ventos e em locais de clima árido ou semiárido, no entanto, podendo ocorrer também em outras áreas.

As erosões fluviais são promovidas pela ação dos cursos d’água, caracterizando-se pelo transporte dos sedimentos dos solos das margens dos rios, que são transportados e podem causar assoreamento do seu leito, esse processo pode ser agravado quando ocorre a retirada da cobertura vegetal responsável por proteger as margens (Carvalho, 2008).



Promovidas pela ação do mar, as erosões marinhas atuam no processo de transporte dos sedimentos da Zona Costeira, tendo como consequência recuo de falésias, diminuição na faixa de areia das praias, diminuição de dunas entre outros problemas (Camões e Uacane, 2020).

Conforme Torres (2014), a erosão do tipo linear é causada pelo escoamento da água em uma única direção, possibilitando desgaste do solo. As erosões lineares podem ocorrer de três formas: sulcos, ravinas e voçorocas.

Os sulcos são erosões lineares com pouca profundidade que surgem devido à dificuldade de infiltração da água, facilitando o escoamento e o transporte de sedimentos. As ravinas são resultado do aprofundamento dos sulcos, que ocorrem pela intensificação dos processos anteriormente mencionados (Felizola et al., 2011; Viana, 2019).

Com o aceleração das ravinas, surgem as voçorocas, que são processos erosivos de grandes proporções, definidas como incisão de forma linear podendo ser consequência de constantes processos erosivos e que podem ser permanentes (Guerra; Bezerra, 2023).

De acordo com Francisco (2018), as voçorocas também podem ser definidas como formas erosivas que comumente se desenvolvem em cabeceiras de drenagem e possuem paredes íngremes.

A erosão interna (piping) “ocorre internamente ao maciço de solo. Isto é, esta forma de erosão só é percebida na superfície quando existem subsidências (recalques) de grande magnitude devidas ao afundamento dos “canais” formados no solo” (Conciani, 2008, p. 21).

Erosões que surgem a partir do escoamento difuso da água, promovendo o desgaste e transporte da camada superficial do solo é denominada por laminar. Em outras palavras, a erosão laminar ocorre quando acontece o escoamento hídrico da água em forma de lâmina (Rubira *et al.* 2016).

Em ambientes cársticos, a erosão ocorre dissolvendo o substrato rochoso, permitindo a perda de sedimentos por meio da gravidade que possibilita o transporte para as áreas mais profundas da área carste (Berbert-Born et al., 2016).

As geleiras possuem alta erosividade e nos ambientes glaciogênicos, os processos erosivos ocorrem por abrasão ou pelo deslocamento de blocos, podendo ser influenciado pelo clima e pela perda ou ganho no volume de gelo (Boulton, 1979).

Os tipos de erosões mais comum na zona costeira são: marinha, laminar, pluvial, glacial e a eólica, esses processos podem promover solapamento de raízes de mangues e diminuição de áreas de manguezais, compressão da faixa de areia e etc (Batista *et al.*, 2009).



PROCESSOS EROSIVOS E RISCO

De acordo com Veyret (2007), o risco pode ser definido como a uma percepção do perigo ou de uma possível catástrofe. E ele só existe se estiver relacionado ao um indivíduo, pois não existe risco sem alguém para percebê-lo.

Para Almeida (2011), o risco é uma composição social entre vulnerabilidade social e perigo, que pode ser promovido pela ocorrência de um evento potencialmente perigoso. Da materialização desse evento, surge o desastre. Nesse sentido, o risco a desastres de uma região é calculado com base no perigo, vulnerabilidade e dano, que seria o potencial de perdas materiais e humanas (Santos, 2007).

Segundo Castro *et. al.* (2005) o risco é uma categoria analítica que engloba noções de incerteza, exposições e potenciais perdas materiais, econômicas e humanas, decorrentes tanto processos naturais (dinâmicas geológicas e climáticas) quanto atividades humanas. Em essência, o risco pode ser referido também como uma probabilidade de ocorrência em eventos imprevisíveis no tempo espaço, bem como aos seus impactos diretos e indiretos (Oliveira, 2019). Nesse contexto, a análise de risco serve como base fundamental para a tomada de decisões, pois sua relevância é determinada pela eficácia de ações que podem ser adotadas.

Dias e Sousa (2015), afirmam que risco de erosão dos solos se refere ao quão suscetível um solo pode ser a perda de sedimentos superficiais. Em casos de erosões aceleradas, esse risco pode passar de uma ameaça para um desastre, podendo afetar as pessoas que moram próximo a esses processos. Com isso, as erosões podem promover desde assoreamento de cursos d'água, empobrecimento dos solos, perdas de estradas e até perda de vidas humanas quando ocorre uma perda significante de sedimentos próximos a residências, podendo ocasionar um desastre (Xavier, 2016).

METODOLOGIA

Para alcance dos objetivos propostos, realizou-se as seguintes etapas metodológicas (figura 3).

FIGURA 3 – Fluxo da metodologia



FONTE: Autores (2024)



TRABALHO DE GABINETE LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO

Para o desenvolvimento da pesquisa foi necessário realizar um levantamento bibliográfico nas principais bases de pesquisa (BDTD, Google Acadêmico, SciELO, Scopus e o Periódicos CAPES), no qual foram analisados, Artigos, TCC, dissertações, teses, monografias, resumos e relatórios técnicos na perspectiva de compreender as dinâmicas da área de estudo, sendo utilizado as pesquisas mais recentes. Além disso, o levantamento cartográfico foi realizado para espacializar em mapas os processos erosivos na Ilha do Maranhão, com intuito de fundamentar o estudo e obter dados acerca dos pontos e processos erosivos existentes nos municípios de São Luís, Raposa, Paço do Lumiar e São José de Ribamar.

As pesquisas encontradas foram sintetizadas em um quadro dividido por autor, título da pesquisa, ano, tipo de pesquisa e instituição, sendo feito uma breve síntese sobre quais os objetivos e resultados obtidos nestas pesquisas. E para a presente pesquisa foram levados em considerações as erosões marinhas, lineares e laminares presentes na Ilha do Maranhão.

MAPEAMENTO

Nesta etapa foram utilizadas as ferramentas Google Earth Pro para demarcar os pontos de erosões levantados nas pesquisas encontradas e o *Quantum Gis* (QGIS) utilizado para construir os mapas temáticos, as bases utilizadas foram a do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), Moraes (2018) e CPRM (2020).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diversos autores já realizaram pesquisas voltadas aos processos erosivos em toda a Ilha do Maranhão. Algumas destas pesquisas foram levantadas e sintetizadas no quadro a seguir (Quadro 1). As pesquisas apontam os motivos do surgimento e do aceleração desses processos, levando em consideração fatores naturais e as interferências promovidas pelo homem na natureza.

QUADRO 1 – Pesquisas realizadas sobre erosão da Ilha do Maranhão de 2002 a 2024.

AUTOR	TÍTULO DA PESQUISA	ANO	TIPO DE TRABALHO	INSTITUIÇÃO
Lisboa; Bezerra; Govêa (2024)	MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS À EROÇÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS, SÃO LUÍS- MARANHÃO	2024	ARTIGO	UERJ E UEMA
Govêa; Bezerra; Lisboa (2024).	DEGRADAÇÃO DOS SOLOS POR EROÇÃO ACELERADA E POLÍTICAS PÚBLICAS AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO BACANGA, ILHA DO MARANHÃO	2024	ARTIGO	UEMA
Guerra et al., (2023).	RECUPERAÇÃO DE VOÇOROCAS E DE ÁREAS DEGRADADAS, NO BRASIL E NO MUNDO - ESTUDO DE CASO DA VOÇOROCA DO SACAVÉM -SÃO LUÍS –MA	2023	ARTIGO	UFRJ E UEMA
Andrade et al., (2022).	ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA E PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, ILHA DO MARANHÃO	2022	ARTIGO	UEMA
Rabelo (2022)	GEOCONSERVAÇÃO E RISCO DE DEGRADAÇÃO EM AMBIENTES COSTEIROS: UMA PROPOSTA DE AVALIAÇÃO DO GEOPATRIMÔNIO COSTEIRO DOS MUNICÍPIOS DE RAPOSA-MA E GALINHOS- RN, BRASIL	2022	TESE	UFRN
Barros et al., (2020).	GEODIVERSIDADE DA ILHA DO MARANHÃO	2020	LIVRO	CPRM, UFMA, UEMA, IMESC
Oliveira; Araujo (2019).	USO DE INVESTIGAÇÃO MULTIDISCIPLINAR PARA DIAGNÓSTICO DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES URBANOS EM UMA VOÇOROCA NO BAIRRO DO BEQUIMÃO – SÃO LUÍS - MA	2019	ARTIGO	UFMA E UFMG
Pereira (2018).	CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR DAS PRAIAS DA ILHA DO MARANHÃO	2018	TCC	UFMA E UFMG
Raposo (2018).	CARACTERIZAÇÃO DE PROCESSOS EROSIVOS NAS FALÉSIAS DAS PRAIAS DE PANAQUATIRA E OLHO D'ÁGUA, ILHA DO MARANHÃO/MA	2018	DISSERTAÇÃO	UEMA
Viana; Bezerra (2018).	DIAGNÓSTICO DE EROSIONES URBANAS NO BAIRRO ARAÇAGY EM SÃO JOSÉ DE RIBAMAR- MA	2018	RESUMO	UEMA
Morais (2018).	IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS POR PROCESSOS EROSIVOS E M UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: O CASO DO PARQUE ESTADUAL DO BACANGA, SÃO LUÍS - MA	2018	DISSERTAÇÃO	UEMA
Sousa (2018).	ANÁLISE DE ÁREAS DEGRADADAS POR PROCESSOS EROSIVOS NO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ANIL, ILHA DO MARANHÃO	2018	DISSERTAÇÃO	UEMA
Souza (2017).	CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS SOLOS EM PROCESSOS EROSIVOS NA BACIA DO RIO ANIL, ILHA DO MARANHÃO	2017	RESUMO	UEMA
Silva (2014).	MONITORAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS POR VOÇOROCAMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR, ILHA DO MARANHÃO (MA)	2014	ARTIGO	UEMA
Mendonça (2022).	MAPEAMENTO E MONITORAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS NO MUNICÍPIO DE SÃO LUÍS – MA	2022	RESUMO	UFMA

FONTE: Autores (2025)



Tendo como base a bibliografia utilizada na pesquisa, os estudos demonstram a influência dos fatores naturais e antrópicos nas erosões ocorridas na ilha do Maranhão e para constatação desses fatores, o artigo intitulado “Mapeamento e monitoramento dos processos erosivos no município de São Luís – MA”, objetivou monitorar a espacialização dos processos erosivos presentes no município de São Luís, e a partir disso apontar quais os fatores controladores da erosão nas localidades mapeadas. Neste estudo foram identificadas 14 voçorocas, que tem seu surgimento e aceleração atrelados aos índices de precipitação, a baixa densidade de cobertura vegetal, aos solos originados do grupo Itapecuru (cambissolos, luvisolos) e Barreira (latossolos, argissolos, espodosolos, neossolos e gleissolos) sendo estes muito suscetíveis à erosão, a geomorfologia da área composta por tabuleiros e subtabuleiros e áreas com alta declividade (EMBRAPA, 2013; Morais, 2018; CPRM, 2020). Desta forma, promovendo alteração nos recursos hídricos e degradação das áreas (Mendonça *et al.* 2002).

Já na pesquisa “Monitoramento dos processos erosivos por voçorocamento no município de São José de Ribamar, Ilha do Maranhão (MA)”, foi realizada com a finalidade de mostrar os procedimentos utilizados para monitorar a evolução de três voçorocas em São José de Ribamar e por meio dos resultados obtidos, os autores verificaram que as erosões monitoradas estavam aceleradas, podendo ser justificado pela existência de afloramentos dos grupos Itapecuru, Barreiras e Açuí, de composição mal consolidado e friável. Relacionando a essa dinâmica tem a sua localização em tabuleiros costeiros, pela sua composição pedológicas com a predominância de solo (argiloso) devido a índices pluviométricos e fluviométricos correlacionados a influência da população local (Viana *et al.* 2014).

O estudo “Caracterização granulométrica dos solos em processos erosivos na bacia do rio Anil, Ilha do Maranhão” tem como objetivo caracterizar a granulometria dos sedimentos envolvidos em processos erosivos acelerados na bacia do rio Anil. Nesse levantamento, foram analisadas duas voçorocas cujo avanço está relacionado à textura franco-arenosa, predominante na área estudada e considerada a mais suscetível à erosão.

A dissertação “Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Ilha do Maranhão” teve como objetivo analisar os processos erosivos lineares e os fatores que contribuem para a degradação dos solos na localidade. Os resultados apontaram que as características geoambientais da área como a predominância de solos arenosos e pouco coesos da Formação Barreiras, a textura franco-arenosa, as declividades acentuadas, a baixa cobertura vegetal e o clima tropical úmido, marcado por chuvas intensas favorecem o avanço dos processos erosivos e, conseqüentemente, a degradação dos solos, que também sofre interferência significativa das atividades humanas e do crescimento urbano desordenado (Sousa, 2018).



De acordo com Raposo (2018), em sua dissertação “Caracterização de processos erosivos nas falésias das praias de Panaquatira e Olho d’água, Ilha do Maranhão/MA” que teve como finalidade o reconhecimento de feições erosivas por meio dos perfis de praias, se constatou que o avanço da erosão costeira ocorre de forma mais intensa durante o período chuvoso, quando há maior saturação hídrica dos solos e aumento do escoamento superficial, e é potencializado pela dinâmica marinha. Essa dinâmica envolve a ação das marés, ondas correntes, que promovem a constante remoção de material das bases das falésias, favorecendo instabilidade e desmoronamentos. Além disso, de acordo com a bibliografia discutida pelo autor se pôde constatar que, fatores como a composição sedimentar pouco consolidada das falésias e a ocupação urbana desordenada das áreas costeiras intensificam a degradação ambiental, tornando esses ambientes vulneráveis.

Para Pereira (2018), em sua pesquisa “Caracterização sedimentar das praias da Ilha do Maranhão”, realizada para caracterizar os sedimentos praias de São Luís, os processos de desprendimento, transporte e deposição dos sedimentos nas praias dos municípios da Ilha do Maranhão ocorrem principalmente pela ação das águas do mar.

No “Diagnóstico de erosões urbanas no bairro Araçagy em São José de Ribamar - MA”, propôs-se diagnosticar erosões urbanas localizadas no bairro Araçagy, na cidade de São José de Ribamar- MA. Quanto aos resultados obtidos, destacou-se que o avanço dos processos estudados é contínuo. Na área, o solo não é um dos fatores que mais colaboram para o aumento das erosões, mas as chuvas, a falta de cobertura vegetal e hipsometria combinadas as ações de agentes sociais (Viana; Bezerra, 2018).

Morais (2018) em sua dissertação que tem por título “Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA”, analisou os impactos socioambientais promovidos a partir dos processos erosivos no Parque Estadual do Bacanga. Esse estudo, verificou que as características geoambientais associadas ao manejo do solo da área promovem a vulnerabilidade à erosões no local.

Oliveira e Araújo (2020) na pesquisa “Uso de investigação multidisciplinar para diagnóstico de processos erosivos lineares urbanos em uma voçoroca no bairro do Bequimão – São Luís – MA”, verificaram a eficiência de obter um diagnóstico multidisciplinar da suscetibilidade à erosão de uma área. Por meio deste estudo, os autores concluíram que a caracterização geotécnica, caracterização do meio físico, uso do solo e cobertura vegetal são os principais fatores apontados como responsáveis para o aceleramento de processos erosivos na área estudada.



Na nota explicativa da “Geodiversidade da Ilha do Maranhão”, do Serviço Geológico do Brasil (2020), foi proposto um levantamento da geodiversidade dos quatro municípios que compõem a Ilha, identificando a geologia, geomorfologia, pedologia, hidrogeologia, recursos minerais, geoturismo e agricultura que possibilitam entender a dinâmica ambiental da área e conhecer os fatores que ajudam na expansão dos processos erosivos existentes no local estudado.

No artigo “Análise geomorfológica e processos erosivos acelerados na bacia hidrográfica do rio Tibiri, Ilha do Maranhão” realizado para analisar os fatores geoambientais relacionados aos processos erosivos, constatou-se que o relevo e o processo de urbanização do local contribuem para o aceleração dos processos existentes na área de estudo (Andrade *et al.* 2022).

Conforme Rabelo (2022) em “Geoconservação e risco de degradação em ambientes costeiros: uma proposta de avaliação do geopatrimônio costeiro dos municípios de Raposa–MA e Galinhos-RN, Brasil”, por meio de sua avaliação dos ambientes costeiros destes municípios, caracterizou-os como ambientes de áreas sensíveis, e isso se deve aos fenômenos oceanográficos, pela ocupação humana e suas diversificadas formas de uso, sendo assim, suscetível a degradação.

Em “Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo - estudo de caso da voçoroca do Sacavém - São Luís –MA”, foi analisado o uso de técnicas de bioengenharia para recuperação de voçoroca e após o estudo foi comprovada a eficiência das técnicas usadas, sendo um exemplo de sucesso em São Luís-MA (Guerra, Bezerra e Jorge, 2023).

No estudo “Degradação dos solos por erosão acelerada e políticas públicas ambientais na bacia do rio Bacanga, Ilha do Maranhão”, foram analisadas as políticas públicas de preservação ambiental e como o descumprimento dessas colaborava para o surgimento e aceleração de processos erosivos. Como resultado, ficou evidente que na área, existe inúmeras políticas de preservação ambiental, no entanto, alguns agentes sociais se aproveitavam da falta de fiscalização e praticam ações que descumprem a lei e favorece o surgimento de erosões em toda a área (Govêa, Bezerra e Lisboa, 2024).

E no “Mapeamento de áreas potenciais à erosão laminar na bacia hidrográfica do rio dos Cachorros, São Luís - Maranhão”, foram mapeadas as áreas com potencial laminar e os resultados obtidos comprovam que fenômenos naturais combinados ao uso e ocupação, retirada da camada vegetal e mineração, facilitam o surgimento dos processos erosivos (Lisboa , Bezerra e Govêa, 2024).



FATORES CONTROLADORES

A ilha do Maranhão, localiza-se na porção Norte do estado, mais precisamente na parte central do Golfão Maranhense. Por esse motivo, “suas feições geomorfológicas se inserem em sistema estuarino, sendo composto por planícies flúvio-marinhas, planícies marinhas, campos de dunas fixas, campos de dunas móveis, planícies fluviais e lacustres e planície lamosa” (CPRM, p.32, 2020).

Essas feições geomorfológicas são constantemente modeladas por agentes naturais e sociais, impondo vulnerabilidades socioambientais em toda a área da Ilha. Uma dessas vulnerabilidades é ao surgimento de processos erosivos de diferentes escalas, que tem o seu aparecimento ligado as características naturais da área e que são acelerados por ações de agentes sociais

Para constatação da existência de processos erosivos na área de estudo, foram levantadas 15 pesquisas voltadas a temática conforme apresentado da tabela abaixo.

TABELA 1 – Tipo de pesquisa

RESUMOS	ARTIGOS	MONOGRAFIA	DISSERTAÇÕES	TESE	LIVRO
3	6	1	3	1	1
TOTAL	15 PESQUISAS				

FONTE: Elaborado pela autora, (2024)

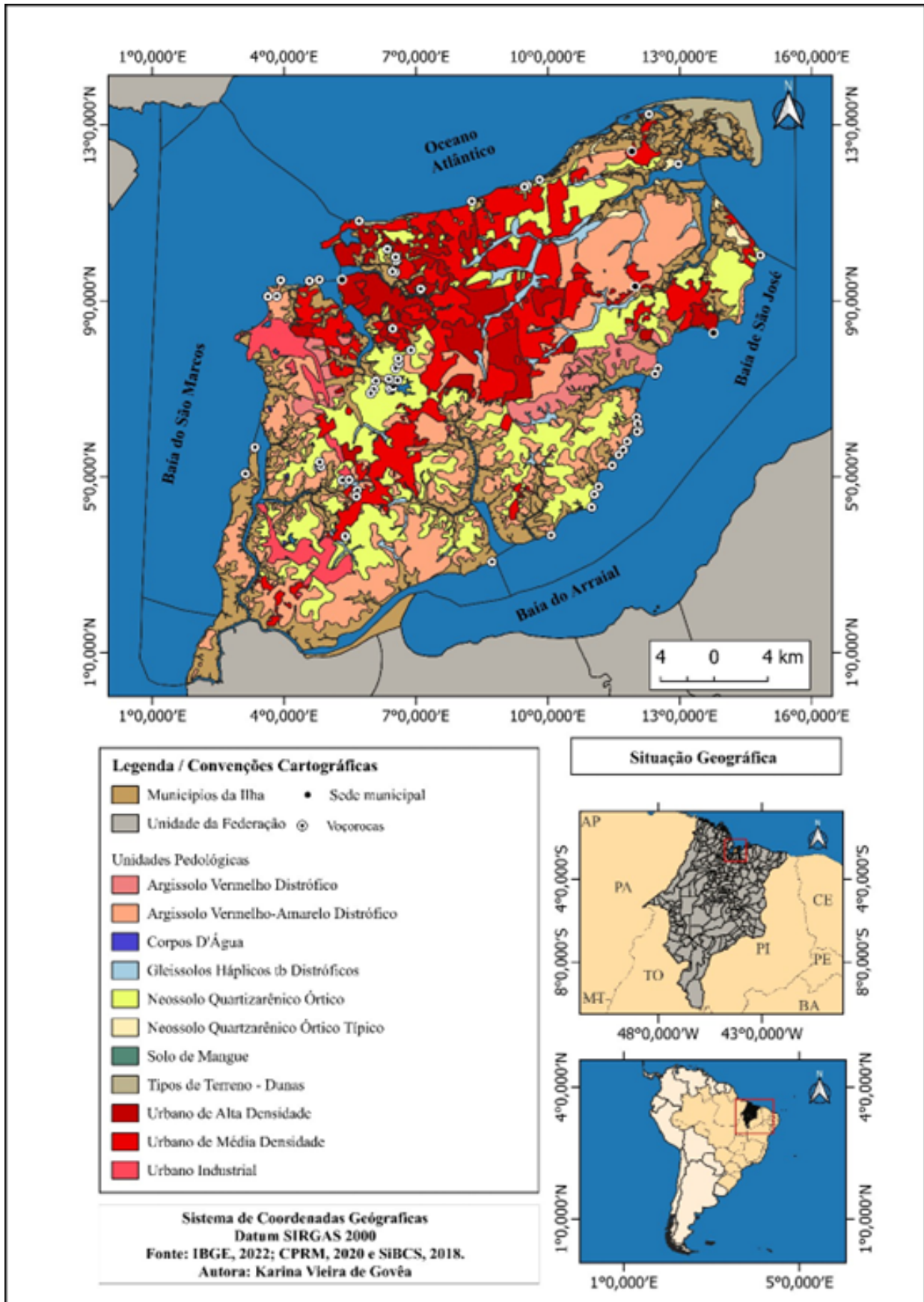
A partir destas pesquisas constatou-se o total de 67 processos erosivos em toda a Ilha do Maranhão.

Os autores quase como em consenso apontam que um dos motivos para aparecimento dos processos erosivos na Ilha é o tipo de solo das áreas onde essas erosões se encontram. Foi possível identificar conforme apresentado no mapa (figura 4), que as erosões se encontram em maior parte em solos urbanos, que justificam uma maior exploração do solo, favorecendo seu empobrecimento e sua exposição e em argisolos, solos muito suscetíveis à erosão (Viana et al. 2014).

Além dos tipos de solos, os autores que foram analisados, afirmam que as características geoambientais da Ilha do Maranhão associadas as ações humanas ajudam a agravar um problema de caráter natural, promovendo além da perda de sedimentos dos solos, assoreamento de cursos d'água, infertilização do solo, danos matérias e em casos extremos, perdas de vidas humanas.



FIGURA 4 – Mapa dos processos erosivos e tipo de solo na Ilha do Maranhão



FONTE: Elaborado pela autora, (2024).



ESPACIALIZAÇÃO DOS PROCESSOS EROSIVOS NA ÁREA DE ESTUDO

Essas erosões estão distribuídas nos quatro municípios da Ilha do Maranhão, e apresentam-se conforme a tabela a seguir.

TABELA 2 – Distribuição dos processos erosivos por município

MUNICÍPIO	TOTAL
São Luís	45
São José de Ribamar	15
Paço do Lumiar	4
Raposa	3

FONTE: Autores (2024).

Com base nestes dados, constatou-se que a maior parte dos processos erosivos estão na capital maranhense, podendo ser justificado pelo fato de possuir a maior área urbanizada em comparação aos três outros municípios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As erosões dos solos configuram-se como um problema natural, mas que podem ser agradas a partir de ações humanas. Na Ilha do Maranhão, existem pelo menos 67 processos erosivos distribuídos entre os municípios de Raposa, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e São Luís. Nesse sentido, o estudo analisou 15 pesquisas que foram desenvolvidas no lapso temporal de 2002 a 2024.

Esses processos erosivos tem o seu aparecimento ligado as características naturais da Ilha, incluindo a geologia, geomorfologia, a pedologia, regimes de chuvas entre outros. Podendo gerar diversos transtornos e problemas aos moradores na localidade. No entanto, as erosões podem ser controladas e até recuperadas em alguns pontos, desde que haja interesse por parte das autoridades competentes e a colaboração da população.

Entender como ocorrem os processos erosivos e a maneira correta de preveni-los é essencial para impedir que os problemas gerados pelos menos não sejam de grandes proporções.



REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. Q. de. **POR UMA CIÊNCIA DOS RISCOS E VULNERABILIDADES NA GEOGRAFIA** (a science of the risks and vulnerabilities to geography). **Mercator**, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 83 a 99, nov. 2011. ISSN 1984-2201. Available at: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/559>>. Date accessed: 18 July 2024.
- Andrade, L. A., Bezerra, J. F. R., de Moraes, M. S., Lisboa, G. S., Pinto, E. J. G., & Matos, M. V. C. (2022). **ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA E PROCESSOS EROSIVOS ACELERADOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBIRI, ILHA DO MARANHÃO**. *Formação (Online)*, v. 29, n. 54, p. 593-618, 2022.
- ARAUJO, G. H. de S.; de ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão Ambiental De Áreas Degradadas**. Rio de Janeiro, Editora Bertrand, 2005.
- BATISTA, E. M.; SOUZA FILHO, P. W. M.; SILVEIRA, O. F. M. Avaliação de áreas deposicionais e erosivas em cabos lamosos da zona costeira Amazônica através da análise multitemporal de imagens de sensores remotos. **Revista Brasileira de Geofísica**, [S.l.], v. 27, n. 5, p. 83-96, 2009.
- BERBERT-BORN, M.L.C.; TRAJANO, E.; CALUX, A.S.; BARBOSA, E.P.; RIBEIRO, L.C.B.; MACEDO NETO, F.; SANCHÉZ, L.E.; SANCHÉZ, S.S; NERI, A.C.; LOBO, H.A.S. O carste: um tipo particular de ambiente. In: SANCHÉZ, L.E.; LOBO, H.A.S. **Guia de boas práticas ambientais na mineração de calcário em áreas cársticas**. Sociedade Brasileira de Espeleologia, Campinas. 2016.
- BOULTON, G. S. 1979. *Processes of glacial erosion on different substrata*. *Journal of Glaciology*, 22: 15-38.
- CAMÕES, Felizardo Bernardo; UACANE, Mário Silva. Erosão Costeira na Vila Sede de Pebane- Moçambique. **Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente**, v. 24, n. 1, jan-jun, p. 187-202, 2020.
- CARVALHO, N. O. 2008. Hidrossedimentologia prática. 2. ed. Rio de Janeiro: **Interciências**, 599p.
- CHRISTOFOLETTI, A. (1980). **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher.
- CONCIANI, W. Processos erosivos: conceitos e ações de controle. 1 ed. Cuiabá: CEFET - MT, 2008, 148p.
- CPRM. **Geodiversidade da ilha do Maranhão** / Organização [de] José Sidiney Barros [e] Íris Celeste Nascimento Bandeira. – Teresina. 2020.
- DA SILVA, M. S. L. **Estudos da erosão**. EMBRAPA-CPATSA, 1995.
- DIAS, E. R.; SILVA, R. M. ESTIMATIVA DO RISCO À EROSÃO DO SOLO NO MUNICÍPIO DE LUCENA - PARAÍBA. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 16, n. 54, p. 192–204, 2015. DOI: 10.14393/RCG165428006. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/28006>. Acesso em: 18 jul. 2024.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro. 2013. 412p.
- FRANCISCO, A. Boçoroca ou Voçoroca: os conceitos para uma forma erosiva. In: **16º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**. 2018.
- GOVÊA, K. V DE, BEZERRA, J. F. R, LISBOA, G. S. **Degradação dos solos por erosão acelerada e políticas públicas ambientais na bacia do rio Bacanga, Ilha do Maranhão. Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no nordeste brasileiro** [recurso eletrônico] /vários autores; organizado por Antonio Carlos de Barros Corrêa, Daniel Rodrigues de Lira, Lucas Costa de Souza Cavalcanti, Osvaldo Girão da Silva e Riclaudio Silva Santos. - 1. ed. – Ananindeua : Itacaiúnas, 2024. P. 1029-1043.
- GRILO, R.C.; ERNANI, L. **Gestão de bacias hidrográficas com o uso de modelo preditivo de erosão dos solos e sistemas de informação geográfica**. UNAR, Araras, SP, v.2, n.1, p.21-33, 2008.
- GUERRA, A. J. T. ; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.: **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999.
- GUERRA, A.J.T. **O início do processo erosivo**. In: Guerra, A. J. T; Silva, A. S; Botelho, R. G. M. (Orgs). **Erosão e Conservação dos solos – Conceitos, Temas e Aplicações**. 10º ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2015, p. 15-55.



Guerra, A. J. T., Fullen, M. A., Bezerra, J. F. R., & Jorge, M. D. C. O. (2018). Gully erosion and land degradation in Brazil: a case study from São Luís Municipality, Maranhão State. **In Ravine lands: greening for livelihood and environmental security** (pp. 195-216). Singapore: Springer Singapore.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; JORGE, M. do C. O. Recuperação de voçorocas e de áreas degradadas, no Brasil e no mundo-estudo de caso da voçoroca do Sacavém-São Luís-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, n. 00, 2023.

KOMAR, P. D. **CRC handbook of coastal processes and erosion**. 1983.

LISBOA, G. S. ; BEZERRA, J. F. R. ; GOVÊA, K. V. de: MAPEAMENTO DE ÁREAS POTENCIAIS À EROSÃO LAMINAR NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS CACHORROS, SÃO LUÍS- MARANHÃO. **Revista Contexto Geográfico**, Maceió-AL, v.9, n. 18, p.317-325, fevereiro, 2024. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/contextogeografico/issue/view/747>.

MENDONÇA, J Karina S., Mendes, M. R., Alves, I. S., Guerra, A. J. T., & Feitosa, A. C. Mapeamento e Monitoramento dos Processo Erosivos no Município de São Luís/MA. **Simpósio Nacional de Geomorfologia**, v. 9, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2018b. **Panorama da Erosão Costeira no Brasil [recurso eletrônico]. Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental**, Departamento de Gestão Ambiental Territorial; Organização Dieter Muehe. –Brasília, DF. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80342/Panorama_erosao_costeira_Brasil.pdf.

MORAIS, M.S de. **IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS POR PROCESSOS EROSIVOS EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís-MA**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Maranhão–São Luís.

NEARING, M.A.; PRUSKI, F.F.; O NEAL, M.R. Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. **Journal of Soil and Water Conservation**, 59, 1, 43-50, 2004

NUNES, A. N.; ALMEIDA, A. C.; COELHO, C. O. A. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. **Applied Geography**, v.31. p.687-699, 2011.

OLIVEIRA, Izabelly Victoria Alves de et al. **Análise de riscos erosivos na bacia hidrográfica do Rio Jaboatão-PE**. 2019.

OLIVEIRA, F. F.; ARAUJO, RC de. Uso de investigação multidisciplinar para diagnóstico de processos erosivos lineares urbanos em uma voçoroca no bairro do Bequimão-São Luís-MA. **Geografia Ensino e Pesquisa, Santa Maria/RS**, v. 22, n. 38, p. 1-30, 2020.

PEREIRA, L. S.; RODRIGUES, A. M.; JORGE, M. C. O.; GUERRA, A. J. T.; COLIN, A. B.; FULLEN, M. A.. Detrimental effects of tourist trails on soil system dynamics in Ubatuba Municipality, São Paulo State, Brazil. **Catena**, 216, 106431, Part A. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106431>

RABELO, T. O. **Geoconservação e risco de degradação em ambientes costeiros: uma proposta de avaliação do geopatrimônio costeiro dos municípios de Raposa-MA e Galinhos-RN, Brasil**. 2022.

Raposo, G. A. R. **Caracterização de processos erosivos nas falésias das praias de Panaquatira e Olho D'Água, ilha do Maranhão/MA** / Gustavo Alexsandro Rodrigues Raposo. – São Luís, 2020. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Rubira, F. G., Melo, G. do V. de, & Oliveira, F. K. S. de. (2016). PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO DOS CONCEITOS DE EROSÃO EM AMBIENTES ÚMIDOS DE ENCOSTA. **Revista De Geografia**, 33(1). Recuperado de <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/229235>

SANTOS, R. F. (org.) **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos**. Brasília: MMA, 2007

SANTORO, J. **Desastres naturais: conhecer para prevenir** / Organizadores Lídia Keiko Tominaga, Jair Santoro, Rosângela do Amaral – 3a ed. c.5 - São Paulo : Instituto Geológico, 2015.

SOUSA, P. R. de. **Análise de áreas degradadas por processos erosivos no baixo curso da bacia hidrográfica do rio Anil, Ilha do Maranhão** / Paula Ramos de Sousa. Dissertação (Mestrado) – Curso de Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, – São Luís, 2018.



Souza, L. C., Portela, A. K. O., Lisboa, G. S., Bezerra, J. F. R. (2017). Caracterização granulométrica dos solos em processos erosivos na bacia do rio Anil, ilha do Maranhão. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 6572-6576, 2017.

TORRES, F. S. de M. **Carta de Suscetibilidade a Movimentos de Massa e Erosão do Município de Ipojuca-PE**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2014.

VEYRET, Y.. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. In: **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. 2007. p. 319-319.

Viana, J. D., Silva, T. P., Júnior, F. A., Morais, M. S., Lisboa, G. S., & Bezerra, J. F. R. (2014). MONITORAMENTO DOS PROCESSOS EROSIVOS POR VOÇOROCAMENTO NO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR, ILHA DO MARANHÃO (MA). **REVISTA GEONORTE**, v. 5, n. 14, p. 188-192, 2014.

VIANA, J. D.; BEZERRA, J. F. R. Diagnóstico de erosões urbanas no bairro Araçagy em São José de Ribamar-MA. **XII Simpósio Nacional de Geomorfologia (Sinageo)**, v. 12, 2018.

XAVIER, R. A. Processos erosivos superficiais no município de Juazeirinho, Região Semiárida da Paraíba. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 2, p. 113–122, 2016. DOI: 10.21680/2447-3359.2016v2n0ID10465. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10465>. Acesso em: 18 jul. 2024.



ESTUDO BIBLIOMÉTRICO DAS PESQUISAS EM ETNOGEOMORFOLOGIA

Emanuel Lindemberg Silva Albuquerque ¹

Karoline Veloso Ribeiro ²

Karen Veloso Ribeiro ³

Antônio Jeovah de Andrade Meireles ⁴

PALAVRAS-CHAVE: Etnociência, Etnogeomorfologia, Análise de conteúdo.

RESUMO

Ao considerar que a investigação científica do conhecimento tradicional, nos últimos anos, vem adquirindo força e robustez na compreensão do ambiente, constata-se a crescente capacidade de entendimento das ações que imperam no espaço geográfico, revelando aspectos bastante peculiares e direcionando novos olhares epistemológicos. Nesta perspectiva, ganha evidência a Etnociência, ao contribuir com a compreensão dos estudos da sociedade científica sobre as comunidades tradicionais e locais. Diante do campo de investigação das Etnociências, a Etnogeomorfologia veio para incluir e compreender o papel do ser humano como um agente cultural ativo, extremamente importante dentro do sistema geomorfológico, daí a importância de tal abordagem. Com base no exposto, buscou-se realizar uma análise sobre o estudo bibliométrico em Etnogeomorfologia, considerando os artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais. O objetivo foi analisar a produção científica entre os anos de 2012 e 2022, e apresentar o panorama do conhecimento científico nessa área do conhecimento geomorfológico. A metodologia foi aplicada a partir da coleta de artigos nas bases do Portal de Periódicos Capes, Science Direct, Web of Science e Google Scholar. A pesquisa se delineou por meio da revisão de literatura, com a finalidade de levantar as referências encontradas sobre o tema investigado. Foi realizada a análise prévia dos estudos através dos descritores: “Etnogeomorfologia”, “Ethnogeomorphology”, “Etnoecologia e Etnogeomorfologia”, “Ethnoecology and Ethnogeomorphology”, “Etnogeomorfologia e Paisagem”, “Ethnogeomorphology and Landscape”, “Paisagem Etnogeomorfológica” e “Ethnogeomorphological Landscape”. Após a estruturação do banco de dados, foram selecionados 31 artigos e definidos dois eixos temáticos: i) classificação e uso da paisagem etnogeomorfológica (CUPE) e; ii) os estudos conceituais (EC). O país que abrigou o maior número de publicações foi o Brasil, totalizando 91,4%, com destaque para o ano de 2014, mas com artigos publicados em todos os anos analisados (totalizando 21 artigos). Em seguida, México e Suíça, com 4,3% cada, nos anos de 2014 e 2018. No cerne das pesquisas brasileiras, destacaram-se as regiões Nordeste (19), Norte (1) e Sudeste (1), não havendo publicações nas demais regiões dentro do recorte temporal adotado.

¹ Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFPI, lindemberg@ufdpar.edu.br

² Docente do Curso de Geografia - UFPI, karoline.veloso@ufpi.edu.br

³ Professora Tutora do CEAD - UFPI, karenvelosoribeiro@gmail.com

⁴ Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFC, meireles@ufc.br



É importante evidenciar que o atual estágio da produção acadêmica demonstrou que a ciência geomorfológica vem experimentando refinadas abordagens conceituais, teóricas e metodológicas, alargando as possibilidades aplicativas aos temas historicamente vinculados às Etnociências. Neste sentido, a pluralidade e recente abordagem teórica que envolve a Etnogeomorfologia, associado aos avanços metodológicos, conceituais e a diversidade temática, podem lançar luz à epistemologia dos estudos de Geografia. Além disso, consolida a tendência da abordagem integrada no atual cenário da ciência geomorfológica brasileira.

INTRODUÇÃO

Aprimoramentos teórico-metodológicos são inerentes às práticas de todos os ramos e setores do conhecimento científico (SILVA; RIBEIRO; AQUINO, 2015). Isto fica evidenciado ao examinar a evolução dos aportes teóricos e dos procedimentos metodológicos da Geografia, enquanto ciência moderna, contemplada por uma sólida estrutura epistemológica.

Neste âmbito, a investigação científica do conhecimento tradicional, nos últimos anos, vem adquirindo força e robustez, ao demonstrar crescente capacidade de entendimento dos ambientes naturais, revelando aspectos bastante peculiares e direcionando novos olhares epistemológicos na busca de desconstruir os saberes hegemônicos, deixando claro que não existe uma visão unificada de esquemas gerais (ESCOBAR, 2005). O que coloca em evidência a Etnociência, ao contribuir com a compreensão dos estudos da sociedade científica sobre as comunidades tradicionais e locais (DIEGUES, 2008).

As Etnociências apoiam-se em avaliações antropológicas, cujos saberes consistem em um conjunto de habilidades possíveis de serem transmitidas ao longo das gerações (via oralidade ou pelas experiências cotidianas), e buscam compreender como comunidades com cultura própria interagem com a flora, fauna e com o próprio lugar e território que habitam (ALVES; MARQUES, 2005; RIBEIRO, 2016).

Surgiu em meados do século XX, e se dedica ao saber de uma determinada cultura, tendo como fundamento principal documentar, estudar e valorizar conhecimentos e práticas dos povos tradicionais (COUTO, 2018).

Oriunda do campo de investigação das Etnociências, a Etnogeomorfologia veio para incluir e compreender o papel do ser humano como um agente cultural ativo, extremamente importante dentro do sistema geomorfológico (RIBEIRO, 2012).



Logo, a busca pela compreensão dos fenômenos e componentes da natureza, no cerne da ciência geográfica, passou pelo escopo de ação da Geomorfologia, a qual vem enveredando por novos caminhos e experimentando contínuos avanços desde o século XXI (SILVA; RIBEIRO; AQUINO, 2015).

Na busca por um rumo teórico e metodológico sobre a Etnogeomorfologia, Ribeiro (2012) enfatizou que os saberes etnogeomorfológicos são interdisciplinares e transdisciplinares, e resultaram do cruzamento e do diálogo entre as ciências naturais, sociais e humanas (ALVES; RIBEIRO, 2014).

Posto isso, a Etnogeomorfologia, sendo uma vertente da Geomorfologia, tenta entender a percepção que comunidades tradicionais têm sobre o relevo e os processos morfoesculturais (MATOS; FALCÃO SOBRINHO, 2022).

Sinteticamente, elege-se aqui a paisagem como categoria de análise, entendendo ser reflexo de um cenário que comporta as interações estabelecidas pelos componentes físicos e naturais (clima, relevo, solo, cobertura vegetal, comunidades biológicas), sociais (econômicos, culturais) e intervenção humana (modificadora e construtora, às vezes, destruidora do espaço) que a faz ser um todo orgânico, isto é, dotada de vida (BERTRAND, 1972).

Vale salientar que a Etnogeomorfologia tem suas origens no início do século XXI, que a torna uma área do conhecimento recente, em construção, mas que tem evoluído nos últimos anos devido ao maior interesse dos pesquisadores em entender e valorizar os saberes tradicionais (MATOS; FALCÃO SOBRINHO, 2022).

Isto impulsionou, por sua vez, o amadurecimento e o aprimoramento epistemológico da Geomorfologia, e as possibilidades aplicativas desta ciência aos temas historicamente vinculados às Etnociências e, especialmente, à Etnogeomorfologia.

O que se observa é que o conhecimento científico desenvolvido ao longo dos últimos séculos encontra-se em elevado grau de especialização e fragmentação. Apesar dos avanços trazidos pela verticalização do conhecimento, ainda se observa uma dificuldade de entender o todo, de maneira a conseguir contemplar todas as variáveis envolvidas, o que demanda um conjunto de conhecimentos e metodologias que vão desde os matemáticos, atravessando os biólogos, geográficos, até os sociais, dentre inúmeros outros campos do saber (BARRETO; VILLAS BOAS, 2022).

Apesar disso, ocorre atualmente uma busca pela compreensão holística e integrada dos sistemas complexos utilizando-se de tais conhecimentos fragmentados e de novas abordagens inter e transdisciplinares (CAPRA, 2012).

Neste contexto de complexidade de definições e propósitos das ciências que tratam das questões espaciais, as Etnociências emergem como corpos de conhecimentos que



não refutam leis universais, mas agregam às discussões, outras formas de pensar, tão válidas e explicativas quanto as que emanam da academia (FARIAS, CORRÊA; RIBEIRO, 2020).

De cunho bibliométrico a pesquisa evidenciou artigos científicos de estudiosos que reforçaram as argumentações a respeito dos preceitos teóricos e conceituais da Geomorfologia e das Etnociências, com ênfase na Etnogeomorfologia, possibilitando um estudo amplo, detalhado e atualizado no contexto da investigação científica.

Ao considerar que o saber tradicional pode ser uma ferramenta que contribuirá para o sistema de classificação da paisagem e, conseqüentemente, das formas e processos que moldam o relevo, é profícua no estabelecimento de etnomodelos para analisar a produção científica relacionada ao tema da Etnogeomorfologia no mundo, entre os anos de 2012 e 2022. Foi possível, com isso, inferir o panorama atual, a evolução e as tendências temáticas abordadas nas publicações e as abordagens prevalentes.

Parte-se, então, da premissa de que o acolhimento de novos métodos e o reconhecimento de novos enfoques temáticos representam, para muitos, o rejuvenescimento da Etnogeomorfologia, despertando o interesse por parte dos pesquisadores em investigar esse tema.

Esta pesquisa, por sua vez, é essencialmente de cunho teórico, a fim de salientar que a Etnogeomorfologia ocupa não somente uma posição central como estratégia produtiva para focar o desenvolvimento multidimensional (LARAIA, 2009), mas também para colocar em pauta métodos de investigação mais refinados de modo a levar a ciência geomorfológica a novas abordagens conceituais, teóricas e metodológicas.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

O banco de dados foi elaborado através da publicação de artigos disponíveis nas bases do Portal de Periódicos Capes, *Science Direct*, *Web of Science* e *Google Scholar* entre os anos de 2012 a 2022. A pesquisa se delineou por meio de revisão de literatura, com a finalidade de levantar as referências encontradas sobre o tema investigado.

Foi realizada a análise prévia dos estudos através dos descritores: “Etnogeomorfologia”, “*Ethnogeomorphology*”, “Etnoecologia e Etnogeomorfologia”, “*Ethnoecology and Ethnogeomorphology*”, “Etnogeomorfologia e Paisagem” e “*Ethnogeomorphology and Landscape*”, “Paisagem Etnogeomorfológica” e “*Ethnogeomorphological Landscape*”.

Cabe mencionar que os materiais que estavam fora do escopo da pesquisa, nos quais abordaram questões, como Geografia Física aplicada em seu sentido estrito (e.



g. geomorfologia aplicada, mapeamento e sensoriamento remoto, entre outros), com discussões meramente técnicas, não vinculando os conteúdos com as Etnociências, foram descartados, uma vez que foge do objetivo da pesquisa.

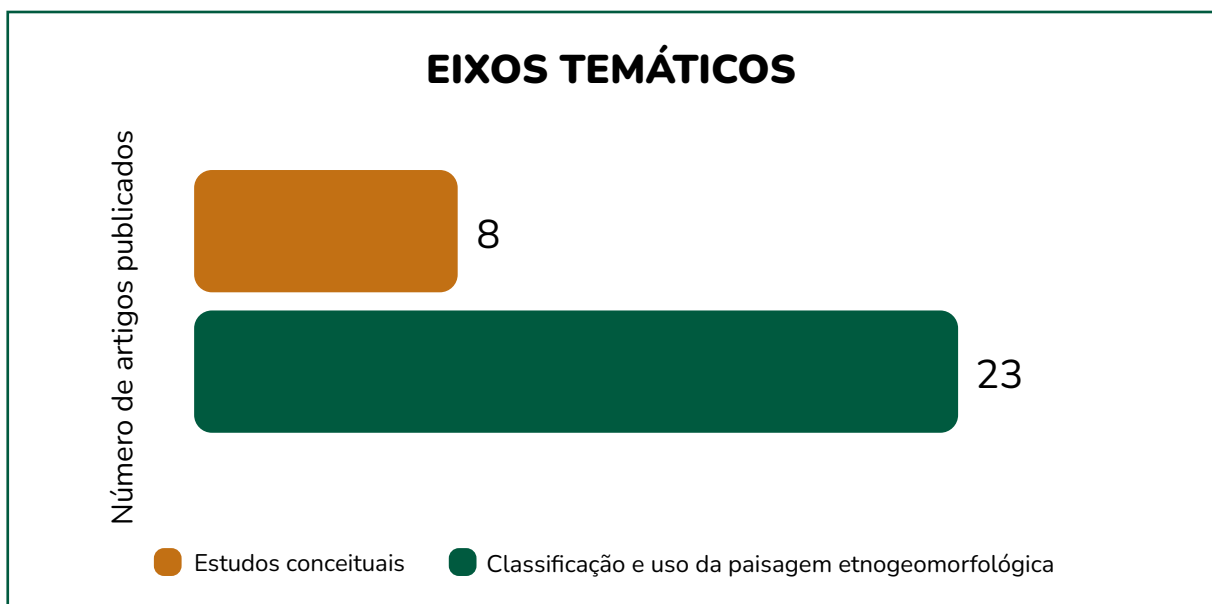
Posteriormente, foram realizadas as análises expressas dos resultados por meio de fichamentos e sínteses para fins interpretativos e comparativos, permitindo, assim, o fornecimento de informações como: conteúdo central do texto, número de trabalhos publicados por eixo temático, distribuição das pesquisas no mundo e a evolução do tema investigado. Vale salientar que o método de abordagem se caracterizou como misto (CRESWELL, 2007), com os dados apresentados quali-quantitativamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de trabalhos na área de Etnogeomorfologia por eixo temático pode ser visualizado na figura 1. Destaca-se que os assuntos centrais do total de escritos analisados

(31) foram relacionados aos eixos temáticos: Estudos conceituais (EC) e classificação e uso da paisagem etnogeomorfológica (CUPE).

FIGURA 1. Número de artigos publicados entre 2012 e 2022.

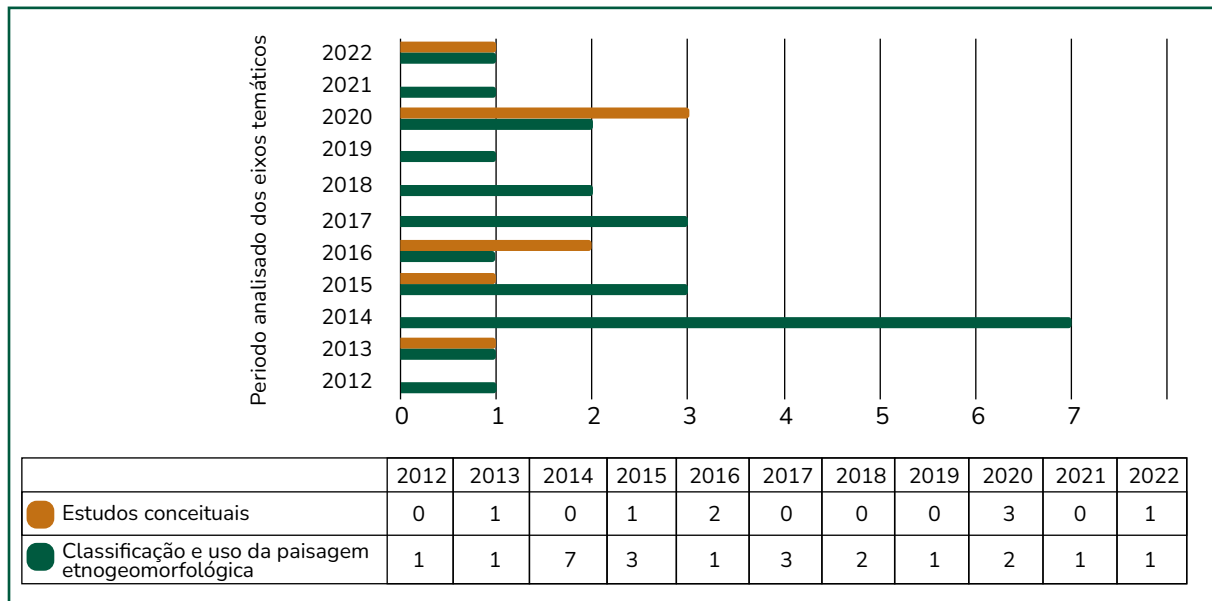


FONTE: Autores (2023)

De modo a evidenciar a evolução dos eixos temáticos por ano, acerca da Etnogeomorfologia, elaborou-se a figura 2. Foi possível constatar que o ano de 2014 se destacou pela CUPE, seguido do ano de 2017. O eixo EC avançou em maior abordagem do tema no ano de 2017, entretanto, ainda relacionados com baixo aporte de artigos sobre os temas analisados.



FIGURA 2. Artigos por eixos temáticos.



FONTE: Autores (2023)

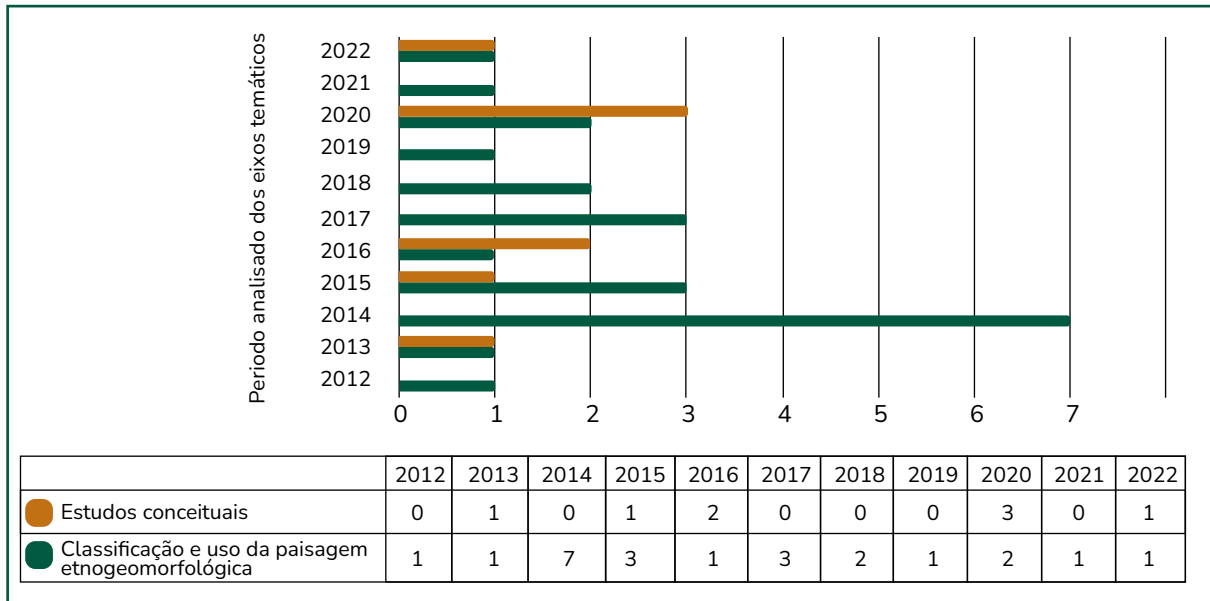
Ao analisar os dados apresentados, embora o eixo CUPE tenha dado a tônica na maioria dos estudos, deve-se reconhecer que foram pesquisas que levantam temas e problemas diferenciados, suscitando metodologias e perspectivas teóricas específicas, o que causou interesse por parte dos pesquisadores. Possivelmente, devido ao fato de as tendências temáticas contribuírem de forma sistemática para análise e gestão dos problemas ambientais, os quais estão inerentemente relacionados ao uso e ocupação inadequados da natureza, justificando, assim, os índices de trabalhos neste.

Ao considerar o recorte espacial analisado, percebeu-se que o eixo temático CUPE foi abordado em todo o intervalo temporal, com destaque para o ano de 2014, quando foi observado o maior número de artigos (7). Em contrapartida, o eixo EC apareceu pela primeira vez no ano de 2013, seguido pelos anos 2015 e 2016, e ressurgiu em 2020 (3) e 2022 (1).

Em conformidade com os dados apresentados, os 8 artigos conceituais - WILCOCK; BRIERLEY; HOWITT, 2013; PINHEIRO; FERREIRA, 2015; LOPES; RIBEIRO, 2016; RIBEIRO, 2016; FARIAS; CORRÊA; RIBEIRO, 2020; FERREIRA et al., 2020; TRINDADE JUNIOR; SANTOS; TEIXEIRA, 2020; MATOS; FALCÃO SOBRINHO, 2022 - não foram vinculados a nenhuma área geográfica especificamente. Neste sentido, para efeito de quantificação das pesquisas realizadas no mundo, considerou-se somente a análise dos 23 textos correspondentes ao eixo CUPE para efeito de aplicabilidade por continente (fig. 3).



FIGURA 3. Panorama das publicações etnogeomorfológicas realizadas no mundo nos anos de 2012 a 2022.



FONTE: Autores (2023)

Logo, foram considerados os seguintes elementos: i) escala de análise; ii) local de pesquisa; iii) ambiente pesquisado e iv) temática abordada. De acordo com Elias *et al.* (2012), esse tipo de revisão permite estabelecer relações com produções anteriores, identificar temáticas recorrentes, além de apontar novas perspectivas.

Ao analisar os dados apresentados, foi possível constatar que a quantidade de trabalhos foi baixa, visto que os estudos se encontraram restritos aos continentes europeu e americano. No entanto, esses dados revelaram se tratar de uma área recente, carecendo, portanto, de novos estudos teórico-prático-metodológicos.

Portanto, ao analisar em bloco o eixo temático CUPE, foram identificados os seguintes enfoques para a abordagem etnogeomorfológica, como mostra o quadro 1.



QUADRO 1. Enfoque das publicações etnogeomorfológicas realizadas no mundo nos anos de 2012 a 2022.

CONTINENTE	AUTOR (ANO)	LOCAL DE PESQUISA	AMBIENTE PESQUISADO	TEMÁTICA ABORDADA
América do Sul	Lopes, Costa e Ribeiro (2013)	Crato – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Alves e Ribeiro (2014)	Caririaçu – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Carvalho Neta et al., (2014)	Barbalha – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Lopes et al., (2014)	Crato – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Lopes e Pereira (2014)	Barbalha – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Ribeiro, Carvalho Neta e Lima (2014)	Barbalha – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Sampaio e Ribeiro (2014)	Porteiras – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Corrêa, Marçal e Ribeiro (2015)	Sub-bacia do rio Salgado – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Ribeiro (2015)	Mauriti – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Trindade Júnior e Ferreira (2015)	Mossoró – RN (Brasil)	Unidades morfoesculturais dos desertos salinos	CUPE
América do Sul	Falcão et al., (2016)	Uiramutã – RR (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Antunes, Macêdo e Ribeiro (2017)	Jardim – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Silva, Lopes e Girão (2017)	Goiana – PE (Brasil)	Unidades morfoesculturais marinhas	CUPE
América do Sul	Sousa, Macedo e Ribeiro (2017)	Granjeiro – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Antunes e Ribeiro (2018)	Jardim – CE (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Torre (2018)	Oaxaca (México)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Ribeiro et al., (2019)	Jardim do Mulato – PI (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Lopes e Girão (2020)	Goiana – PE (Brasil)	Unidades morfoesculturais marinhas	CUPE
América do Sul	Ribeiro, Albuquerque e Barros (2020)	Santo Antônio dos Milagres – PI (Brasil)	Unidades morfoesculturais terrestres	CUPE
América do Sul	Lopes, Girão e Ribeiro (2021)	Goiana – PE (Brasil)	Unidades morfoesculturais marinhas	CUPE
América do Sul	Barreto e Villas Boas (2022)	APA Macaé de Cima – RJ (Brasil)	Unidades morfoesculturais Terrestres	CUPE

FONTE: Autores (2023).



O estudo europeu realizado por Derungs e Purves (2014) abordou a CUPE, tendo como recorte a Suíça. Os referidos autores analisaram como as paisagens montanhosas dos Alpes suíços foram descritas e como abordagens complementares auxiliaram os conceitos da paisagem geomorfológica. Dentre os elementos utilizados para diferir as unidades etnogeomorfológicas, destacaram-se os caracteres topográficos, refletindo forte relação entre topônimo e topografia.

Os estudos nas Américas do Sul e do Norte também versaram sobre a CUPE, mas especialmente em duas vertentes: terrestre e marinha. No México, por exemplo, Torre (2018) fez uso de uma abordagem mais teórico-conceitual sob o enfoque interdisciplinar da paisagem e de diálogo frente a outros saberes, especialmente no âmbito da linguística, para verificar como uma língua específica usa termos mais generalistas ou mais restritivos para conceituar e interiorizar as diferentes partes do relevo e da paisagem.

Para isso, apropriou-se das contribuições da Etnofisiografia na categorização da paisagem. Concentrou-se em elementos da cosmovisão e dos sistemas de conhecimento de crenças e de costumes dos povos para distinção das formas de relevo e da paisagem, em geral.

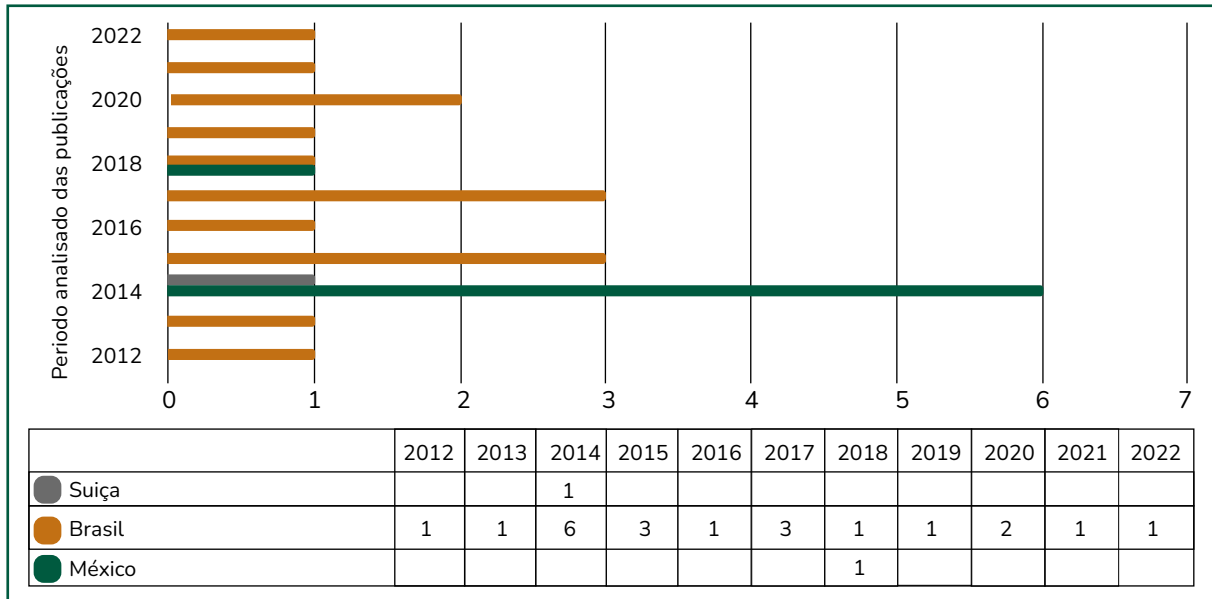
Através de discussão crítica, Torre (2018) enfatizou a importância da aproximação entre o saber popular e o científico, argumentando que os saberes dissociados não são totalmente válidos, tornando-se incompletos. Em acréscimo, ele destaca que o diálogo entre o conhecimento científico e o saber popular poderia reduzir as contradições e as desigualdades existentes. O que suscitaram reflexões sobre o interesse de outras ciências e das diversas origens linguísticas sobre a forma de ver o mundo.

Nos demais artigos analisados, embora evidenciada a recorrência pelo uso das terminologias, princípios, conceitos e métodos próprios da Geomorfologia, a elaboração de mapas geomorfológicos, inserindo os preceitos da Etnogeomorfologia, mostrou-se bastante assíduo, fato este que pode ser utilizado como parâmetro para evidenciar a importância traçada por esse novo subcampo.

O país que abrigou o maior número de publicações foi o Brasil, totalizando 91,4%, com destaque para o ano de 2014, com artigos publicados em todos os anos analisados (21). Em seguida, México e Suíça, com 4,3% cada, nos anos de 2014 e 2018, como mostra a figura 4.



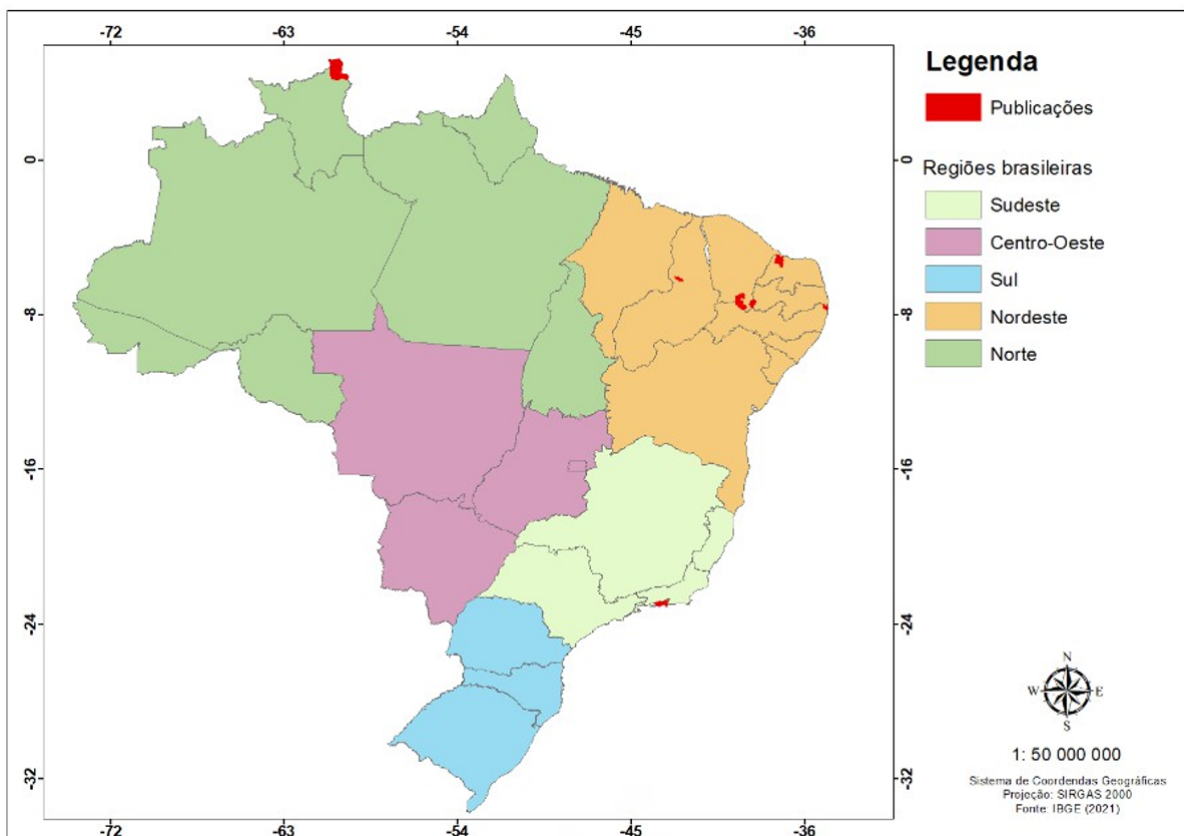
FIGURA 4. Artigo por países.



FONTE: Autores (2023).

No cerne das pesquisas brasileiras, destacaram-se as regiões Nordeste (19), Norte (1) e Sudeste (1), não havendo publicações nas demais regiões brasileiras dentro do recorte temporal adotado, como mostra a figura 5.

FIGURA 5. Distribuição das publicações etnogeomorfológicas realizadas no Brasil nos anos de 2012 a 2022.



FONTE: Autores (2023)



Na região Nordeste, o estado do Ceará foi o que obteve o maior número de pesquisas realizadas (13), seguido dos estados de Pernambuco (3), Piauí (2) e Rio Grande do Norte (1). No Ceará, destacam-se os trabalhos de Ribeiro *et al.* (2012), Lopes, Costa e Ribeiro (2013), Alves e Ribeiro (2014), Carvalho Neta *et al.* (2014), Lopes *et al.* (2014), Lopes e Pereira (2014), Ribeiro, Carvalho Neta e Lima (2014), Sampaio e Ribeiro (2014), Corrêa, Marçal e Ribeiro (2015), Ribeiro (2015), Antunes, Macêdo e Ribeiro (2017), Sousa, Macedo e Ribeiro (2017) e Antunes e Ribeiro (2018).

Os estudos supracitados apresentaram a mesma perspectiva de análise – como os atores sociais locais classificaram e manejaram as unidades morfoesculturais; como entendem os processos morfogenéticos; de onde vêm e como usam seus saberes construídos cultural e empiricamente na taxonomia geomórfica. Logo, constatou-se que a distinção das formas de relevo se deu pela maneira como o solo é tratado (uso e manejo da terra), bem como pela declividade do terreno, os quais detalharam de forma pormenorizada o relevo e os processos.

Em Pernambuco, Silva, Lopes e Girão (2017), Lopes e Girão (2020) e Lopes, Girão e Ribeiro (2021) abordaram as dinâmicas hidroclimáticas e os processos modeladores da paisagem, entendidas pelos pescadores artesanais. O viés da pesquisa foi dado à forma como eles classificaram, denominaram e manejaram os sistemas naturais costeiro e estuarino de seus territórios.

Dentre os aspectos morfológicos observados, destacaram-se a dinâmica das marés e as correntes marinhas, e como influenciaram na erosão e deposição em seus espaços de domínio comunitário: a população percebe as mudanças do relevo integradas com as variações das marés e dinâmica estearina. Como consequência disto, relataram as modificações da paisagem costeira e da atividade pesqueira. No entanto, a ação humana foi citada como a principal desencadeadora do “avanço do mar”, em virtude de algumas práticas, tais como o desmatamento, os aterros e a ocupação inadequada, a exemplo dos manguezais.

Quanto às formas de relevo, emersas e submersas, os pescadores reconheceram as croas (barras arenosas – estruturas morfológicas notáveis em ambientes de praia) e os cabeços (feições submersas de formato arredondado presente no assoalho oceânico, possivelmente relacionadas com antigas plataformas de abrasão marinha), constatando que as práticas comunitárias foram integradas com o relevo resultante e derivadas da diversidade, similaridade, sazonalidade e a dinamicidade da natureza sobre a pesca e a morfodinâmica local.



No Piauí, destacaram-se as publicações de Ribeiro *et al.* (2019) e de Ribeiro, Albuquerque e Barros (2020), que identificaram as unidades de relevo para fins de diferenciação e classificação em suas pesquisas com comunidades camponesas dos municípios de Jardim do Mulato e Santo Antônio dos Milagres.

Nestes estudos, as comunidades rurais reconheceram quatro morfofisionomias (costaneira ou morro, chapada, baixa e baixão) e distinguidas com base na altitude do relevo, temperatura do ambiente, cursos d'água, umidade, uso e ocupação do solo, dependendo-se que a percepção da paisagem geomórfica foi influenciada por fatores que controlaram a dinâmica morfoescultural.

No Rio Grande do Norte, Trindade Júnior e Ferreira (2015) pesquisaram sobre a geomorfologia dos desertos salinos do litoral Setentrional de Mossoró, sob a ótica dos atores sociais locais. A proposta de estudo visou contribuir com a construção de uma nova interpretação do relevo, bem como das atividades socioeconômicas ali desenvolvidas.

Na região Norte do Brasil, com destaque para o estado de Roraima, concentrou-se apenas o estudo de Falcão *et al.* (2016). Demonstraram o conhecimento ecológico tradicional do povo indígena Ingarikó, da terra indígena Raposa Serra do Sol, sobre o geoambiente do município de Uiramutã, com notório saber sobre a astronomia, utilizando-a, principalmente, para localizar os componentes da natureza da terra indígena.

No que diz respeito às unidades etnogeomorfológicas, os indígenas reconheceram as unidades como “serra”, “montanhas” e “áreas baixas”; e em relação ao solo, a distinção entre as terras “boas” (férteis) e “ruins” (não férteis), com o solo, a vegetação e a declividade, elementos distintivos das paisagens identificadas.

Na região Sudeste, destacou-se a publicação de Barreto e Villas Boas (2022), os quais procuraram comparar as concepções geomorfológicas científicas e etnográficas na Área de Proteção Ambiental (APA) Macaé de Cima, por meio do uso de sensoriamento remoto e percepção dos agricultores que residem na área.

Neste estudo, foram identificadas quatro feições morfoesculturais (colinas, morros, serras isoladas e locais, e serras escarpadas), com as vertentes denominadas popularmente de “soalheiras”, “ruegas” e “morros”; áreas de baixa altitude, “baixos”; os vales, reconhecidos por “grotas”; as vertentes por “morros” e áreas de alta altitude de “topos”. O clima, a temperatura, a umidade e a orientação da encosta consistiram nos principais fatores para a classificação das taxonomias locais.



Em síntese, embora a Geomorfologia seja o fio condutor das investigações, a percepção que as comunidades tradicionais têm sobre o relevo é o ponto de partida para a análise e compreensão da paisagem geomorfológica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível definir que a Etnogeomorfologia tem suas origens no início do século XXI, o que a torna uma área do conhecimento científico recente e em construção. Em termos de aporte teórico-metodológico e aplicabilidade, a tese de Ribeiro (2012) é o marco da consolidação dos estudos Etnogeomorfológicos no Brasil, da qual derivou artigos que fundamentaram abordagem sistemática, a exemplo das publicações de Ribeiro *et al.* (2012), Carvalho Neta *et al.* (2014), Ribeiro (2015) e Ribeiro, Marçal e Corrêa (2015).

Portanto, a Etnogeomorfologia está apta a cooperar com a análise e gestão dos sistemas naturais, demonstrando várias possibilidades de aplicação do conhecimento geomorfológico vinculado ao saber dos povos e comunidades tradicionais.

O acolhimento de novos métodos e o reconhecimento de enfoques temáticos nessa conjunção de conhecimentos representa o rejuvenescimento deste campo científico. Logo, o saber tradicional pode ser uma ferramenta para auxiliar o sistema de classificação da paisagem e, conseqüentemente, das formas e processos que moldam o sistema geomorfológico, mostrando-se profícua no estabelecimento de etnomodelos.

Neste sentido, a pluralidade e recente abordagem teórica que envolve a Etnogeomorfologia, os avanços metodológicos, conceituais e a diversidade temática podem lançar luz à epistemologia dos estudos de Geografia. Além disso, consolidar a tendência de abordagem integrada no atual cenário da ciência geomorfológica brasileira. científica.

Também se abre a oportunidade de discussão sobre a necessidade de novas pesquisas no campo de atuação, bem como diálogos com as análises referidas ao longo do resumo.

Agradecimentos:

A equipe agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de doutorado e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (CAPES 6) da Universidade Federal do Ceará (UFC).



REFERÊNCIAS

- ALVES, A. G. C.; MARQUES, J. G. W. Etnopedologia: uma nova disciplina?. In: VIDAL TORRADO, P. et al. (org.). **Tópicos em ciência do solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 4, 2005. p. 321-344.
- ALVES, J. T. O.; RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia: classificações das formas de relevo segundo a percepção dos agricultores do sítio cidade no município de Caririçu – CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10. n. 1. p. 77-80, 2014.
- ANTUNES, M. R. V.; MACÊDO, F. R. B.; RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia Sertaneja: estudo dos conhecimentos tradicionais sobre processos morfoesculturadores no sítio Cacimbas – Jardim/CE. In: CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 19, Campinas, **Anais [...]**. São Paulo: 2017, p. 6452-6456.
- ANTUNES, M. R. V.; RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia sertaneja: saberes tradicionais da agricultura familiar sobre os processos morfoesculturadores da paisagem e o seu uso e manejo do solo no município de Jardim – CE. **Revista de Geografia**, Recife, v. 35. n. 4. p. 55-67, 2018.
- BARRETO, G. C. G.; VILLAS BOAS, G. H. Duas compreensões geomorfológicas da apa Macaé de Cima (RJ): um ensaio sobre etnogeomorfologia. **Revista de Geografia**, Juiz de Fora, v. 12, n. especial. p. 18-39, 2022.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Cruz, Olga (trad.). **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, v. 1. n. 43, 1972.
- CAPRA, F. **O ponto de mutação**: a ciência, a sociedade e a cultura emergente. 30. ed. Cultrix: São Paulo, 2012.
- CARVALHO NETA, M. L.; RIBEIRO, S. C.; MARÇAL, M. S.; LIMA, G. G. Mapeamento etnogeomorfológico do distrito de Arajara, Barbalha/CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10, n. 1, p. 208-212, 2014.
- CRESWELL, J. W. **Qualitative inquiry and research design**: choosing among five approaches. Thousand Oaks, ca: ed. Sage, 2007.
- CORRÊA, A. C. B.; MARÇAL, M. S.; RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia sertaneja – o conhecimento tradicional do produtor rural nordestino sobre o relevo e seus processos na sub-bacia do rio Salgado/CE. **Geographia**, Niterói, v. 17, n. 33, p. 205- 224, 2015.
- COUTO, H. H. Ecosystemic linguistics. In: FILL, A.; PENZ, H. (ed.). **The routledge handbook of ecolinguistics**. Newyork/london: houtledge, 2018. p. 149-161. Disponível em: <<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315687391-11/ecosystemic-linguistics-hildo-hon%3%b3rio-couto>>. Acesso em: 08 fev. 2023.
- DERUNGS, C.; PURVES, R. S. From text to landscape: locating, identifying and mapping the use of landscape features in a swiss alpine corpus. **International journal of geographical information science**, Londres, v. 28. n. 6. p. 1272-1293, 2014.
- DIEGUES, A. C. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Hucitec, 2008.
- ELIAS, C. S. et al. Quando chega o fim? Uma revisão narrativa sobre terminalidade do período escolar para alunos deficientes mentais. **Revista electrónica en salud mental alcohol y drogas**, Ribeirão Preto, v. 8. n. 1. p. 48-53, 2012.
- ESCOBAR, A. O lugar da natureza e a natureza do lugar: globalização ou pós desenvolvimento? In: LANDER, E. (org.). **A colonialidade do saber**: eurocentrismo e ciências sociais. Ciudad autónoma de buenos aires, ar: clacso, 2005. P. 133-168. Disponível em: <<http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/lander/pt/escobar.rtf>>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- FALCÃO, M. T.; RUIVO, M. L. P.; BESERRA NETA, I. C.; COSTA, J. A. V. Etnoconhecimento ecológico dos ingarikó sobre o geoambiente da terra indígena Raposa Serra do Sol – Uiramutã/Roraima. **Gestão & Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 13. n. 1. p. 247-263, 2016.
- FARIAS, P. L. C; CORRÊA, A. C. B.; RIBEIRO, S. C. História do pensamento da etnogeomorfologia no Brasil: uma análise da origem do conceito e possíveis aplicações. **Entre lugar**, Dourados, v. 11. v. 22. p. 14-39, 2020.
- FERREIRA, B.; SILVA, T. C.; AZEVEDO, A. G.; PINHEIRO, D. A. Etnogeomorfologia, uma possibilidade didática no ensino de geomorfologia. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 30. n. 60. p. 1-20, 2020.
- LARAIA, R. B. **Cultura**: um conceito antropológico. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009.



- LOPES, V. M.; RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia e paisagem. **Revista de Geociências do Nordeste**, Caicó, v. 2, n. especial. p. 212-220, 2016.
- LOPES, V. M.; COSTA, S. P. L.; RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia: resquícios da cultura local na relação com a paisagem. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS CULTURAIS E GEOEDUCACIONAIS*, 5, Crato, **Anais [...]**. Ceará: 2013, p. 621-634.
- LOPES, V. M.; COSTA, S. P. L.; SOARES, R. C.; RIBEIRO, S. C.; OLIVEIRA, F. L. Etnogeomorfologia sertaneja: uma contribuição para a geoconservação e o desenvolvimento local no nordeste brasileiro. *In: ENCONTRO LUSO-BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOMORFOLÓGICO E GEOCONSERVAÇÃO*, 1, Coimbra, **Anais [...]**. Portugal: 2014, p. 68-73.
- LOPES, V. M.; GIRÃO, O. A dinâmica geomorfológica sob a ótica do pescador artesanal: etnogeomorfologia costeira e estuarina do litoral norte de Pernambuco. **Revista Estudos Geográficos**, Rio Claro, v. 18 n. 1. p. 1-23, 2020.
- LOPES, V. M.; GIRÃO, O.; RIBEIRO, S. C. Etnoecologia do litoral norte de Pernambuco: município de Goiana. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 11. n. 1. p. 81- 98, 2021.
- LOPES, V. M.; PEREIRA, C. E. G. O homem, o relevo e a cultura: etnogeomorfologia sertaneja na região sul do Ceará – Brasil. *In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ESTUDIOS TERRITORIALES Y AMBIENTALES*, 6, 2014, São Paulo, **Anais [...]**. São paulo: 2014, p. 3164-3181.
- MATOS, F. B; FALCÃO SOBRINHO, J. Percepção em relevo: um caminhar teórico e metodológico na etnogeomorfologia. **Revista Equador**, Teresina, v. 11. n. 2. p. 44 – 75, 2022.
- PINHEIRO, D. A.; FERREIRA, B. A. A etnogeomorfologia como possibilidade didática no contexto da educação ambiental. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 1. n. 2. p. 77-81, 2015.
- RIBEIRO, S. C. **Etnogeomorfologia sertaneja: proposta metodológica para a classificação das paisagens da sub-bacia do rio Salgado/CE. 2012.** Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.
- RIBEIRO, S. C.; LIMA, G. G.; MARÇAL, M. S.; CORRÊA, A. C. B. Etnogeomorfologia sertaneja: metodologia aplicada nos sítios Farias e Santo Antônio, Barbalha/CE. **Revista Geonorte**. Manaus, v. 2. n. 4. p. 408-420, 2012.
- RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia sertaneja: estudo dos conhecimentos dos produtores rurais do sítio Canabravinha, distrito de Palestina do Cariri – Mauriti/CE acerca dos processos morfodinâmicos. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6. n. especial 2, p. 103-112, 2015.
- RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia na perspectiva da gestão ambiental e aprendizagem na Educação Básica. **Espaço Aberto**, Rio de Janeiro, v. 6. n. 1. p. 175-190, 2016.
- RIBEIRO, K.V.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; BARROS, R. F. M. Mapeamento etnogeomorfológico por moradores de uma comunidade rural do médio Parnaíba, Piauí. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11. p. 381-394, 2020.
- RIBEIRO, S. C.; CARVALHO NETA, M. L.; LIMA, G. G. Etnogeomorfologia sertaneja do distrito de Arajara, município de Barbalha/CE. *In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ESTUDIOS TERRITORIALES Y AMBIENTALES*, 6, São Paulo, **Anais [...]**. São Paulo: 2014, p. 2960-2980.
- RIBEIRO, S. C.; LIMA, G. G.; MARÇAL, M. S.; CORRÊA, A. C. B. Etnogeomorfologia sertaneja: metodologia aplicada nos sítios Farias e Santo Antônio, Barbalha/CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 2. n. 4. p. 408-420, 2012.
- RIBEIRO, K.V.; RIBEIRO, K.V.; ALBUQUERQUE, E. L. S.; BARROS, R. F. M. Do ver ao saber: etnogeomorfologia por moradores de uma comunidade rural no estado do Piauí. **Gaia Scientia**, João Pessoa, v. 13. n. 1. p. 1-10, 2019.
- SAMPAIO, J. M.; RIBEIRO, S. C. Etnogeomorfologia sertaneja: estudo aplicado ao sítio Sozinho, Porteiras/CE. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 10. n. 1. p. 369-374, 2014.
- SILVA, R. K. F.; LOPES, V. M.; GIRÃO, O. Avaliação preliminar dos conhecimentos etnoclimático e etnogeomorfológico de pescadores do litoral do município de Goiana – estado de Pernambuco/Brasil. **Revista Geográfica de América Central**, Heredia, Costa Rica. n. 60. p. 301-328, 2017.



SILVA, F. J. L. T. da.; RIBEIRO, K. V.; AQUINO, C. M. S. de. As tendências temáticas e conceituais da geomorfologia no XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. **Geotemas**, Pau dos Ferros, v. 5. n. 2. p. 43-53, 2015.

SOUSA, S. G.; MACEDO, F. R. B.; RIBEIRO, S. C. Os processos geomorfológicos sob a ótica do produtor rural, município de Granjeiro/CE. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA, 1, 2017, Campinas. **Anais [...]**. São paulo: 2017, p. 6352-6360.

TORRE, G. B. Las “otras” geografías en américa latina: alternativas desde los paisajes del Pueblo Chatino. **Revista de Ciencias Sociales**. San Pedro, n. 61. p. 33-50, 2018.

TRINDADE JÚNIOR, E. E.; FERREIRA, B. A etnogeomorfologia como proposta de análise dos desertos salinos do litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 1. n. 2. p. 82-87, 2015.

TRINDADE JÚNIOR, E. E.; SANTOS, C. R. G.; TEIXEIRA, A. N. S. A etnogeomorfologia como metodologia de educação ambiental. *Revista amazônica sobre ensino de geografia*, Belém, v. 2. n. 2. p. 1-10, 2020.

WILCOCK, D.; BRIERLEY, G.; HOWITT, R. Ethnogeomorphology. *Progress in physical geography*. **Thousand oaks**, v. 37. n. 5. p. 573-600, 2013.



APLICAÇÃO DA TÉCNICA CURVA-NÚMERO PARA IDENTIFICAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JENIPARANA, ILHA DO MARANHÃO*

*Resultado de projeto de pesquisa de Iniciação Científica financiado pela Centro Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ)

Weslem Jhony de Oliveira Rodrigues ¹
Quésia Duarte da Silva ²
Walefe Lopes da Cruz ³
Wadrian de Sousa Santos Barros ⁴
Daiany Cristiny Araujo Lopes ⁵
Karina Vieira de Govêa ⁶
Kelvin Barbosa Cantanhede da Silva ⁷
Isabel Silva da Silva ⁸
Brenda Graziela Pereira Madeira ⁹

PALAVRAS-CHAVE: Curva Número, Bacia Hidrográfica, Jeniparana, Ilha do Maranhão.

RESUMO

Na Ilha do Maranhão, a expansão urbana foi acelerada a partir da década de 1970 impulsionada por atividades econômicas em São Luís e pela construção de grandes residenciais, o que levou a ocupações irregulares e à expansão desordenada sobre o relevo (Burnett, 2012). O crescimento urbano sobre bacias hidrográficas altera o ciclo hidrológico natural, aumentando o risco de enchentes e inundações devido à impermeabilização do solo (Siqueira et al., 2022). Em áreas urbanas,

- 1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – PPGEU/UEMA, weslemrodrigues.uema@gmail.com
- 2 Professora do Departamento do Curso de Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – DEGEO/UEMA, quesiasilva@professor.uema.br
- 3 Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Pará – PPGEU/UFPA, walefelopesacruz@gmail.com
- 4 Graduando do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, wadriansantos11@gmail.com
- 5 Graduanda do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, dailopesgeo@gmail.com
- 6 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – PPGEU/UEMA, kvieira532@gmail.com
- 7 Graduando do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, kelvinteste26@outlook.com
- 8 Graduanda do Curso de Geografia Bacharelado da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, isabelsilvageo@gmail.com
- 9 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Maranhão – PPGEU/UEMA, brendagraziela15@gmail.com



a impermeabilização que intensifica o escoamento superficial das águas é significativamente maior do que em áreas rurais, devido a presença de asfalto, concreto, telhados e sistemas de drenagem ineficientes (Rodrigues *et al*, 2024). Progressivamente se realizam estudos voltados à utilização de parâmetros que estimam o escoamento superficial em bacias hidrográficas (BHs). Com efeito, estudos recentes realizados na Ilha do Maranhão como os de Rodrigues (2021), Cruz (2022) e Rodrigues (2025) já avaliaram o potencial de escoamento das águas nos ambientes urbanizados de algumas BHs. Este estudo objetivou elaborar uma base de dados considerando o valor atribuído da técnica de Curva-Número (CN) na bacia do Jeniparana. A técnica de Curva-Número é comumente utilizada para estimativa de escoamento superficial em bacias hidrográficas sendo um dos procedimentos mais utilizados nos EUA demonstrando bons resultados para a quantificação de escoamento superficial em diferentes escalas de bacias hidrográficas (Rodrigues, 2025). A técnica CN estabelece uma variação de 0 a 100, em que a maior proximidade com o valor 100 implica a completa impermeabilidade, com zero taxa de infiltração numa bacia (Anjinho *et al.*, 2018). Deve-se considerar o uso e cobertura da superfície e os tipos hidrológicos dos solos. Para a obtenção dos dados de uso e cobertura na bacia, por meio da classificação supervisionada no software Qgis. Foram identificados 4 tipos de usos conforme metodologia adotada por Cruz (2022). Os dados de uso foram analisados juntamente com as informações de solos obtidos na base de dados da CPRM (2018). Os valores de CN com maior potencial para o escoamento superficial foram identificados em áreas predominantemente urbanas e áreas em que estão em processo de expansão, onde o CN variou entre 89 a 100. As áreas com menores valores foram aquelas com cobertura de vegetação como observado no lado sul e em algumas porções do lado norte da bacia. Os resultados demonstram quais áreas merecem atenção prioritária em períodos chuvosos e possibilitam um estudo mais prático sobre o comportamento do escoamento das águas pluviais ao investigar os fenômenos hidrológicos de enchentes, inundações e alagamentos dentro da bacia.

INTRODUÇÃO

O aumento do escoamento superficial pode ocasionar os fenômenos de alagamentos, inundações e enxurradas em ocasião de alta concentração de precipitação e ao alto grau de impermeabilização do solo. Conforme Tucci (2007), o escoamento superficial é a porção do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície do solo.

O agravamento do escoamento superficial é configurado em maior escala nos grandes centros urbanos com alta impermeabilidade da superfície. Isso pode ser



observado em áreas com grande concentração urbana como por exemplo, na Ilha do Maranhão. A ilha é composta por quatro municípios que passaram por processos de desenvolvimento urbano distintos, gerando a metrópole da capital São Luís (Burnett, 2012).

Além da capital do Estado, que abriga cerca de 1.037.775 habitantes segundo o Censo Demográfico 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), a ilha também acomoda os municípios de São José de Ribamar (244.579 habitantes), Paço do Lumiar (145.643 habitantes) e Raposa (30.839 habitantes), que juntos com a capital São Luís, somam 1.458.836 habitantes (IBGE, 2022).

As consequências da instalação dessas áreas residenciais urbanas que moldaram um novo cenário para a dinâmica da paisagem local, interferiram principalmente na qualidade dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do rio Paciência, do rio Santo Antônio, e do rio Jeniparana.

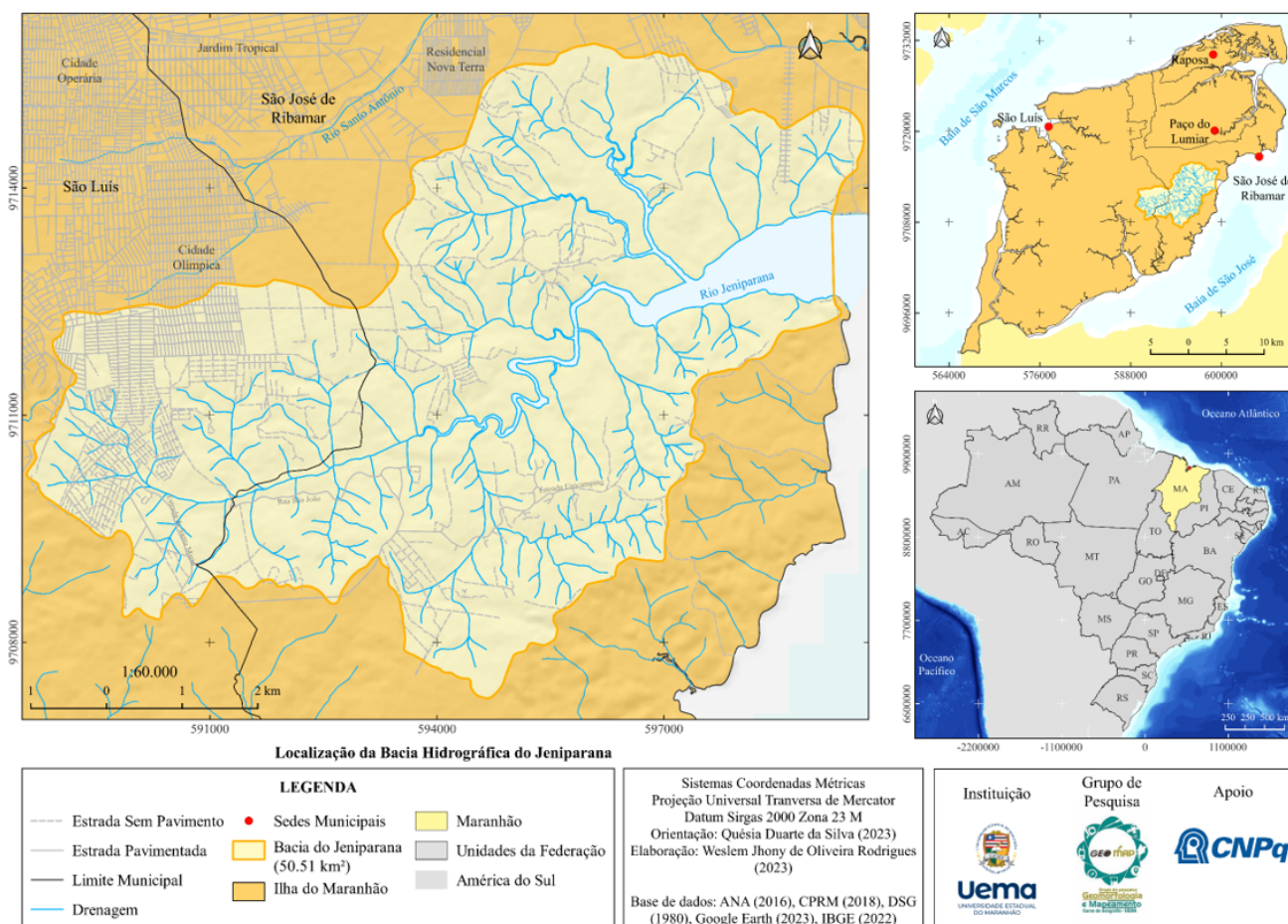
A bacia hidrográfica do rio Paciência e a bacia hidrográfica do rio Santo Antônio apresentam fenômenos de alagamentos, inundações e enxurradas e, diante dessa contextualização na bacia hidrográfica do Jeniparana, acredita-se que estes fenômenos também ocorrem nela.

Este estudo objetiva analisar o comportamento do escoamento superficial na bacia hidrográfica do Jeniparana, através da criação de banco de dados via ambiente SIG, com aplicação da técnica de Curva-Número. A bacia hidrográfica do Jeniparana abrange cerca de 50,51 km² (Figura 1) e está localizada na porção leste da Ilha do Maranhão situando-se nos municípios de São Luís e São José de Ribamar.

De acordo com Grove *et al.* (1998), a técnica do Curva-Número (CN) é uma das mais utilizadas para estimativa do escoamento superficial. O modelo foi criado pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS – USDA), fundamentando-se em um conjunto de dados inter-relacionados de precipitação, tipo hidrológico do solo, uso e ocupação da terra e escoamento.



FIGURA 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Jeniparana, Ilha do Maranhão



FONTE: Autores, 2025.

METODOLOGIA

Este trabalho decorreu de pesquisa bibliográfica sobre a técnica de curva-número como Tucci (2001), bem como de trabalho de campo na área de estudo e busca de bases de dados em órgãos e instituições como o SGB - CPRM (2018) para a elaboração de mapas temáticos de uso e cobertura da terra, solos e CN.

Os trabalhos de campo ocorreram entre 22 e 26 de abril de 2024, em dois turnos diários. Foram realizados o reconhecimento da bacia hidrográfica e os usos da terra no interior da bacia. Utilizou-se equipamentos como GPS, drone, câmera fotográfica, além de registros fotográficos para análise geoambiental. Os dados coletados serviram para validação de informações prévias e caracterização da área de estudo.

Os dados espaciais cartográficos foram organizados utilizando os softwares de código aberto QGIS *for Desktop*, versão 3.40.5, e ArcGIS versão 10.5. O mapa de uso e cobertura do solo foi produzido por meio de classificação supervisionada utilizando o



plugin SCP (*Semi-Automatic Classification*) no QGIS, em escala 1:60.000. Para a confecção desse mapa, foram empregadas imagens de satélite CBERS 4A, com resolução de 2 metros, obtidas em agosto de 2024.

Após o download das imagens no catálogo de imagens do INPE, as bandas foram abertas no software Qgis, versão 3.40.5 e reprojetaadas para o sistema EPSG SIRGAS 2000 zona 23 S. Posteriormente, as bandas 1, 2, 3 e 0 (pancromática) foram recortadas sobre a base *shapefile* (SHP) da área de estudo e fundidas para obter uma banda única com resolução de 2 m. Depois da fusão, o plugin SCP foi acionado para obtenção da classificação supervisionada.

Com isso, foram criadas amostras de polígonos equivalentes a 4 classes de uso e cobertura. As classes tiveram por base a mesma classificação adotada por Cruz (2022), sendo: área vegetada, área urbana, solo exposto e água. Com o registro das amostras para os 4 tipos de uso e cobertura, esta etapa foi finalizada com o processamento dos polígonos sobre a imagem fundida.

A partir do processamento, o raster foi transformado em polígonos por meio da ferramenta poligonizar (converter raster para vetor) no software Qgis. Para unificar os polígonos equivalente ao mesmo tipo de uso e cobertura, foi acionada a ferramenta dissolver. Com a dissolução dos polígonos foi possível separar as classes e quantificar a sua área para categorizar o mapa.

O mapa de pedologia foi gerado por meio do *software* Qgis, com base no banco de dados do Sistema de Informações Geográficas (SIG) de Geodiversidade da Ilha do Maranhão da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2018) atual Serviço Geológico do Brasil (SGB).

A definição de nomenclaturas de unidades pedológicas seguiu o mesmo utilizado pela companhia, e as cores seguiram a classificação definidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS, 2018) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).

O mapa de CN foi construído por meio da base de dados *shapefile* de pedologia disponibilizada pela CPRM (2018). Foram separadas as bases de solos e base de uso e cobertura da bacia em um arquivo único no software Qgis. No Qgis, a SHP de uso e cobertura e de solos foram unidas por meio da ferramenta “união”. A partir daí, foram gerados dezenas de feições correspondentes aos mesmos tipos de usos e aos mesmos tipos de solos. Por exemplo, com a mesclagem das bases foram gerados muitos polígonos de área vegetada para todos os tipos de solos da bacia.



Posteriormente, para unir os polígonos com as mesmas simbologias, a base gerada foi dissolvida por meio da ferramenta “dissolver”. Nesse procedimento todos os polígonos com dados iguais foram unidos em um só. A partir disso, obteve-se dados que equivalem aos 3 tipos de coberturas em junção com os 5 tipos de solos (Quadro 1).

QUADRO 1 – União de usos com tipos de solos

TIPO DE USO	TIPO DE SOLO
ÁREA VEGETADA	Neossolo Quartzarênico
	Argissolo Vermelho
	Argissolo Vermelho- Amarelo Concrecionário
	Gleissolos
	Solos indiscriminados de mangue
SOLO EXPOSTO	Neossolo Quartzarênico
	Argissolo Vermelho
	Argissolo Vermelho- Amarelo Concrecionário
	Gleissolos
	Solos indiscriminados de mangue
ÁREA URBANA	Neossolo Quartzarênico
	Argissolo Vermelho
	Argissolo Vermelho- Amarelo Concrecionário
	Gleissolos
	Solos indiscriminados de mangue

FONTE: Autores, 2025.

A técnica proposta pelo Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura do Estados Unidos (SCS- USDA, 1972) tem por objetivo avaliar a precipitação efetiva, com base nas condições de uso e cobertura da terra.

A técnica CN estabelece uma variação de 0 a 100, em que a maior proximidade com o valor 100 implica a completa impermeabilidade, com zero taxa de infiltração numa bacia (Anjinho *et al.*, 2018). Para isso, considera-se o uso e cobertura da superfície e os tipos hidrológicos dos solos.

Os valores de CN são pré-estabelecidos pelo Sistema de Conservação dos Solos dos Estados Unidos da América (SCS-EUA) (1972) e foram apresentados por Tucci (2001) onde foram classificados para bacias urbanas, suburbanas e rurais, seguindo as características de uso e cobertura da terra com os tipos hidrológicos de solos existentes. O SCS (1972) define quatro grupos hidrológicos para os tipos de solos, sendo grupo A, B, C e D.



RESULTADOS E DISCUSSÕES

A bacia hidrográfica do Jeniparana abrange cerca de 50,51 km² e está localizada na porção leste da Ilha do Maranhão. Situa-se nas áreas dos municípios de São Luís e São José de Ribamar.

Com a etapa de campo, foi possível validar as classes referentes ao uso e cobertura da terra. Com a identificação do uso e cobertura da superfície da área foi possível determinar o tipo hidrológico do solo e conseqüentemente definir seu potencial de escoamento superficial.

Identificando o uso e cobertura da terra e o tipo hidrológico, foi possível determinar o valor de curva-número para toda a área da bacia. Com base em análises de imagens de satélite foi possível identificar alguns tipos de uso: área urbana e rural, área vegetada, áreas de pastagens e plantações, áreas com solo exposto e extração de material sedimentar, e o corpo hídrico da bacia.

A área urbana corresponde a regiões de alta densidade ocupacional, caracterizadas por edificações (residenciais, comerciais, escolas, igrejas), vias asfaltadas e praças. A imagem aérea a seguir (Figura 2) ilustra estruturas típicas da bacia hidrográfica, como garagens de ônibus, delegacias, escolas públicas, residências e rodovias pavimentadas.

FIGURA 2 - Estruturas urbanas no bairro Cidade Olímpica



FONTE: Rodrigues (2024).

A área com vegetação inclui formações herbáceas, arbustivas e arbóreas, tanto nativas quanto secundárias ou cultivadas. Na bacia estudada, a principal vegetação primária é o mangue, que domina toda a extensão estuarina do rio Jeniparana (Figura 3).



FIGURA 3 - Vegetação no bairro Juçatuba



FONTE: Rodrigues (2024).

Áreas com solo descoberto e vegetação herbácea degradada ou alterada para ocupação humana foram classificadas como solo exposto. A extensão dessas áreas foi mapeada em campo com auxílio de drone. A imagem abaixo ilustra uma extensa região de solo exposto, incluindo açudes para uso comercial e extração de sedimentos (Figura 4). A classe de água corresponde a corpos hídricos perenes como canais fluviais afluentes, o rio principal da bacia e açudes (Figura 5).

FIGURA 4 - Solo exposto no bairro Santana



FONTE: Rodrigues (2024).



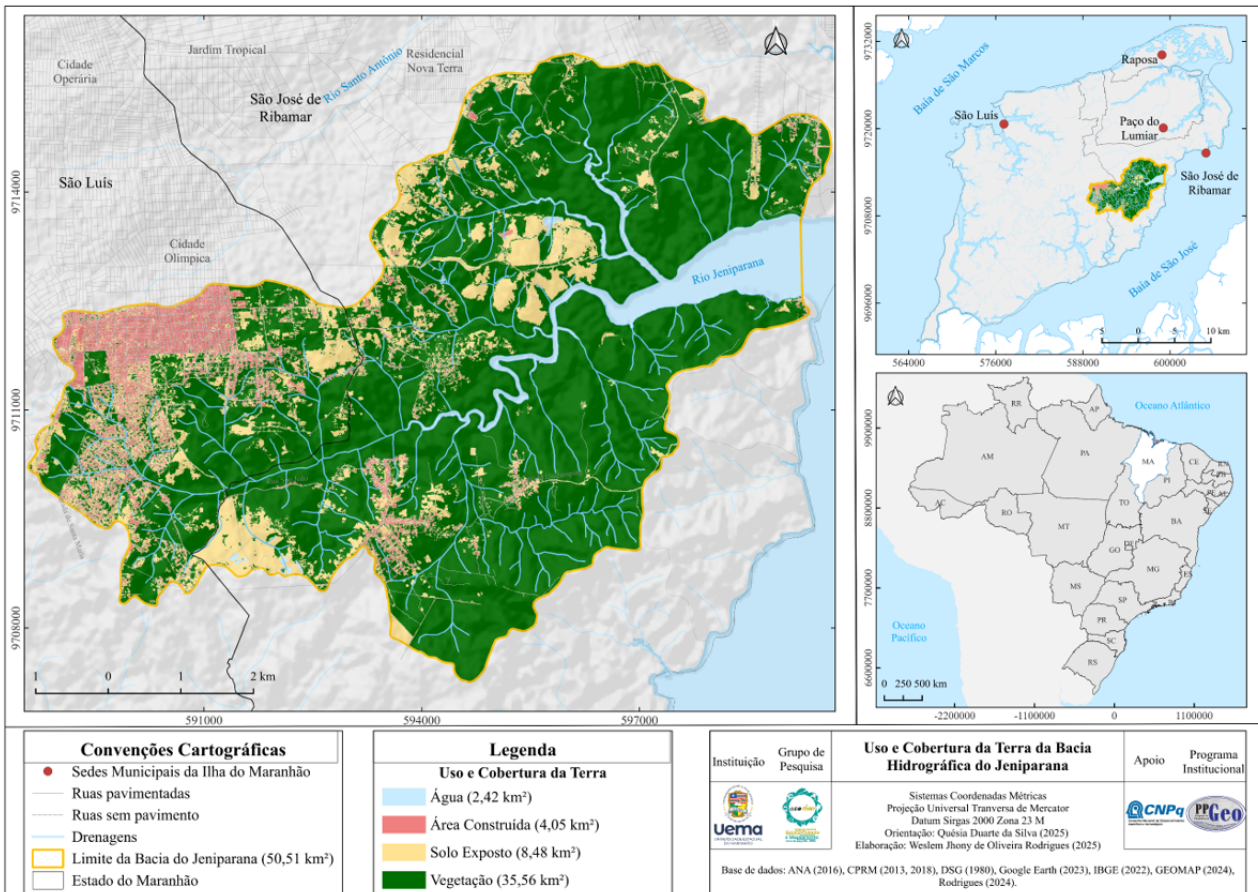
FIGURA 5 - Corpo hídrico (Rio Jeniparana)



FONTE: Rodrigues (2024).

O mapa a seguir apresenta a distribuição espacial das principais classes de uso na bacia hidrográfica do rio Jeniparana: áreas vegetadas, zonas urbanizadas, solos expostos e corpos hídricos. No mapa é possível identificar as áreas mais ocupadas e aquelas mais vulneráveis à degradação ambiental, por exemplo, as áreas com solo exposto próximo ao canal principal (Figura 6).

FIGURA 6 - Tipos de uso e cobertura na bacia hidrográfica do Jeniparana



FONTE: Autores, 2025.



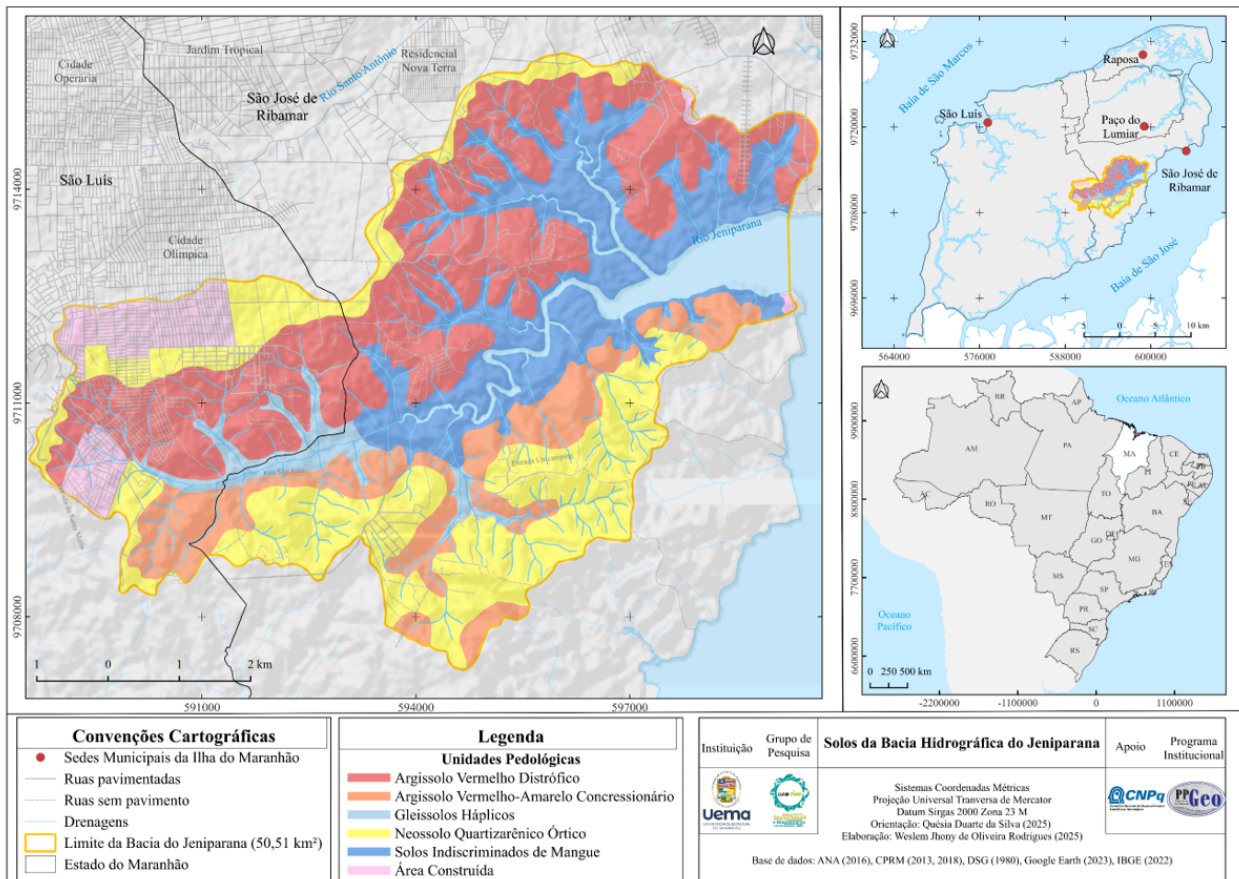
De acordo com Grove *et al.* (1998), a técnica do Curva-Número (CN) é uma das mais utilizadas para estimativa do escoamento superficial. O modelo foi criado pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS – USDA), fundamentando-se em um conjunto de dados inter-relacionados de precipitação, tipo hidrológico do solo, uso e ocupação da terra e escoamento.

Os solos presentes na bacia são Argissolos Vermelho Distróficos, Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários, Neossolos Quartzarênicos, Solos Indiscriminados de Mangue e Gleissolos. Estes solos apresentam características hidrológicas distintas quanto à capacidade de infiltração e armazenamento hídrico.

Para classificação desses solos, adotou-se o sistema de grupos hidrológicos (A, B, C e D) proposto pelo *Soil Conservation Service* (1972), que relaciona o tipo de solo com seu comportamento hidrológico.

Com base nos estudos de Silva (2012), SGB-CPRM (2018), CRUZ (2022) e RODRIGUES *et al* (2025), os Neossolos Quartzarênicos foram classificados no grupo A, enquanto os Argissolos Vermelho Distróficos e Vermelho-Amarelos Concrecionários foram enquadrados no grupo B. Já os Gleissolos e Solos Indiscriminados de Mangue, foram classificados no grupo D (Figura 7).

FIGURA 7 – Solos da bacia do Jeniparana



FONTE: Autores, 2025.



Cruz (2022) ressalta que, apesar da existência de metodologias consolidadas, ainda persiste uma carência significativa de estudos específicos sobre os solos brasileiros, o que evidencia a necessidade de pesquisas mais aprofundadas para melhor compreensão do comportamento hidrológico desses solos em diferentes contextos ambientais.

Como mencionado anteriormente, a determinação dos valores de CN (*Curver Number*) foi estabelecida com base nas características hidrológicas dos solos e nas condições de uso e cobertura do solo na bacia. Para isso, foram definidas cinco classes distintas de valores de CN considerando os solos, que integram tanto os tipos de solo identificados quanto os padrões de uso e cobertura da terra, conforme demonstrado no Quadro a seguir (Quadro 2).

QUADRO 2 - Valores de CN para as classes de uso e cobertura na bacia do Jeniparana

SOLOS	TIPO HIDROLÓGICO	TIPO DE USO E COBERTURA	CN
ARGISSOLOS VERMELHOS	B	Área urbana	90
		Vegetação	70
		Solo Exposto	86
ARGISSOLOS VERMELHOS- AMARELOS CONCRECIONÁRIOS	B	Área urbana	85
		Vegetação	55
		Solo Exposto	79
GLEISSOLOS HÁPLICOS	D	Área urbana	92
		Vegetação	77
		Solo Exposto	89
NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS	A	Área urbana	77
		Vegetação	25
		Solo Exposto	68
SOLOS INDISCRIMINADOS DE MANGUE	D	Área urbana	92
		Vegetação	77
		Solo Exposto	89

FONTE: Autores, 2025.

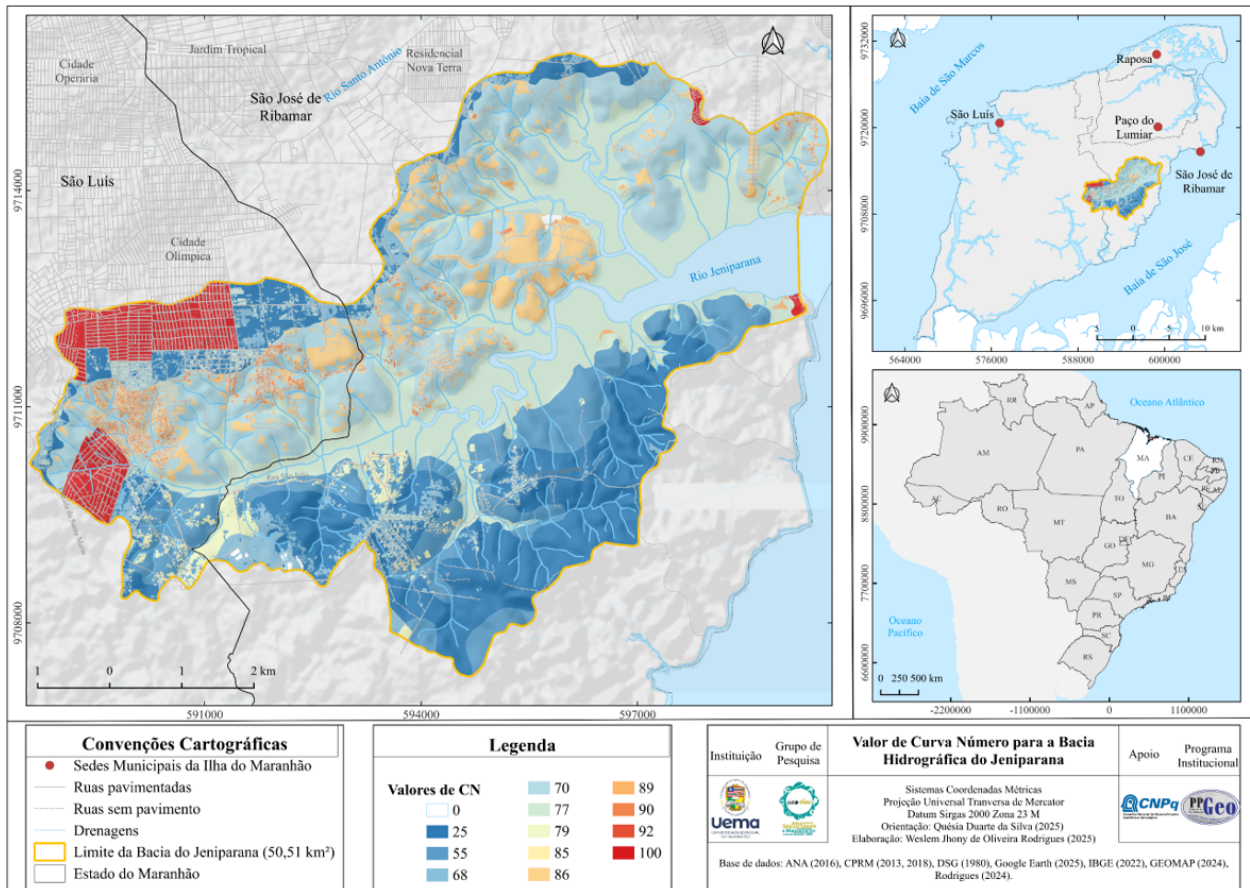
O quadro demonstra uma relação inversa entre os valores de CN e a capacidade de infiltração do solo. Valores mais baixos de CN, como o menor sendo 25, foram encontrados em áreas vegetadas do grupo hidrológico A, pois indicam maior permeabilidade e menor potencial de escoamento superficial.

Por outro lado, os valores mais elevados de CN, atingindo o máximo de 92 em zonas urbanas do grupo D, refletem condições de menor infiltração e consequentemente



maior propensão ao escoamento superficial. Esta variação evidencia o impacto significativo tanto do tipo de solo quanto do uso da terra na dinâmica hidrológica da bacia, conforme ilustrado na Figura 8.

FIGURA 8 – Valores de CN para a bacia hidrográfica do Jeniparana, Ilha do Maranhão



FONTE: Autores, 2025.

Analisando o mapa pode-se observar que os valores de CN com maior potencial para o escoamento superficial foram identificados em áreas predominantemente urbanas e áreas em que estão em processo de expansão e remoção de vegetação, onde o CN variou entre 89 e 100.

As áreas com o CN 100 são aquelas completamente urbanizadas, com cobertura asfáltica, telhados de casa e condomínios, estacionamentos, estabelecimentos comerciais e públicos como as estruturas presentes nos bairros, Cidade Olímpica, Residencial Tiradentes e Nova Vida. Nessa cobertura de superfície, a potencialidade para escoamento superficial de água é de 100%.

Áreas com solo exposto na área da bacia apresentaram CN com variação entre 79 e 89, pois são locais com solos degradados para construção civil, para extração de laterita ou implantação de cultivo agrícola e pastagem. Como exemplo pode-se



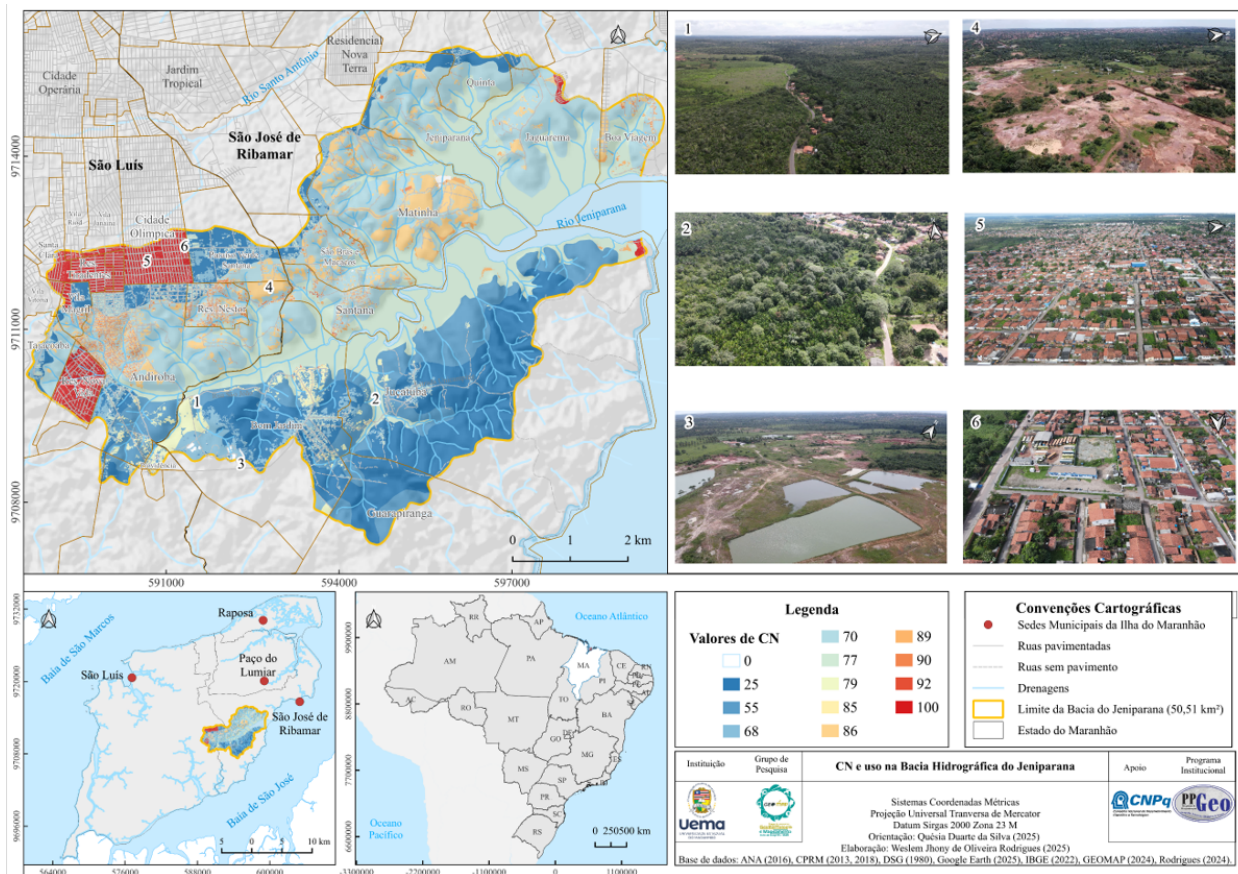
incluir a grande área de extração encontrada no centro da bacia, povoado matinha no município de São José de Ribamar.

Os valores de CN entre 70 e 77 foram identificadas nas áreas com vegetação de mangue onde o grupo hidrológico dos solos é D. Ao observar a figura 5, anteriormente, a vegetação de mangue ocupa uma grande extensão da bacia no decorrer do rio Jeniparana.

As áreas com menores valores foram aquelas com cobertura de vegetação no grupo hidrológico A, como observado no lado sul e em algumas porções do lado norte da bacia (Figura 9). Nessas, os valores de CN variam de 25 a 55. No lado sul encontra-se a maior área vegetada, excluído mangue, de toda a bacia. O solo é do grupo hidrológico A e B. Os valores foram para as localidades: Andiroba, Bom Jardim e Juçatuba.

O CN 68 aparece em solo exposto em grupo hidrológico A. Nessas áreas foram observados terrenos com cultivos agrícolas e pastagem com gramíneas, solos degradados e açudes. Este valor CN foi identificado para o bairro Andiroba, Bom Jardim, Juçatuba, São Brás e Macacos e Paraíso Verde - Santana. O valor de CN 0 foi atribuído a classe hídrica tendo em vista que não há absorção e nem solo nessa superfície. A figura a seguir apresenta cada tipo de uso e cobertura na superfície da bacia conforme o valor de CN encontrado (Figura 9).

FIGURA 9 – CN segundo o tipo de usos na bacia do Jeniparana



FONTE: Autores, 2025.



A abordagem deste estudo permite uma avaliação mais precisa da capacidade de infiltração e do potencial de escoamento superficial em diferentes áreas da bacia hidrográfica do Jeniparana. As áreas urbanas nos bairros Cidade Olímpica, Residencial Tiradentes, Santa clara e Residencial Nova Vida possuem grande potencial para elevadas taxas de escoamento superficial por apresentarem CN 100, ao passo que as áreas avaliadas nos bairros Bom Jardim e Juçatuba possuem menor potencial ao escoamento superficial já que o valor de CN é 25.

Conforme metodologia proposta pelo Soil Conservation Service (SCS, 1971), amplamente adotada em estudos hidrológicos (Mishra e Singh, 2003; Ponce e Hawkins, 1996), o mapa de CN permitiu avaliar o potencial de escoamento superficial em função da permeabilidade do solo e do uso da terra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bacia hidrográfica do rio Jeniparana possui uma extensão de 50,51 km² e está localizada na região leste da Ilha do Maranhão, abrangendo áreas dos municípios de São Luís e São José de Ribamar.

A área de estudo apresenta os solos argissolos vermelho-amarelos concrecionários, argissolos vermelhos distróficos, gleissolos háplicos, neossolos quartzarênicos e áreas com solos indiscriminados de mangue (conforme apresentado figura 7).

Em relação ao uso e cobertura do solo, há vegetação em grande parte da bacia, áreas com solo exposto contínuas e descontínuas no decorrer da cobertura vegetal, zonas urbanizadas na porção noroeste e os corpos hídricos com maior incidência no rio principal.

É importante destacar que as regiões com valor CN igual a 25, situadas à esquerda do rio na parte inferior da bacia, requerem atenção especial quanto à conservação ambiental. Da mesma forma, as zonas onde se identificou CN com valores mais altos em decorrência da ausência de vegetação devem ser consideradas prioritárias para ações de recuperação ambiental (conforme indicado na figura 9).

Valores elevados de CN indicam maior impermeabilização do solo, o que, segundo Tucci (2008), está diretamente associado ao aumento do *runoff* (escoamento) e à redução da infiltração. Dessa forma, áreas com CN mais altos foram identificadas como críticas, uma vez que superfícies impermeáveis, como zonas urbanizadas, intensificam o escoamento superficial.

No mesmo sentido, as áreas com menores valores de CN, excluído as superfícies hídricas, são as que apresentam maior potencial para infiltração. Com isso, entende-se



que as áreas vegetadas na porção sul e extremo norte da bacia, precisam ser mantidas e observadas. As áreas que necessitam de atenção e estudos são aquelas classificadas como críticas com o CN 100 e aquelas que estão em exploração cujo CN 85, 86 e 89.

REFERÊNCIAS

- ANJINHO, P. S.; BARBOSA, M. A. G. A.; SANTOS, A. R.; MAUAD, F. F. Especialização para o Parâmetro Curve Number (CN) na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Lobo para o Período de 1985 a 2017. In: XVI Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, São Carlos, 2018.
- BURNETT, Fernando Lago. Metropolização e gestão urbana na Ilha do Maranhão: efeitos socioambientais da produção imobiliária de baixa renda. *Revista de Políticas Públicas* 2012, 353-361. ISSN: Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321131651038> Acesso em: 20.nov.2023
- COSTA, C. M. Risco de inundações no alto curso da bacia hidrográfica do rio Anil. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.
- CHOW, V. T.; Maidment, D. R.; Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill.
- CRUZ, W, L. Análise do escoamento superficial no alto curso da bacia hidrográfica do rio anil em são luís – maranhão. Dissertação Mestrado em Geografia. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2022.
- GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas encostas. In: CUNHA, S.B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). *Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2011, p. 139-156.
- GROVE, Matt; HARBOR, Jon.; ENGEL, Bernard. Composite vs. distributed curve numbers: effects on estimates of storm runoff depth. *Journal of the American Water Resources Association*, Middleburg, v. 34, n. 5, p. 1015-1023, 1998. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1752-1688.1998.tb04150.x>. Acesso em: 20. mai. 2025.
- MISHRA, S. K.; SINGH, V. P. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Springer. (2003) Disponível em https://link.springer.com/book/10.1007/978-94_017-0147-1 Acesso em: 25. mai. 2025
- PONCE, V. M.; HAWKINS, R. H. Runoff Curve Number: Has It Reached Maturity? *Journal of Hydrologic Engineering*. 1996. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/245287332_Runoff_Curve_Number_Has_It_Reached_Maturity Acesso em 18. mai.2025.
- RODRIGUES, Weslem Jhony de Oliveira. Análise do comportamento do escoamento superficial no baixo curso da bacia hidrográfica do rio santo antônio, ilha do maranhão. Relatório de pesquisa de iniciação científica. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2022.
- RODRIGUES, W. J. O. Estudo do fenômeno do escoamento superficial na bacia hidrográfica do jeniparana, leste da ilha do maranhão. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2024.
- RODRIGUES, W. J. O.; SILVA, Q. D.; CRUZ, W. L.; SANTANA, R. G. Análise do Escoamento Superficial no Baixo Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Santo Antônio, Ilha Do Maranhão. Margarida Penteado, *Revista de Geomorfologia*. v.2 n.1, junho de 2025, p.1-19.
- SANTOS, F. M.; LOLLO, J. A. de. Cartografia digital para estimativa de escoamento superficial visando ao planejamento urbano. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 21, n. 4, p. 663-675, 2016.
- SCS – Soil Conservation Service. *Urban hydrology of small watersheds*. USDA, SCS, (Technical Release 55), Estados Unidos da América, 1972.
- TUCCI, C. E. M. Drenagem Urbana. *Gestão das águas: ciência e cultura*. São Paulo, v. 55, n. 04, out./dez. 2003. TUCCI, C. E. M. Escoamento superficial. In: Tucci, C. E. M (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2a edição. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2001, p. 391-441.
- Tucci, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**. Porto Alegre, v 22 n, 63, 2008, p. 97-112. Disponível em: <https://revistas.usp.br/eav/article/view/10295> Acesso em: 20. Jun. 2025.